

СКФНКЦ ФМБА России
Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр

СОВРЕМЕННЫЕ ВОПРОСЫ БИОМЕДИЦИНЫ

Modern issues of biomedicine

Т.10, № 2(37), 2026

СОВРЕМЕННЫЕ ВОПРОСЫ БИОМЕДИЦИНЫ © 2026

Т. 10, № 2(37), 2026

СЕТЕВОЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЖУРНАЛ
Издается с 2017 года, ежеквартально
Учредитель:
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр» Федерального медико-биологического агентства России.
Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.
Регистрационный номер: ЭЛ № ФС 77 – 81042. Дата регистрации 25.05.2021.
ISSN журнала: 2588-0500.
Рубрики журнала: «Физиология», «Психофизиология», «Курортология и реабилитация», «Спортивная медицина», «Физическая культура и профессиональная физическая подготовка», «Теория и методика спорта», «Оздоровительная и адаптивная физическая культура», «Биомеханика и биоинженерия»
Журнал входит в Перечень ВАК РФ.
Группы специальностей, утвержденных ВАК для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук: 1.5.5. – Физиология человека и животных (медицинские науки); 1.5.5. – Физиология человека и животных (биологические науки); 3.1.33. – Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия (медицинские науки); 3.1.33. – Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия (биологические науки); 1.1.10. – Биомеханика и биоинженерия (биологические науки); 5.3.2. – Психофизиология (психологические науки); 5.8.4. – Физическая культура и профессиональная физическая подготовка (педагогические науки); 5.8.5. – Теория и методика спорта (педагогические науки); 5.8.6. – Оздоровительная и адаптивная физическая культура (педагогические науки).
Журнал индексируется в базе данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ), в международных базах научного цитирования Google Scholar, Crossref, Киберленинка, Ulrich's Periodicals Directory.
Всем статьям присваивается префикс DOI.
Журнал выходит на русском языке.
Все публикации рецензируются.
Доступ к журналу бесплатен.
Адрес учредителя и редакции: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр» Федерального медико-биологического агентства России. 357600, Ставропольский край, г. Ессентуки, ул. Советская, д. 24.
E-mail редакции: **svb@skfmba.ru.**
Сайт журнала: **http://svbskfmba.ru.**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор
Тер-Акопов Гукас Николаевич – канд. экон. наук, доцент (Россия, Ессентуки)

Заместитель главного редактора
Корягина Юлия Владиславовна – д-р биол. наук, профессор (Россия, Ессентуки)

Члены редакционной коллегии журнала

Абрамова Т.Ф. – д-р биол. наук (Россия, Москва)
Артеменко Е.П. – д-р пед. наук, доцент (Россия, Казань)
Быков Е.В. – д-р мед. наук, профессор (Россия, Челябинск)
Голикова Е.М. – д-р пед. наук, доцент (Россия, Оренбург)
Горская И.Ю. – д-р пед. наук, профессор (Россия, Омск)
Драндров Г.Л. – д-р пед. наук, профессор (Россия, Чебоксары)
Ефименко Н.В. – д-р мед. наук, профессор (Россия, Ессентуки)
Замощина Т.А. – д-р биол. наук, профессор (Россия, Томск)
Кайсинова А.С. – д-р мед. наук (Россия, Ессентуки)
Калинина И.Н. – д-р биол. наук, профессор (Россия, Краснодар)
Кобринский М.Е. – д-р пед. наук, профессор (Беларусь, Минск)
Козин В.В. – д-р пед. наук, доцент (Россия, Санкт-Петербург)
Кудашова Л.Р. – д-р биол. наук, профессор (Казахстан, Алматы)
Литвинова Н.А. – д-р биол. наук, профессор (Россия, Кемерово)
Махов А.С. – д-р пед. наук, доцент (Россия, Москва)
Мельников А.А. – д-р биол. наук, профессор (Россия, Москва)
Нопин С.В. – канд. техн. наук (Россия, Ессентуки)
Репс В.Ф. – д-р биол. наук (Россия, Пятигорск)
Сентябрев Н.Н. – д-р биол. наук, профессор (Россия, Волгоград)
Сингх Рам Бахадур – д-р мед. наук, профессор (Индия)
Сивохин И.П. – д-р пед. наук (Казахстан, Костанай)
Смоленцева В.Н. – д-р психол. наук, профессор (Россия, Омск)
Тамбовцева Р.В. – д-р биол. наук, профессор (Россия, Москва)
Трещева О.Л. – д-р пед. наук, профессор (Россия, Омск)
Ходасевич Л.С. – д-р мед. наук, профессор (Россия, Сочи)
Чермит К.Д. – д-р биол. наук, профессор (Россия, Майкоп)
Шлык Н.И. – д-р биол. наук, профессор (Россия, Ижевск)

MODERN ISSUES OF BIOMEDICINE © 2026

Vol. 10, No. 2(37), 2026

NETWORK ELECTRONIC SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL JOURNAL
Published since 2017, quarterly
Establisher:
FSBI "North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of FMBA of Russia".
Registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media.
Registration number: EL № FS 77 – 81042. Registration date: 25.05.2021.
ISSN: 2588-0500.
Headings of the journal: 'Physiology', 'Psychophysiology', 'Balneology and rehabilitation', 'Sports medicine', 'Physical culture and professional physical training', 'Theory and methods in sports', 'Health and adaptive physical culture', 'Biomechanics and bioengineering'.
The journal is included in the list of Higher Attestation Commission (HAC) of the Russian Federation.
Groups of scientific specialties approved by the HAC for publication of the principal research results of doctoral (candidate's) dissertations: 1.5.5. – Human and animal physiology (medical sciences); 1.5.5. – Human and animal physiology (biological sciences); 3.1.33. – Restorative medicine, sports medicine, exercise therapy, balneology and physiotherapy (medical sciences); 3.1.33. – Restorative medicine, sports medicine, exercise therapy, balneology and physiotherapy (biological sciences); 1.1.10. – Biomechanics and bioengineering (biological sciences); 5.3.2. – Psychophysiology (psychological sciences); 5.8.4. – Physical culture and professional physical training (pedagogical sciences); 5.8.5. – Theory and methodology of sports (pedagogical sciences); 5.8.6. – Health and adaptive physical culture (pedagogical sciences).
The journal is indexed in the database of the Russian scientific citation index (RSCI – bibliographic database of scientific publications of Russian scientists), Google Scholar, Crossref, Cyberleninka, Ulrich's Periodicals Directory.
All articles have DOI.
The journal is published in Russian.
All publications are peer-reviewed.
Access to the journal is free.
Establisher and publisher address: North-Caucasian federal Research-Clinical Center of FMBA of Russia.
24 Sovetskaya street, Essentuki, Stavropol Krai, 357600, Russia
E-mail: **svb@skfmba.ru.**
Domain name of the Internet portal of the journal: **http://svbskfmba.ru.**

EDITORIAL BOARD

Chief editor of the journal
Ter-Akopov Gukas Nikolaevich – PhD in Economic Sciences, Associate Professor (Russia, Essentuki)

Deputy chief editor
Koryagina Yulia Vladislavovna – Doctor of Biological Sciences, Professor (Russia, Essentuki)

Members of the Editorial Board:

Abramova T.F. – Doctor of Biological Sciences (Russia, Moscow)
Artemenko E.P. – Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor (Russia, Kazan)
Bykov E.V. – Doctor of Medical Sciences, Professor (Russia, Chelyabinsk)
Golikova E.M. – Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor (Russia, Omsk)
Gorskaya I.Yu. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Russia, Omsk)
Drandlov G.L. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Russia, Cheboksary)
Efimenko N.V. – Doctor of Medical Sciences, Professor (Russia, Essentuki)
Zamoshchina T.A. – Doctor of Biological Sciences, Professor (Russia, Tomsk)
Kajsinova A.S. – Doctor of Medical Sciences (Russia, Essentuki)
Kalinina I.N. – Doctor of Biological Sciences, Professor (Russia, Krasnodar)
Kobrinskij M.E. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Belarus, Minsk)
Kozin V.V. – Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor (Russia, Saint Petersburg)
Kudashova L.R. – Doctor of Biological sciences, Professor (Kazakhstan, Almaty)
Litvinova N.A. – Doctor of Biological Sciences, Professor (Russia, Kemerovo)
Makhov A.S. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Russia, Moscow)
Mel'nikov A.A. – Doctor of Biological Sciences, Professor (Russia, Moscow)
Nopin S.V. – Candidate of Technical Sciences (Russia, Essentuki)
Reps V.F. – Doctor of Biological Sciences (Russia, Pyatigorsk)
Sentyabrev N.N. – Doctor of Biological Sciences, Professor (Russia, Volgograd)
Singh Ram Bahadur – Doctor of Medical Sciences, Professor (India)
Sivokhin I.P. – Doctor of Pedagogical Sciences (Kazakhstan, Kostanaj)
Smolentseva V.N. – Doctor of Psychological Sciences, Professor (Russia, Omsk)
Tambovtseva R.V. – Doctor of Biological Sciences, Professor (Russia, Moscow)
Treshcheva O.L. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Russia, Omsk)
Khodasevich L.S. – Doctor of Medical Sciences, Professor (Russia, Sochi)
Chermit K.D. – Doctor of Biological Sciences, Professor (Russia, Majkop)
Shlyk N.I. – Doctor of Biological Sciences, Professor (Russia, Izhevsk)

СОДЕРЖАНИЕ

Физиология

НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ И ОЦЕНКЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СИЛОВЫХ УПРАЖНЕНИЙ 12
Н.И. Аньшаков, Р.В. Тамбовцева

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЗВЕНЬЕВ ТРАНСПОРТА КИСЛОРОДА К СКЕЛЕТНЫМ МЫШЦАМ, АССОЦИИРОВАННЫЕ С ГЕНЕТИЧЕСКИМ ПРОФИЛЕМ У ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ 20
О.В. Балберова, Е.В. Быков

ИНДЕКС СООТНОШЕНИЯ ЭОЗИНОФИЛОВ И БАЗОФИЛОВ У ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ НА ЭТАПАХ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА 27
А.С. Бахарева, Д.З. Шибкова

ИНТЕРВАЛЬНАЯ НОРМОБАРИЧЕСКАЯ ГИПОКСИЯ: ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ, СИСТЕМНЫЕ ЭФФЕКТЫ И ТЕРАПЕВТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ) 33
И.Х. Борукаева, Т.Б. Кипкеева, А.Г. Шокуева, А.А. Молов, Ф.В. Шаваева

ВЗАИМОСВЯЗЬ КООРДИНАЦИОННЫХ СПОСОБНОСТЕЙ РЕГБИСТОВ 14-15 ЛЕТ С ПОКАЗАТЕЛЯМИ СПЕЦИАЛЬНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ 43
И.Н. Калинина, И.Д. Митин, В.В. Лавриченко, А.С. Прохорцева, А.А. Тхагова

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОРРЕКЦИОННО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НЕЙРОБИОУПРАВЛЕНИЯ ПО БЕТА-РИТМУ ГОЛОВНОГО МОЗГА НА ОРГАНИЗМ СПОРТСМЕНОВ СИТУАЦИОННЫХ ВИДОВ СПОРТА 49
Ю.В. Корягина, Ю.В. Кушнарева, С.В. Нопин, О.С. Збицкая, А.С. Нопин

СОСТОЯНИЕ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ДЕЙСТВИИ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА 57
А.А. Кустова, А.В. Дерюгина

УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА И ПРОТЕЗОВ КЛАПАНОВ СЕРДЦА ПОСЛЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПОРОКОВ МИТРАЛЬНОГО И АОРТАЛЬНОГО КЛАПАНА У ВЗРОСЛЫХ ПАЦИЕНТОВ 65
Ю.А. Маслакова, А.И. Березенцева, Т.А. Веснина

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЭРИТРОЦИТОВ ПОСЛЕ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВОЙ ТРАВМЫ ПРИ КОРРЕКЦИИ ЦИТОФЛАВИНОМ И МОЛЕКУЛЯРНЫМ ВОДОРОДОМ 71
А.В. Полозова, Д.А. Еробкина, А.В. Дерюгина

МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ У ЖЕНЩИН РЕПРОДУКТИВНОГО ВОЗРАСТА С ЭУТИРЕОЗОМ В ХАНТЫ-МАНСИЙСКОМ АВТОНОМНОМ ОКРУГЕ – ЮГРЕ 80
М.А. Попова, Э.А. Масхудова, Н.А. Вологжанина

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОЛИТНОГО СОСТАВА СЛЮНЫ И МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ЮНЫХ СПОРТСМЕНОВ 14-16 ЛЕТ, РЕГУЛЯРНО ВОВЛЕЧЕННЫХ В ФИЗИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ 87
А.А. Псеунок, А.Я. Чамокова, Н.Р. Бжецева, М.А. Муготлев

ОСОБЕННОСТИ ПЛАЦЕНТЫ У ПАССИВНО КУРИВШИХ КРЫС ВИСТАР С ОЦЕНКОЙ ЛАБОРАТОРНЫХ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИХ ПОТОМСТВА 96
Л.А. Пушкарева, А.А. Стадников, А.И. Смолягин, И.В. Мирошниченко

СТРУКТУРА ОБЛУЧЕННОЙ НАНОСЕКУНДНЫМИ МИКРОВОЛНОВЫМИ ИМПУЛЬСАМИ ЖИРОВОЙ ТКАНИ IN VIVO С ПОЗИЦИЙ БИОИНФОРМАТИКИ 104
А.В. Самойлова, М.А. Большаков

КЛИНИКО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ДИАГНОСТИКИ ДОНОЗОЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ МОЧЕОБРАЗОВАНИЯ И МОЧЕВЫВЕДЕНИЯ 113
Е.В. Сапоженкова, Е.А. Томилова, В.В. Колпаков

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ ПРИ ГИПО-, НОРМО- И ГИПЕРВИТАМИНОЗЕ D У ТРЕХ ПОКОЛЕНИЙ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ 121
К.С. Светлицкий, Т.П. Бондарь

КОНСТИТУЦИОНАЛЬНО-ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАТИВНОГО СТАТУСА У ДЕТЕЙ 6-7 ЛЕТ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ ПРИВЫЧНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ 129
Е.А. Томилова, П.О. Акимова

АДАПТАЦИОННЫЕ ПЕРЕСТРОЙКИ КИСЛОРОДНОГО СТАТУСА И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ У СТУДЕНТОВ РАЗЛИЧНЫХ КЛИМАТОГЕОГРАФИЧЕСКИХ ГРУПП ПРИ НОРМОБАРИЧЕСКОЙ ИНТЕРВАЛЬНОЙ ГИПОКСИТЕРАПИИ 139
А.Г. Шокуева, И.Х. Борукаева, Ф.В. Шаваева, А.А. Молов, Т.Х. Агнокова

Психофизиология

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОСРЕДСТВОМ АЛЬФА-СТИМУЛИРУЮЩЕГО ТРЕНИНГА У СПОРТСМЕНОВ ПРИЦЕЛЬНЫХ И ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА 150
М.Ф. Емельянова

МЕТОДЫ САМОКОРРЕКЦИИ ПСИХОФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ ПСИХОСОМАТИЧЕСКИХ РАССТРОЙСТВ У СПЕЦИАЛИСТОВ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПРОФЕССИЙ 158
С.М. Разинкин, Г.Г. Ерофеев, А.А. Косенков, Д.А. Андреев, М.Ю. Баландин

ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ ПСИХОСОМАТИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ 164
С.М. Разинкин, А.А Киш, Н.З. Орлова, М.А. Брагин, Е.В. Голобородько

ТИПОЛОГИЯ ПСИХОТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ МИШЕНЕЙ ПРИ ТРУДОГОЛИЗМЕ: ОТ ПРЕДИКТОРОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ К ПАТТЕРНАМ ПОДДЕРЖИВАЮЩЕГО ПОВЕДЕНИЯ 170
М.А. Яблокова

Курортология и реабилитация

КОРРЕКЦИЯ ОКСИДАТИВНОГО СТРЕССА У ЛИЦ ОПАСНЫХ ПРОФЕССИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИРОДНЫХ ЛЕЧЕБНЫХ РЕСУРСОВ 175
А.С. Кайсинова, Д.С. Моисеенко, А.А. Федоров, Р.М. Гусов, Н.В. Ефименко

ОСОБЕННОСТИ ХРОНИЧЕСКОГО ГЕНЕРАЛИЗОВАННОГО ПАРОДОНТИТА У ПАЦИЕНТОВ С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 182
Р.Т. Кафаров, М.Н. Меджидов, О.С. Васильев, Л.А. Гридин, Е.Е. Ачкасов

ОБОСНОВАНИЕ ЛЕЧЕБНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА-КУРОРТА НАЛЬЧИК 192
Ю.В. Корягина, В.В. Корнева, В.С. Нопина, О.Н. Акимкина

КОРРЕКЦИЯ НАРУШЕНИЙ МЕТАБОЛИЗМА У ПАЦИЕНТОВ С АНДРОГЕННОЙ АЛОПЕЦИЕЙ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ФИЗИОТЕРАПИИ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ДЕРМАТОКОСМЕТИКИ 198
С.Р. Майрансаева, Е.А. Шатохина

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ НА ФОНЕ МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ У ПАЦИЕНТОВ С COVID-19: ПРОСПЕКТИВНОЕ КЛИНИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ 204
О.А. Шукалович, Е.Ф. Туровинина, А.Н. Багаутдинова

Спортивная медицина

ЗАВИСИМОСТЬ ВЕЛИЧИНЫ ОСНОВНОГО ОБМЕНА И ВОДНЫХ СЕКТОРОВ ОРГАНИЗМА ОТ ВАРИАЦИЙ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ТЕЛА ПРИ ОДИНАКОВЫХ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЯХ У ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ГИМНАСТОК 211
К.В. Выборная, Д.Б. Никитюк

ЧЕК-ЛИСТ SNOW: РУКОВОДСТВО ДЛЯ ПОИСКА ЛИТЕРАТУРЫ ПО СПОРТИВНЫМ НАУКАМ ПРИ НАРРАТИВНЫХ ОБЗОРАХ МЕТОДОМ СНЕЖНОГО КОМА 222
А.В. Мештель, А.Б. Мирошников, А.В. Шевцов

Физическая культура и профессиональная физическая подготовка

ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ ИНФОРМАТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦЕЛОСТНОГО РАЗВИТИЯ ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ВОЗРАСТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПЕРИОДА ОНТОГЕНЕЗА И ХАРАКТЕРА ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ 232
Т.Ф. Абрамова, Т.В. Балабохина, Т.М. Никитина, А.В. Полфунтикова, Н.М. Якутович

АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И СОМАТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ДЕТЕЙ 8-10 ЛЕТ Г. КРАСНОДАРА И Г. ЧУНЦИНА 241
Цзиньпэнь Ли, Г.Д. Алексанянц, О.А. Медведева, Чжэнхун Сюэ

Теория и методика спорта

ФОРМИРОВАНИЕ ВОЛЕВОЙ СФЕРЫ ЛИЧНОСТИ МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ В ПРОЦЕССЕ ЗАНЯТИЙ СПОРТОМ 248
В.А. Александров, Г.Л. Драндров, С.Г. Константинова

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПРОГНОЗ СОРЕВНОВАТЕЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ В ПЛАВАНИИ 255
Д.Ф. Алиев, О.Н. Кудря, В.П. Бачин

ФОРМИРОВАНИЕ СПОРТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ У ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА 263
Г.Л. Драндров, К. Бурама, С.Г. Константинова

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ И КОНТРАТАКУЮЩИХ ДЕЙСТВИЙ ИЗ ЕДИНОБОРСТВ В СЛУЖЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СОТРУДНИКОВ ОРГАНОВ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ ПРИ ЗАДЕРЖАНИИ И ПРОТИВОБОРСТВЕ С ПРАВОНАРУШИТЕЛЯМИ 270
Ю.В. Захарова

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ТЕХНИКЕ КЛАССИЧЕСКИХ ЛЫЖНЫХ ХОДОВ: ТАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ И МЕТОДИКИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПО ДАННЫМ ЗАРУБЕЖНЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ 277
Ю.В. Корягина, В.С. Нопина, О.Н. Акимкина, И.Н. Калинина, С.В. Нопин

ОЦЕНКА РИТМО-СТРУКТУРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ЛЫЖНЫХ ГОНКАХ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПО-РИТМОВОГО РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ 286
В.Ю. Куимов

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИКСИРОВАННОГО И ИНДИВИДУАЛЬНОГО МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛАКТАТНЫХ ПОРОГОВ В ОЦЕНКЕ ЗОН ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ У ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ 13-16 ЛЕТ 293
С.А. Ленькова, Ю.П. Салова, Е.В. Щапов, Е.А. Реуцкая

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТА «БУМЕРАНГ» НОГОЙ С ЛЕНТОЙ В КООРДИНАЦИИ С КУВЫРКОМ ВПЕРЕД В ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ГИМНАСТИКЕ 300
В.Н. Мархакшинова

ПРОБЛЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ СПОРТСМЕНОВ РАЗНЫХ ВЕСОВЫХ КАТЕГОРИЙ В ГИРЕВОМ СПОРТЕ 307
Е.А. Пинчук, О.Н. Кудря

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ФУТБОЛИСТОВ НА ОСНОВЕ МОДУЛЬНОГО ПОДХОДА С УЧЕТОМ МОТОРНОЙ АСИММЕТРИИ 316
А.И. Сафроненко, В.А. Блинов, С.Н. Мищенко, Н.В. Блинов, А.А. Шерстюк

КОГНИТИВНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ КАК ФАКТОР СОРЕВНОВАТЕЛЬНОЙ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ СПОРТСМЕНОВ В ДИСЦИПЛИНЕ «РИТМ-СИМУЛЯТОР» ФИДЖИТАЛ СПОРТА 323
А.М. Щепотьев, Н.А. Бойко

Оздоровительная и адаптивная физическая культура

МЕТОДИКА ПОВЫШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ДЕВОЧЕК 7-8 ЛЕТ НА ОСНОВЕ СРЕДСТВ ТАНЦЕВАЛЬНОГО ФИТНЕСА 328
В.В. Сударь, С.А. Суханова, А.А. Архипова

МЕТОДИКА ЗАНЯТИЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ АКВАФИТНЕСА С ДЕВОЧКАМИ 9-10 ЛЕТ 334
О.С. Трофимова, В.А. Рожкова, А.А. Цвелодуб, С.И. Князева

CONTENTS

Physiology

SCIENTIFIC APPROACHES TO ASSESSING PHYSICAL LOADS DURING STRENGTH EXERCISES 12
N.I. Anshakov, R.V. Tambovtseva

FEATURES OF OXYGEN TRANSPORT TO SKELETAL MUSCLES ASSOCIATED WITH THE GENETIC PROFILE OF HIGHLY QUALIFIED ATHLETES 20
O.V. Balberova, E.V. Bykov

EOSINOPHIL-TO-BASOPHIL RATIO IN CROSS-COUNTRY SKIERS DURING THE PREPARATORY PERIOD 27
A.S. Bakhareva, D.Z. Shibkova

INTERVAL NORMOBARIC HYPOXIA: PHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF ADAPTATION, SYSTEMIC EFFECTS AND THERAPEUTIC POTENTIAL (LITERATURE REVIEW) 33
I.Kh. Borukaeva, T.B. Kipkeeva, A.G. Shokueva, A.A. Molov, F.V. Shavaeva

THE RELATIONSHIP OF THE COORDINATION ABILITIES OF 14-15-YEAR-OLD RUGBY PLAYERS WITH THE SPECIAL PHYSICAL FITNESS INDICATORS 43
I.N. Kalinina, I.D. Mitin, V.V. Lavrichenko, A.S. Prokhortseva, A.A. Tkhagova

ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF CORRECTIVE AND RESTORATIVE EFFECTS OF BETA-WAVE NEUROFEEDBACK ON SITUATIONAL SPORTS ATHLETES 49
Yu.V. Koryagina, Yu.V. Kushnareva, S.V. Nopin, O.S. Zbitskaya, A.S. Nopin

MICROCIRCULATION IN DIFFERENT AGE GROUPS UNDER THE EXPOSURE OF MOLECULAR HYDROGEN 57
A.A. Kustova, A.V. Deryugina

ULTRASOUND PARAMETERS OF THE LEFT VENTRICLE AND PROSTHETIC CARDIAC VALVE FUNCTIONING AFTER SURGICAL TREATMENT OF MITRAL AND AORTIC VALVE DISEASES IN ADULT PATIENTS 65
Yu.A. Maslakova, A.I. Berezentseva, T.A. Vesnina

FUNCTIONAL STATE OF ERYTHROCYTES AFTER TRAUMATIC BRAIN INJURY WITH CORRECTION BY CYTOFLAVIN AND MOLECULAR HYDROGEN 71
A.V. Polozova, D.A. Erobkina, A.V. Deryugina

METABOLIC PROFILE IN WOMEN OF REPRODUCTIVE AGE WITH EUTHYROIDISM IN THE KHANTY-MANSI AUTONOMOUS OKRUG – YUGRA 80
M.A. Popova, E.A. Maskhudova, N.A. Vologzhanina

ELECTROLYTE COMPOSITION OF SALIVA AND MECHANISMS OF HEART RATE REGULATION IN 14-16-YEAR-OLD ATHLETES OF DIFFERENT SPORTS 87
A.A. Pseunok, A.Ya. Chamokova, N.R. Bzhetseva, M.A. Mugotlev

FEATURES OF THE PLACENTA IN PASSIVELY SMOKING WISTAR RATS WITH AN ASSESSMENT OF LABORATORY AND PHYSIOLOGICAL PARAMETERS IN THEIR OFFSPRING 96
L.A. Pushkareva, A.A. Stadnikov, A.I. Smolyagin, I.V. Miroshnichenko

EVALUATION OF ADIPOSE TISSUE STRUCTURE IN VIVO FROM THE POINT OF VIEW OF BIOINFORMATICS AFTER IRRADIATION WITH NANOSECOND MICROWAVE PULSES 104
A.V. Samoylova, M.A. Bolshakov

CLINICAL AND PHYSIOLOGICAL CRITERIA FOR THE DIAGNOSIS OF PRENOSOLOGICAL CONDITIONS OF URINATION AND URINARY EXCRETION 113
E.V. Sapozhenkova, E.A. Tomilova, V.V. Kolpakov

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF PATHOHISTOLOGICAL CHANGES IN THE STRUCTURE OF INTERNAL ORGANS IN THREE GENERATIONS OF LABORATORY ANIMALS IN RELATION TO VITAMIN D INTAKE 121
K.S. Svetlitskij, T.P. Bondar

CONSTITUTIONAL AND TYPOLOGICAL FEATURES OF THE AUTONOMIC STATUS IN 6-7-YEAR-OLD CHILDREN WITH VARIOUS LEVELS OF HABITUAL MOTOR ACTIVITY 129
E.A. Tomilova, P.O. Akimova

ADAPTIVE CHANGES IN OXYGEN STATUS AND FUNCTIONAL RESERVES IN STUDENTS FROM DIFFERENT CLIMATIC-GEOGRAPHICAL GROUPS FOLLOWING A COURSE OF NORMOBARIC INTERMITTENT HYPOXIA 139
A.G. Shokueva, I.Kh. Borukaeva, F.V. Shavaeva, A.A. Molov, T.Kh. Agnokova

Psychophysiology

A STUDY OF NEUROPHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF EMOTIONAL STABILITY DEVELOPMENT IN SHOOTING AND CYCLIC SPORTS ATHLETES USING ALPHA-STIM TRAINING 150
M.F. Emelyanova

METHODS OF SELF-CORRECTION OF PSYCHOPHYSICAL CONDITION FOR THE PREVENTION OF PSYCHOSOMATIC DISORDERS IN SPECIALISTS OF EXTREME PROFESSIONS 158
S.M. Razinkin, G.G. Erofeev, A.A. Kosenkov, D.A. Andreev, M.Yu. Balandin

FACTORS IN THE DEVELOPMENT OF PSYCHOSOMATIC DISEASES 164
S.M. Razinkin, A.A. Kish, N.Z. Orlova, M.A. Bragin, E.V. Goloborodko

TYPOLOGY OF PSYCHOTHERAPEUTIC TARGETS IN WORKAHOLISM: FROM OCCURRENCE PREDICTORS TO PATTERNS OF BEHAVIOR MAINTENANCE 170
M.A. Yablokova

Balneology and rehabilitation

OXIDATIVE STRESS CORRECTION IN INDIVIDUALS IN HAZARDOUS OCCUPATIONS USING NATURAL HEALING RESOURCES 175
A.S. Kajsinova, D.S. Moiseenko, A.A. Fedorov, R.M. Gusov, N.V. Efimenko

CHARACTERISTICS OF CHRONIC GENERALIZED PERIODONTITIS IN PATIENTS WITH DIABETES MELLITUS 182
R.T. Kafarov, M.N. Medzhidov, O.S. Vasilyev, L.A. Gridin, E.E. Achkasov

SUBSTANTIATION OF THE THERAPEUTIC AND RECREATIONAL POTENTIAL OF THE KABARDINO-BALKARIAN REPUBLIC ON THE EXAMPLE OF NALCHIK 192
Yu.V. Koryagina, V.V. Korneva, V.S. Nopina, O.N. Akimkina

CORRECTION OF METABOLISM DISORDERS IN PATIENTS WITH ANDROGENIC ALOPECIA USING HIGH-TECH PHYSIOTHERAPY AND SPECIALIZED DERMATOCOSMETICS 198
S.R. Majransaeva, E.A. Shatokhina

ASSESSMENT OF THE DYNAMICS OF FUNCTIONAL INDICATORS OF MICROCIRCULATION IN PATIENTS WITH COVID-19 UNDERGOING MEDICAL REHABILITATION: PROSPECTIVE CLINICAL STUDY 204
O.A. Shukalovich, E.F. Turovinina, A.N. Bagautdinova

Sports medicine

DEPENDENCE OF THE VALUE OF BASAL METABOLISM AND WATER SECTORS OF THE BODY ON VARIATIONS IN THE COMPONENT COMPOSITION OF THE BODY WITH THE SAME ANTHROPOMETRIC INDICATORS IN RHYTHMIC GYMNASTS 211
K.V. Vybornaya, D.B. Nikityuk

SNOW CHECKLIST: A GUIDE TO RESEARCHING SPORTS SCIENCE LITERATURE IN NARRATIVE LITERARY REVIEWS USING THE SNOWBALL METHOD 222
A.V. Meshtel, A.B. Miroshnikov, A.V. Shevtsov

Physical culture and professional physical training

CHANGES IN THE STRUCTURE OF INFORMATIVE INDICES OF THE INTEGRAL DEVELOPMENT OF YOUNG CHILDREN DEPENDING ON THE ONTOGENESIS PERIOD AND THE NATURE OF MOTOR ACTIVITY 232
T.F. Abramova, T.V. Balabokhina, T.M. Nikitina, A.V. Polfuntikova, N.M. Yakutovich

ANTHROPOMETRIC INDICATORS AND SOMATIC TYPES OF 8-10-YEAR-OLD CHILDREN IN KRASNODAR AND CHONGQING 241
Jinpen Li, G.D. Aleksanyants, O.A. Medvedeva, Zhenghong Xue

Theory and methods in sports

FORMATION OF THE VOLITIONAL SPHERE OF PERSONALITY IN PRIMARY SCHOOL CHILDREN IN THE PROCESS OF SPORTS ACTIVITY 248
V.A. Aleksandrov, G.L. Drandrov, S.G. Konstantinova

INDIVIDUAL FORECAST OF COMPETITIVE RESULTS IN SWIMMING 255
D.F. Aliev, O.N. Kudrya, V.P. Bachin

FORMATION OF SPORTS CULTURE IN PRIMARY SCHOOL CHILDREN 263
G.L. Drandrov, K. Burama, S.G. Konstantinova

THE USE OF DEFENSIVE AND COUNTERATTACKING ACTIONS FROM MARTIAL ARTS IN THE OFFICIAL ACTIVITIES OF EMPLOYEES OF INTERNAL AFFAIRS BODIES DURING THE DETENTION AND CONFRONTATION WITH OFFENDERS 270
Yu.V. Zakharova

MODERN FOREIGN TRENDS IN CLASSICAL SKI TECHNIQUES: APPLICATION TACTICS AND IMPROVEMENT METHODS ACCORDING TO THE FOREIGN DATA 277
Yu.V. Koryagina, V.S. Nopina, O.N. Akimkina, I.N. Kalinina, S.V. Nopin

ASSESSMENT OF RHYTHMIC-STRUCTURAL INDICES IN CROSS-COUNTRY SKIING WHEN CHANGING THE TEMPO-RHYTHMIC MODES OF MOVEMENT 286
V.Yu. Kuimov

COMPARATIVE ANALYSIS OF FIXED AND INDIVIDUAL METHODS OF LACTATE THRESHOLD IDENTIFICATION IN ASSESSING ENERGY ZONES OF 13-16-YEAR-OLD CROSS-COUNTRY SKIERS 293
S.A. Lenkova, Yu.P. Salova, E.V. Shchapov, E.A. Reutskaya

SPATIO-TEMPORAL CHARACTERISTICS OF PERFORMING THE “BOOMERANG” WITH A RIBBON USING THE FOOT IN COORDINATION WITH A FORWARD ROLL IN RHYTHMIC GYMNASTICS 300
V.N. Markhakshinova

THE PROBLEM OF PLANNING THE TRAINING PROCESS FOR ATHLETES OF DIFFERENT WEIGHT CATEGORIES IN KETTLEBELL LIFTING 307
E.A. Pinchuk, O.N. Kudrya

IMPROVING THE TECHNIQUES OF ELITE FOOTBALL PLAYERS USING A MODULAR APPROACH TAKING INTO ACCOUNT MOTOR ASYMMETRY 316
A.I. Safronenko, V.A. Blinov, S.N. Mishchenko, N.V. Blinov, A.A. Sherstyuk

COGNITIVE STABILITY AS A FACTOR OF COMPETITIVE PERFORMANCE IN ATHLETES IN THE “RHYTHM SIMULATOR” DISCIPLINE OF PHYGITAL SPORTS
A.M. Shchepotyev, N.A. Boyko 323

Health and adaptive physical culture

A TECHNIQUE FOR IMPROVING THE PHYSICAL FITNESS OF GIRLS AGED 7-8 BASED ON DANCE FITNESS
V.V. Sudar, S.A. Sukhanova, A.A. Arkhipova 328

METHOD OF CLASSES INCLUDING AQUAFITNESS TECHNIQUES FOR 9-10-YEAR-OLD GIRLS
O.S. Trofimova, V.A. Rozhkova, A.A. Tsvelodub, S.I. Knyazeva 334

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_1
УДК 612; 796

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_1
UDC 612; 796

НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ И ОЦЕНКЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СИЛОВЫХ УПРАЖНЕНИЙ

Н.И. Аньшаков, Р.В. Тамбовцева
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», г. Москва, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Современная спортивная наука располагает широким арсеналом методов для контроля тренировочных воздействий, однако интеграция этих методов в единую систему оценки нагрузки при выполнении силовых упражнений остается нетривиальной задачей. Цель исследования: анализ и обобщение научных подходов к оценке физической нагрузки при выполнении силовых упражнений. ***Методы.*** Проведен поиск научных литературных источников, посвященных вышеуказанной проблеме, с использованием баз данных eLibrary.ru, PubMed, КиберЛенинка, а также журналов «Sports Medicine» и «Journal of Strength and Conditioning Research». ***Результаты.*** Научные работы, посвященные данному аспекту, подтверждают необходимость комплексного мониторинга, включающего эргометрические, физиологические и биохимические показатели. В процессе оценки силовой нагрузки наиболее важным фактором является сопоставление внешней механической работы с внутренними физиологическими затратами. ***Заключение.*** Комплексный мониторинг позволит не только повысить информативность контроля, но и перейти к персонализированному планированию силовой подготовки, учитывающему индивидуальные особенности адаптации спортсмена.

Ключевые слова: силовые упражнения, биохимические маркеры, физиологические затраты, эргометрия, частота сердечных сокращений, лактат.

SCIENTIFIC APPROACHES TO ASSESSING PHYSICAL LOADS DURING STRENGTH EXERCISES

N.I. Anshakov, R.V. Tambovtseva
Russian University of Sport “GTSOLIFK”, Moscow, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Modern sports science has a wide range of methods for monitoring training effects, but integrating these methods into a unified system for assessing the load during strength exercises remains a non-trivial task. The aim of the study: to analyze and summarize scientific approaches to assessing physical activity during strength exercises. ***Methods.*** A search of scientific literature sources devoted to the aforementioned topic was conducted using the eLibrary.ru, PubMed, CyberLeninka databases, as well as the Sports Medicine and Journal of Strength and Conditioning Research journals. ***Results.*** Scientific studies devoted to this aspect confirm the need for comprehensive monitoring that includes ergometric, physiological, and biochemical indicators. When assessing strength load, the most important factor is the comparison of external mechanical work with internal physiological costs. ***Conclusion.*** The integrated application of these approaches not only improves the information capacity of training monitoring but also enables personalized strength training planning that takes into account the individual adaptation characteristics of athletes.

Keywords: strength exercises, biochemical markers, physiological costs, ergometry, heart rate, lactate.

Введение. Современная спортивная наука располагает широким арсеналом методов для контроля тренировочных воздействий, однако интеграция этих методов в единую систему оценки нагрузки при выполнении силовых упражнений остается нетривиальной задачей. Силовая нагрузка представляет собой сложный многокомпонентный стимул, вызывающий каскад срочных и долговременных адаптационных перестроек на системном, органном, клеточном и молекулярном уровнях. Традиционно для оценки параметров силовой нагрузки используются эргометрические методы, позволяющие количественно охарактеризовать внешнюю сторону выполненной работы. Однако информативность эргометрических показателей

существенно возрастает при их сопоставлении с физиологическими и биохимическими маркерами, отражающими внутреннюю цену нагрузки для организма.

Цель исследования: анализ и обобщение научных подходов к оценке физической нагрузки при выполнении силовых упражнений.

Методы и организация исследования. Проведен поиск научных литературных источников, посвященных методам оценки работоспособности в силовых упражнениях, с использованием баз данных eLibrary.ru, PubMed, КиберЛенинка, а также журналов «Sports Medicine» и «Journal of Strength and Conditioning Research». Было проанализировано 48 публикаций по данной проблеме. В обзор включены 8 источников российских ученых и 40 источников на иностранном языке.

Результаты исследования и их обсуждение. *Эргометрические подходы к оценке нагрузки.* Эргометрия представляет собой совокупность диагностических методов, позволяющих количественно измерить выполненную человеком физическую работу и оценить уровень работоспособности. В контексте силовых упражнений основными эргометрическими показателями являются механическая работа (Дж, кгм), мощность (Вт), сила (Н), импульс силы (Н•с) и скорость развития силы (rate of force development, RFD) [1]. В отличие от подходов, основанных исключительно на физиологических реакциях, эргометрия стремится к прямому измерению внешней работы [2].

Основные эргометрические методы в силовых упражнениях:

1. Тест 1ПМ (одноповторный максимум): золотой стандарт оценки максимальной силы, демонстрирующий хорошую и отличную надежность повторных измерений независимо от опыта силовых тренировок [3]. Стандартизированный протокол тестирования 1ПМ с короткой разминкой и периодом ознакомления является надежным измерением для оценки изменений мышечной силы [4];

2. Линейные энкодеры (GymAware, Tendo Unit): позволяют регистрировать скорость перемещения снаряда, пиковую и среднюю мощность, время выполнения фаз движения. GymAware демонстрирует высокую валидность измерения скорости и мощности при выполнении силовых упражнений [5].

3. Силовые платформы (AMTI, Kistler). Обеспечивают регистрацию вертикальной силы реакции опоры, импульса силы, RFD. Портативные системы силовых платформ AMTI показывают хорошее-отличное согласие с альтернативными устройствами [6]. AMTI OR6-7-2000 используется как критерий валидации для других измерительных систем [7].

4. Изокинетические динамометры (Biodex, HUMAC NORM): позволяют оценивать силовые характеристики в широком диапазоне угловых скоростей (от 30 до 500°/с). Biodex System 4 демонстрирует отличную надежность повторных измерений для оценки силы коленного сустава у различных популяций [8]. Изокинетический концентрический режим динамометра Biodex надежен для измерений пикового крутящего момента [9]. Надежность повторных измерений изокинетической силы голеностопного, коленного и тазобедренного суставов у физически активных взрослых в основном хорошая или отличная [10].

5. Тросиковые тензодатчики: измеряют силу тяги в реальном времени, применяются для оценки тяговых упражнений и гребных движений [11].

Основным методологическим недостатком эргометрического подхода является его зависимость от результатов упражнений, выполняемых до предельного утомления. Ключевой проблемой является то, что подход оценивает внешнюю работу, но не отражает ее истинную физиологическую стоимость [12]. При этом важно подчеркнуть, что эргометрические показатели сопоставимы по информативности с физиологическими и биохимическими критериями, а в ряде случаев обеспечивают получение более надежных характеристик работоспособности.

Физиологические подходы к оценке нагрузки. Физиологические методы оценки нагрузки при выполнении силовых упражнений направлены на регистрацию срочных адаптационных реакций со стороны вегетативных и двигательных систем организма. К наиболее информативным физиологическим маркерам относятся

показатели сердечно-сосудистой системы (частота сердечных сокращений (ЧСС), вариабельность сердечного ритма, артериальное давление), дыхательной системы (частота дыхания, потребление кислорода, вентиляционный эквивалент) и нервно-мышечного аппарата (электромиография).

Относительная метаболическая мощность (MMR): научные работы многократно подтверждают, что для объективной оценки силовой нагрузки недостаточно только эргометрического подхода. Волков Н.И. и соавт. указывают на значимость биоэнергетической классификации нагрузок, основанной на MMR [12].

Интенсивность накопления пульсового долга (ИНПД): в 1985 году В.М. Король, В.Д. Сонькиным и Л.И. Ратушной был предложен показатель для оценки физиологической стоимости физической работы анаэробного и смешанного характера, основанный на регистрации ЧСС в восстановительном периоде – интенсивность накопления пульсового долга. Показатель ИНПД характеризует не только скорость физиологических затрат, связанных с анаэробным метаболизмом, но и степень функционального напряжения регуляторных систем целостного организма [13].

Удельная интенсивность физиологических затрат (УИФЗ): показатель УИФЗ заслуживает особого внимания. Козлов А.В. и соавт. экспериментально обосновали тесную корреляционную связь между интегральными пульсометрическими показателями и величиной кислородного долга [14]. В ходе экспериментальных исследований было выявлено, что показатели УИФЗ, рассчитанные по ЧСС (УИФЗчсс), имеют тесную взаимосвязь с аналогичными показателями по потреблению кислорода ($УИФЗО_2$) во всех диапазонах мощности в циклических упражнениях [15].

Методика TRIMPS (Training Impulse) была разработана Баннистером Э.В. в 1991 году для количественной оценки тренировочной нагрузки [16]. TRIMPS рассчитывается как произведение продолжительности тренировочного занятия (t, мин) на относительный рабочий прирост ЧСС (ΔЧССотн) и весового коэффициента нагрузки (Y), имеющего экспоненциальную зависимость [17].

Применимость TRIMPS к силовым упражнениям:

1. Ограничения метода: TRIMPS изначально разработан для циклических видов деятельности, где ЧСС хорошо коррелирует с метаболическим стрессом [18]. Метод TRIMP обычно используется для мониторинга аэробных тренировок и изначально рассчитывался на основе продолжительности тренировки и изменений ЧСС [19].

2. Модификации для силовых тренировок: Edwards и коллеги ввели пульсовые зоны в расчет TRIMP для упрощения вычислений и учета прерывистых упражнений [20]. Суммированные пульсовые зоны Эдвардса (Edwards TRIMP) и метод тренировочного импульса Баннистера (Banister TRIMP) использовались как критерий внутренней тренировочной нагрузки [21].

3. Валидация в силовых видах спорта: исследования показали, что методы Banister TRIMP и Foster (sRPE) являются сопоставимыми для расчета тренировочной нагрузки у спортсменов тхэквондо [22]. TRIMP метод был применен в тренировке спортсменов боевых искусств с подтверждением эффективности [23].

4. Преимущества и недостатки: TRIMP обеспечивает объективную процедуру количественной оценки тренировочной нагрузки на основе мониторинга ЧСС и продолжительности упражнений [24]. Однако для силовых тренировок ЧСС может недостаточно точно отражать метаболический стресс из-за биомеханических особенностей и гемодинамических изменений [25].

Концепция «дозы физической нагрузки» и нагрузочной экспозиции: в недавней концептуальной публикации Impellizzeri et al. (2023) были предложены унифицированные термины для количественного описания физической нагрузки: доза воздействия нагрузки и нагрузочная экспозиция (НЭ) [26]. Доза воздействия нагрузки определяется как совокупное воздействие двух взаимосвязанных компонентов – внешней и внутренней нагрузок [27]. На основе полученных данных вычислены показатели НЭ, рассчитанные по ЧСС и потреблению O_2. Результаты исследований показывают высокий уровень взаимосвязей одноименных показателей $НЭО_2$ и НЭчсс [28].

Важно отметить, что ни один изолированный физиологический маркер не может служить универсальным предиктором тренировочного эффекта или состояния утомления. По этой причине современные исследования ориентированы на создание многомерных моделей, интегрирующих физиологические, эргометрические и субъективные данные [29].

Биохимические подход к оценке нагрузки. Биохимические методы занимают ключевое место в системе контроля адаптации к силовым нагрузкам, поскольку позволяют оценить метаболическую стоимость работы, степень повреждения мышечной ткани и состояние восстановительных процессов на молекулярном уровне.

Лактат крови является ключевым метаболитом, образующимся преимущественно в результате анаэробного гликолиза, и служит количественным индикатором анаэробного вклада [30]. Концентрация лактата в крови прямо пропорциональна объему метаболизированной глюкозы/гликогена и количеству аденозинтрифосфата, ресинтезированного гликолитически [31].

Креатинфосфокиназа (КФК) – фермент, содержащийся преимущественно в скелетных мышцах, сердечной мышце и мозговой ткани. Повышение активности КФК в крови свидетельствует о повреждении мышечных волокон. После интенсивных силовых тренировок активность КФК может возрастать в 5-10 раз, достигая пика через 24-72 часа [32].

Миоглобин – белок, связывающий кислород в мышечной ткани. При повреждении мышечных клеток миоглобин высвобождается в кровоток. Повышение уровня миоглобина наблюдается уже через 2-4 часа после нагрузки и является более ранним маркером мышечного повреждения по сравнению с КФК [33].

Гормональные маркеры – тестостерон и кортизол – отражают анаболический и катаболический статус организма соответственно [34]. Соотношение «тестостерон/кортизол» используется как интегральный показатель адаптационного состояния спортсмена [35]. Гормон роста и инсулиноподобный фактор роста-1 (ИФР-1) стимулируют синтез мышечного белка и активируют сателлитные клетки [36]. Исследования показывают, что программы тренировок, создающие выраженный метаболический стресс, вызывают более значительный рост уровня циркулирующего ИФР-1 по сравнению с высокоинтенсивными протоколами [37].

Маркеры воспаления: интерлейкин-6, маркер воспаления, относится к миокинам раннего ответа и может опосредовать увеличение количества миоядер за счет активации клеток-сателлитов [38]. С-реактивный белок отражает системный воспалительный ответ на тренировочную нагрузку [39].

Гематологические показатели – гемоглобин и гематокрит – характеризуют кислородтранспортную функцию крови. Снижение этих показателей может свидетельствовать о развитии спортивной анемии или физиологическом разбавлении крови в результате адаптации к нагрузкам [40].

Энергетический подход к оценке нагрузки, в отличие от эргометрического метода, ориентированного на регистрацию внешней механической работы, базируется на оценке метаболических затрат организма как основного критерия интенсивности нагрузки. Его теоретическая основа заключается в том, что физиологическая «цена» выполнения упражнения определяется суммарным объемом потребленной энергии, расходуемой как на генерацию внешнего усилия, так и на поддержание гомеостаза на клеточном, тканевом и системном уровнях. Центральным параметром данного подхода выступает кислородный запрос [41]. Наиболее точным методом прямого измерения энергозатрат является прямая калориметрия. Однако в спортивной практике преимущественно применяется непрямая калориметрия, основанная на анализе потребления кислорода (VO_2) и выделения углекислого газа (VCO_2), что позволяет рассчитать энергетический эквивалент кислорода и определить преобладающий субстрат окисления через дыхательный коэффициент. Преимуществами энергетического подхода являются универсальность сопоставления энергозатрат упражнений различной модальности и объективность измерений газообмена, не зависящих от субъективного восприятия утомления. Однако имеются ограничения, связанные с

необходимостью использования высокоточного лабораторного оборудования и трудностью интерпретации данных из-за вариабельности энергетического эквивалента кислорода и нелинейной зависимости механического коэффициента полезного действия от мощности. Энергетический подход устраняет ключевое ограничение эргометрического метода, обеспечивая прямую количественную оценку метаболической стоимости работы. Однако он не позволяет дифференцировать вклад отдельных функциональных систем (кардиореспираторной, нервно-мышечной, метаболической) в общий физиологический ответ, что является предметом физиологического (вегетативного) подхода.

Критический анализ литературы показывает, что ни один из рассмотренных подходов (эргометрический, физиологический или биохимический) не является самодостаточным для всесторонней оценки силовой нагрузки. Перспективным направлением является создание интегративных индексов, объединяющих параметры внешней работы, физиологической реакции и метаболических сдвигов. В этой связи особого внимания заслуживает подход, предложенный в работе [48], в рамках которого предпринята попытка создания универсального уравнения нарастания мышечной усталости, пригодного для использования в полевых условиях. Развитие методов машинного обучения и анализа многомерных данных открывает новые возможности для прогнозирования тренировочного эффекта на основе ограниченного набора предикторов. Необходимо также подчеркнуть важность учета индивидуальных особенностей реагирования на нагрузку. Как отмечено в обзоре [29], будущие исследования должны быть направлены не столько на поиск абсолютных физиологических маркеров, сколько на разработку методов, отражающих индивидуальную способность к адаптации.

Заключение. Анализ литературных источников показал, что использование пульсометрических показателей позволяет достоверно оценивать нагрузку без инвазивных процедур, однако требует учета биомеханических и гемодинамических особенностей конкретных упражнений.

Современная методология оценки нагрузки при выполнении силовых упражнений базируется на трех взаимодополняющих подходах: эргометрическом (количественная характеристика выполненной работы), физиологическом (оценка срочных реакций вегетативных и двигательных систем) и биохимическом (метаболический мониторинг, оценка повреждения мышечной ткани и гормонального статуса). Комплексное применение этих подходов позволяет не только повысить информативность тренировочного контроля, но и перейти к персонализированному планированию силовой подготовки, учитывающему индивидуальные особенности адаптации спортсмена.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zatsiorsky, V.M. Science and Practice of Strength Training / V.M. Zatsiorsky, W.J. Kraemer. – Champaign: Human Kinetics, 2022. – 408 p.
2. Reliability of the One-Repetition Maximum Test Based on Muscle Action / D. Seo, E. Kim, Ch.A. Fahs [et al.] // Journal of Exercise Rehabilitation. – 2012. – Vol. 8. – No. 3. – P. 168-173.
3. The Importance of Muscular Strength: Training Considerations / T.J. Suchomel, S. Nimphius, Ch.R. Bellon, M.H. Stone // Sports Medicine. – 2018. – Vol. 48. – No. 4. – P. 765-785. DOI: 10.1007/s40279-018-0862-z.
4. Validity of Various Methods for Determining Velocity, Force, and Power in the Back Squat / H.G. Banyard, K. Nosaka, K. Sato, G.G. Haff // International Journal of Sports Physiology and Performance. – 2017. – Vol. 12. – No. 9. – P. 1170-1176. DOI: 10.1123/ijspp.2016-0627.
5. The Validity and Reliability of Commercially Available Resistance Training Monitoring Devices: A Systematic Review / J. Weakley, M. Morrison, A. García-Ramos [et al.] // Sports Medicine. – 2021. – Vol. 51. – No. 3. – P. 443-502. DOI: 10.1007/s40279-020-01382-w.
6. Kannus, P. Isokinetic evaluation of muscular performance: implications for muscle testing and rehabilitation / P. Kannus // International Journal of Sports Medicine. – 1994. – Vol. 15. – S. 1. – P. S11-S18. DOI: 10.1055/s-2007-1021104.
7. Reliability of lower extremity isokinetic strength testing in adults with stroke / P.S. Pohl, J.K.

Startzell, P.W. Duncan, D. Wallace // Clinical Rehabilitation. – 2000. – Vol. 14. – No. 6. – P. 601-607. DOI: 10.1191/0269215500cr367oa.
8. Baltzopoulos, V. Isokinetic dynamometry. Applications and limitations / V. Baltzopoulos, D.A. Brodie // Sports Medicine. – 1989. – Vol. 8. – No. 2. – P. 101-116. DOI: 10.2165/00007256-198908020-00003.
9. Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise / J.D. MacDougall, D. Tuxen, D.G. Sale [et al.] // Journal of Applied Physiology. – 1985. – Vol. 58. – No. 3. – P. 785-790.
10. Волков, Н.И. Интенсивность физических упражнений и энергетический обмен / Н.И. Волков, Д.Б. Никитюк, Н.Г. Озолин // Теория и практика физической культуры. – 2002. – № 8. – С. 2-6. [in English] Volkov N.I., Nikityuk D.B., Ozolin N.G. Intensity of physical exercises and energy metabolism. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2002, no. 8, pp. 2-6. (in Russ.)
11. Сонькин, В.Д. Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе / В.Д. Сонькин, Н.В. Тамбовцева. – М.: Советский спорт, 2010. – 280 с. [in English] Sonkin V.D., Tambovtseva N.V. Development of muscle energetics and performance in ontogenesis. Moscow: Soviet Sport, 2010. 280 p. (in Russ.)
12. Волков Н.И. Кислородный запрос и энергетическая стоимость напряженной мышечной деятельности человека / Н.И. Волков, И.А. Савельев // Физиология человека. – 2002. – Т. 28. – № 4. – С. 80-93. [in English] Volkov N.I., Savelev I.A. Oxygen demand and energy cost of intense muscular activity in humans. *Human Physiology*, 2002, vol. 28, no. 4, pp. 80-93. (in Russ.)
13. Король, В.М. Интенсивность накопления пульсового долга как критерий оценки анаэробной работоспособности / В.М. Король, В.Д. Сонькин, Л.И. Ратушная // Теория и практика физической культуры. – 1985. – № 10. – С. 12-15. [in English] Korol V.M., Sonkin V.D., Ratushnaya L.I. Intensity of pulse debt accumulation as a criterion for assessing anaerobic performance. *Theory and Practice of Physical Culture*, 1985, no. 10, pp. 12-15. (in Russ.)
14. Удельная интенсивность физиологических затрат при циклической работе различной мощности / А.В. Козлов, А.В. Ваваев, А.В. Якушкин [и др.] // Физиология человека. – 2022. – Т. 48. – № 1. – С. 18-25. [in English] Kozlov A.V., Vavaev A.V., Yakushkin A.V. et al. Specific intensity of physiological costs during cyclic operation of different power. *Human Physiology*, 2022, vol. 48, no. 1, pp. 18-25. (in Russ.)
15. Driss, T. The measurement of maximal (anaerobic) power output on a cycle ergometer: a critical review / T. Driss, H. Vandewalle // BioMed Research International. – 2013. – Vol. 2013. – P. 589361. DOI: 10.1155/2013/589361.
16. Banister, E.W. Modeling elite athletic performance / E.W. Banister // Physiol Behav. – 1991. – Vol. 347. – P. 403-422.
17. Morton, R.H. Modeling human performance in running / R.H. Morton, J.R. Fitz-Clarke, E.W. Banister // Journal of Applied Physiology. – 1990. – Vol. 69. – No. 3. – P. 1171-1177. DOI: 10.1152/jappl.1990.69.3.1171.
18. Buchheit, M. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis / M. Buchheit, P.B. Laursen // Sports Medicine. – 2013. – Vol. 43. – No. 5. – P. 313-338. DOI: 10.1007/s40279-013-0029-x.
19. Methods of monitoring the training and match load and their relationship to changes in fitness in professional youth soccer players / I. Akubat, E. Patel, S. Barrett, G. Abt // Journal of Sports Sciences. – 2012. – Vol. 30. – No. 14. – P. 1473-1480. DOI: 10.1080/02640414.2012.712711.
20. Edwards, S. The Heart Rate Monitor Book / S. Edwards. – Polar CIC, 1993. – 170 p.
21. Relation between Individualized Training Impulses and Performance in Distance Runners / V. Manzi, F. Iellamo, F. Impellizzeri [et al.] // Medicine and Science in Sports and Exercise. – 2009. – Vol. 41. – No. 11. – P. 2090-2096. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181a6a959.
22. A new approach to monitoring exercise training / C. Foster, J.A. Florhaug, J. Franklin [et al.] // Journal of Strength and Conditioning Research. – 2001. – Vol. 15. – No. 1. – P. 109-115.
23. Understanding Training Load as Exposure and Dose / F.M. Impellizzeri, I. Shrier, S.J. McLaren [et al.] // Sports Medicine. – 2023. – Vol. 53. – No. 9. – P. 1667-1679. DOI: 10.1007/s40279-023-01833-0.
24. Exercise dose, exercise adherence, and associated health outcomes in the TIGER study / F.L. Miller, D.P. O'Connor, M.P. Herring [et al.] // Medicine and Science in Sports and Exercise. – 2014. – Vol. 46. – No. 1. – P. 69-75. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3182a038b9.
25. Zebrowska, A. Cardiovascular effects of the valsalva maneuver during static arm exercise in elite power lifting athletes / A. Zebrowska, Z. Gasior, D. Jastrzebski // Advances in Experimental Medicine and Biology. – 2013. – Vol. 755. – P. 335-342. DOI: 10.1007/978-94-007-4546-9_42.
26. Зациорский, В.М. Физические качества спортсмена: основы теории и методики воспитания / В.М. Зациорский. – М.: Спорт, 2020. – 320 с. [in English] Zatsiorsky V.M. Physical qualities of an athlete: fundamentals of theory and methodology of development. Moscow: Sport, 2020. 320 p. (in Russ.)
27. Gastin, P.B. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise / P.B.

Gastin // Sports Medicine. – 2001. – Vol. 31. – No. 10. – P. 725-741. DOI: 10.2165/00007256-200131100-00003.
28. Оценка механической работы при выполнении силовых упражнений по ЧСС и потреблению кислорода / Н.И. Аньшаков, Р.В. Тамбовцева, А.В. Козлов [и др.] // Актуальные медико-биологические проблемы спорта и физической культуры: сборник материалов Международной научно-практической конференции (25 февраля 2026 года). – Часть 1. – С. 84-89. [in English] Anshakov N.I., Tambovtseva R.V., Kozlov A.V. et al. Evaluation of mechanical work during strength exercises based on heart rate and oxygen consumption. Current Medical and Biological Problems of Sports and Physical Culture: collection of materials of the International Scientific and Practical Conference (February 25, 2026), part 1, pp. 84-89. (in Russ.)
29. Borresen, J. The quantification of training load, the training response and the effect on performance / J. Borresen, M.I. Lambert // Sports Medicine. – 2009. – Vol. 39. – No. 9. – P. 779-795. DOI: 10.2165/11317780-000000000-00000.
30. Testosterone physiology in resistance exercise and training: the up-stream regulatory elements / J.L. Vingren, W.J. Kraemer, N.A. Ratamess [et al.] // Sports Medicine. – 2010. – Vol. 40. – No. 12. – P. 1037-1053. DOI: 10.2165/11536910-000000000-00000.
31. Velloso, C.P. Regulation of muscle mass by growth hormone and IGF-I / C.P. Velloso // British Journal of Pharmacology. – 2008. – Vol. 154. – No. 3. – P. 557-568. DOI: 10.1038/bjp.2008.153.
32. Clarkson, P.M. Exercise-induced muscle damage in humans / P.M. Clarkson, M.J. Hubal // American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation. – 2002. – Vol. 81. – No. 11. – P. S52-S69. DOI: 10.1097/00002060-200211001-00007.
33. Schoenfeld, B.J. Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training / B.J. Schoenfeld // Sports Medicine. – 2013. – Vol. 43. – No. 3. – P. 179-194. DOI: 10.1007/s40279-013-0017-1.
34. Pedersen, B.K. Adolph distinguished lecture: muscle as an endocrine organ: IL-6 and other myokines / B.K. Pedersen, F. Edward // Journal of Applied Physiology. – 2009. – Vol. 107. – No. 4. – P. 1006-1014. DOI: 10.1152/japplphysiol.00734.2009.
35. Febbraio, M.A. Contraction-induced myokine production and release: is skeletal muscle an endocrine organ? / M.A. Febbraio, B.K. Pedersen // Exercise and Sport Sciences Reviews. – 2005. – Vol. 33. – No. 3. – P. 114-119. DOI: 10.1097/00003677-200507000-0000.
36. Tidball, J.G. Mechanisms of muscle injury, repair, and regeneration / J.G. Tidball // Comprehensive Physiology. – 2011. – Vol. 1. – No. 4. – P. 2029-2062. DOI: 10.1002/cphy.c100092.
37. Schmidt, W. Impact of alterations in total hemoglobin mass on VO_2max / W. Schmidt, N. Prommer // Exercise and Sport Sciences Reviews. – 2005. – Vol. 33. – No. 2. – P. 68-75. DOI: 10.1097/JES.0b013e3181d4957a.
38. Interleukin-6 Is an Essential Regulator of Satellite Cell-Mediated Skeletal Muscle Hypertrophy / A.L. Serrano, B. Baeza-Raja, E. Perdiguero [et al.] // Cell Metabolism. – 2008. – Vol. 7. – No. 1. – P. 33-44.
39. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science / V.L. Billat, P. Sirvent, G. Py [et al.] // Sports Medicine. – 2003. – Vol. 33. – No. 6. – P. 407-426. DOI: 10.2165/00007256-200333060-00003.
40. Heck, H. The origin of the maximal lactate steady state (MLSS) / H. Heck, H. Wackerhage // BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation. – 2024. – Vol. 16. – No. 1. – P. 36. DOI: 10.1186/-s13102-024-00827-3.
41. Бреслав, И.С. Дыхание и мышечная активность человека в спорте / И.С. Бреслав, Н.И. Волков, Р.В. Тамбовцева. – М.: Советский спорт, 2013. – 336 с. [in English] Breslav I.S., Volkov N.I., Tambovtseva R.V. Breathing and muscle activity in sports. Moscow: Sovetskij Sport, 2013. 336 p. (in Russ.)
42. Raven, P.B. Arterial baroreflex resetting during exercise: a current perspective / P.B. Raven, P.J. Fadel, S. Ogoh // Experimental Physiology. – 2006. – Vol. 91. – No. 1. – P. 37-49. DOI: 10.1113/expphysiol.2005.032250.
43. Tucker, W.J. Excess Postexercise Oxygen Consumption After High-Intensity and Sprint Interval Exercise / W.J. Tucker, S.S. Angadi, G.A. Gaesser // Journal of Strength and Conditioning Research. – 2016. – Vol. 30. – No. 11. – P. 3090-3097. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001399.
44. Исследование взаимосвязи пульсометрических индикаторов и концентрации лактата в крови в зависимости от режима выполнения силового упражнения / Н.И. Аньшаков, Р.В. Тамбовцева, Г.А. Хайретдинова, А.В. Козлов // Спорт – дорога к миру между народами: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. – Москва, 2025. – С. 14–18. [in English] Anshakov N.I., Tambovtseva R.V., Khajretdinova G.A., Kozlov A.V. Study of the relationship between pulse indicators and blood lactate concentration depending on the mode of strength exercise. Sport – the Road to Peace between People: materials of the IX International Scientific and Practical Conference. Moscow, 2025. pp. 14-18. (in Russ.)
45. Schoenfeld, B.J. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training / B.J. Schoenfeld // Journal of Strength and

Conditioning Research. – 2010. – Vol. 24. – No. 10. – P. 2857-2872. DOI: 10.1519/JSC.0b0 13e3181e840f3.
46. González-Badillo, J.J. Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training / J.J. González-Badillo, L. Sánchez-Medina // International Journal of Sports Medicine. – 2010. – Vol. 31. – No. 5. – P. 347-352. DOI: 10.1055/s-0030-1248333.
47. Биохимия мышечной деятельности / Н.И. Волков, Э.Н. Несен, А.В. Осипенко, С.Н. Корсун. – Киев: Олимпийская литература, 2000. – 504 с. [in English] Volkov N.I., Nesen E.N., Osipenko A.V., Korsun S.N. Biochemistry of muscle activity. Kiev: Olimpijskaya literatura, 2000. 504 p. (in Russ.)
48. A muscle physiology-based framework for quantifying training load in resistance exercises / F. Imbach, S. Perrey, T. Brioche, R. Candau // Sports. – 2025. – Vol. 13. – No. 1. – P. 13. DOI: 10.3390/-sports13010013.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Николай Иванович Аньшаков – аспирант кафедры биохимии и биоэнергетики спорта РУС «ГЦОЛИФК», Москва, e-mail: anshakov.nikolya@mail.ru.
Ритта Викторовна Тамбовцева – доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой «Биохимии и биоэнергетики спорта им. Н.И. Волкова», РУС «ГЦОЛИФК», Москва, e-mail: ritta7@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Nikolaj I. Anshakov – Postgraduate Student of the Department of Biochemistry and Bioenergy of Sports, Russian University of Sport "GTSOLIFK", Moscow, e-mail: anshakov.nikolya@mail.ru.
Ritta V. Tambovtseva – Doctor of Biological Sciences, Professor. Head of the Department of Biochemistry and Bioenergy of Sports named after N.I. Volkov, Russian University of Sport "GTSOLIFK", Moscow, e-mail: ritta7@mail.ru.

Для цитирования: Аньшаков, Н.И. Научные подходы к анализу и оценке физической нагрузки при выполнении силовых упражнений / Н.И. Аньшаков, Р.В. Тамбовцева // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_1

For citation: Anshakov N.I., Tambovtseva R.V. Scientific approaches to assessing physical loads during strength exercises. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_1

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_2
УДК 612.745.1

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_2
UDC 612.745.1

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЗВЕНЬЕВ ТРАНСПОРТА КИСЛОРОДА К СКЕЛЕТНЫМ МЫШЦАМ, АССОЦИИРОВАННЫЕ С ГЕНЕТИЧЕСКИМ ПРОФИЛЕМ У ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ

О.В. Балберова, Е.В. Быков
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный университет физической культуры», г. Челябинск, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Различия в способности переносить кислород могут быть обусловлены разницей в функциональных возможностях звеньев кислородтранспортной системы, в том числе генетически обусловленных, поэтому исследования были сосредоточены на выявлении ассоциации между звеньями системы и генетическими вариантами, регулирующими сосудистый гомеостаз. ***Методы.*** При выполнении спироэргометрического тестирования с максимальной нагрузкой были получены параметры, характеризующие разные звенья системы транспорта кислорода. Показатели гемодинамики регистрировались с помощью биоимпедансной реографии. Генотипирование проводили методом полимеразной цепной реакции. ***Результаты.*** Генетические варианты, регулирующие сосудистый гомеостаз, могут влиять на вариативность функциональных возможностей звеньев кислородтранспортной системы. ***Заключение.*** Исследование подчеркивает потенциал использования генетической информации для прогнозирования реакции на тренировочные воздействия и реализацию адекватного выбора вида спортивной деятельности.
Ключевые слова: спортсмен, системы транспорта кислорода, система вентиляции, система циркуляции, система тканевого дыхания, гены-кандидаты, регулирующие сосудистый гомеостаз.

FEATURES OF OXYGEN TRANSPORT TO SKELETAL MUSCLES ASSOCIATED WITH THE GENETIC PROFILE OF HIGHLY QUALIFIED ATHLETES

O.V. Balberova, E.V. Bykov
Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Differences in the ability to transport oxygen may be due to differences in the functional capabilities of the oxygen transport system, including those that are genetically determined, so the research focused on identifying associations between the system components and genetic variants that regulate vascular homeostasis. ***Methods.*** When performing a spirometry test with maximum load, parameters were obtained that characterize different links of the oxygen transport system. Hemodynamic indicators were recorded using bioimpedance rheography. Genotyping was performed using polymerase chain reaction. ***Results.*** Genetic variants that regulate vascular homeostasis can affect the variability of the functional capabilities of the oxygen transport system. ***Conclusion.*** The study highlights the potential for using genetic information to predict responses to training and to make appropriate choices for sports activities.
Keywords: athlete, oxygen transport systems, ventilation system, circulation system, tissue respiration system, candidate genes regulating vascular homeostasis.

Введение. В условиях выполнения физической нагрузки критическим фактором, влияющим на скорость образования высокоэнергетических фосфатов, является скорость доставки молекулярного кислорода в мышечные ткани [1]. Ю.С. Ванюшин и соавт. [2] указывают, что «одной из важнейших функциональных систем, способных содействовать получению конечного приспособительного результата, а именно, обеспечить транспорт кислорода к работающим скелетным мышцам, и тем самым, удовлетворить энергетические потребности во время физической нагрузки, является функциональная система транспорта кислорода, представляющая совокупность дыхательной системы и системы кровообращения».

Звенья кислородтранспортной системы представляют собой исполнительные механизмы биоэнергетической производительности, поскольку они преобразуют энергию в механическое движение и включают в себя систему вентиляции (работа внешнего

дыхания), систему циркуляции (циркуляторная производительность сердца) и систему тканевого дыхания (внутриклеточного транспорта кислорода и митохондриального дыхания) [3]. Несмотря на то, что тренировочный процесс играет ключевую роль в развитии биоэнергетических возможностей спортсмена, генетический фактор также лежит в основе индивидуальной вариативности физиологической адаптации и потенциала производительности в беге с разной метаболической направленностью [4]. Варианты генов, регулирующих сосудистый гомеостаз rs4340 гена *ACE*, rs1800875 гена *CMA1B*, rs5810761 гена *BDKRB2*, rs11549465 гена *HIF1A*, rs1042713 гена *ADRB2*, rs699 гена *AGT*, rs5186 гена *AGTR1*, rs1799983 гена *NOS3*, rs2010963 гена *VEGFA* могут влиять на различия в биоэнергетической производительности, а, следовательно, и на способность спортсмена выполнять физические нагрузки в той или иной зоне мощности [5, 6].

Цель исследования – изучить ассоциацию между функционированием звеньев системы транспорта кислорода с носительством генотипов генов-кандидатов, регулирующих сосудистый гомеостаз.

Методы и организация исследования. В исследование включено 74 спортсмена мужского пола (конькобежный спорт, легкоатлеты, лыжные гонки, биатлон), возраст – 19-25 лет, спортивная квалификация – от кандидатов в мастера спорта до мастера спорта международного класса. Проводился контроль однородности групп по основным антропометрическим характеристикам (рост, масса тела и индекса массы тела). Все участники исследования предоставили добровольное информированное согласие. Проведение всех манипуляций с участниками исследования осуществлялось в строгом соответствии с этическими нормами Хельсинкской декларации. В качестве оценочных критериев, определяющих особенности функционирования звеньев транспорта кислорода (система вентиляции, циркуляции и тканевого дыхания), у спортсменов в зависимости от генетического профиля были выбраны значения удельного дыхательного объема (УдДО), частоты сердечных сокращений (ЧСС), ударного объема сердца (УО, мл), сердечного индекса (СИ), индекса эффективности кровообращения (ИЭК), аэробной мощности (АМ), аэробной производительности (АП), анаэробного резерва мощности (АнРМ) и анаэробной мощности или гликолитического предела (оценивали по максимальному значению лактата (La_{max}, ммоль/л), которые были исследованы при выполнении велоэргометрического тестирования (LODE «CORIVAL», Нидерланды) с максимальной нагрузкой (до отказа) с помощью «Способа определения (оценки) физической работоспособности по динамике отношения минутного объема дыхания к мощности возрастающей нагрузки» (Роспатент № 2442797 от 10.05.2012 г.) [7] (табл.). Показатели гемодинамики регистрировались на протяжении всего велоэргометрического тестирования с помощью биоимпедансной реографии («Микролюкс», г. Челябинск). Различия в исследуемых показателях измерялись на пике велоэргометрической нагрузки, а также на субмаксимальных уровнях, такие как первый (аэробный порог) и второй вентиляционные пороги (порог анаэробного обмена – ПАНО), которые сопряжены с переходами в потреблении кислорода, истощении углекислого газа и вентиляции.

Генотипы генов-кандидатов, регулирующих сосудистый гомеостаз (rs4340 гена *ACE*, rs1800875 гена *CMA1B*, rs5810761 гена *BDKRB2*, rs11549465 гена *HIF1A*, rs1042713 гена *ADRB2*, rs699 гена *AGT*, rs5186 гена *AGTR1*, rs1799983 гена *NOS3*, rs2010963 гена *VEGFA*) определяли с помощью набора «TagMan SNP Genotyping Assays» (Applied Biosystems, США) на приборе «StepOne Real-Time PCR System» (Applied Biosystems, США) для полимеразной цепной реакции в реальном времени. Биологические образцы были взяты в виде буккального эпителия с помощью стерильных аппликаторов (WB10 0032, Whatman, США). Геномную ДНК экстрагировали «Набором реагентов для выделения ДНК Diatom™ DNA Prep» (ООО «Лаборатория Изоген», Россия).

Влияние генетического фактора на исследуемые показатели оценивалось с помощью дисперсионного анализа с использованием программного обеспечения IBM

SPSS Statistics (версия 22.0, StatSoft, USA). Для поиска межгрупповых различий при неравных группах сравнения использован критерий Тьюки. В качестве зависимых переменных были выбраны исследуемые показатели (УдДО, ЧСС, УО, СИ, ИЭК, АМ, АП, АнРМ и La_{max}). В качестве независимой переменной выбраны генотипы. Межгрупповые различия признавались как статистически значимые при значении $p<0,05$.

Таблица

Исследуемые параметры, определяющие эффективность функционирования звеньев транспорта кислорода как основных элементов биоэнергетической производительности

Системный уровень	Краткая характеристика исследуемого показателя
Система вентиляции	Удельный дыхательный объем, приведенный к массе тела спортсмена (УдДО, л/мин/Вт) – количество вентилируемого воздуха, необходимое для выполнения единицы работы минутного объема дыхания (МОД, л/мин) / к мощности выполняемой работы (N, Вт)
Система циркуляции	Ударный объем сердца в покое, мл
	Индекс эффективности кровообращения (ИЭК, усл.ед.) – отношение пульсового давления к частоте сердечных сокращений
	Сердечный индекс (СИ, л/(мин • м²)) – отношение минутного объема кровотока / на площадь поверхности тела
	Частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин) на уровне аэробного порога, на уровне порога анаэробного обмена и максимальное значение
	Ватт/пульс (W_{max}/ $ЧСС_{max}$), отражает функциональную экономичность при максимальной мощности нагрузки
Система тканевого дыхания	Аэробная мощность (АМ, Вт/кг массы тела) мощность нагрузки, выполненной за счет аэробного процесса энергообеспечения на 1 кг собственного веса, отражает скорость преобразования энергии в конкретном процессе
	Аэробная производительность (АП, л/мин) – кислородный эквивалент работы (количество поглощенного кислорода из вентилируемого воздуха при выполнении единицы работы)
	Анаэробная мощность – оценивали по концентрации лактата (La_{max}, ммоль/л) в капиллярной крови на пике велоэргометрической нагрузки (гликолитический предел)
	Анаэробный резерв мощности основан на разнице между наблюдаемой пиковой выходной мощностью и максимальной аэробной мощностью (на уровне порога анаэробного обмена), приведенной к массе тела спортсмена

Результаты исследования и их обсуждение. На рисунке представлены статистически значимые взаимосвязи между показателями, характеризующими разные звенья транспорта кислорода (как основные элементы биоэнергетической производительности скелетных мышц) и аллельными генетическими вариантами.

Исследованные однонуклеотидные варианты (ОНВ) / полиморфизмы, кодирующие сосудистый гомеостаз, оказывали влияние на вариативность показателей легочного звена транспорта кислорода на уровне тенденции, статистически значимой ассоциации между показателями $УдДО_{max}$ и носительством исследуемых аллельных генетических вариантов не выявлено.

Параметры, характеризующие циркуляторную производительность миокарда, имели зависимость от носительства аллельных вариантов по следующим ОНВ: показатель Ватт/пульс (W_{max}/$ЧСС_{max}$, отражает функциональную экономичность при максимальной мощности нагрузки), был статистически значимо выше у спортсменов с гомозиготным G/G генотипом rs1799983 гена *NOS3* ($p=0,038$); показатель СИ был статистически значимо ниже у спортсменов с гомозиготным Arg/Arg генотипом rs1042713 гена *ADRB2* ($p=0,011$), а ИЭК был статистически значимо выше у спортсменов с гомозиготным T/T генотипом rs699 гена *AGT* ($p=0,023$).

Параметры, отражающие тканевый метаболический транспорт кислорода, имели зависимость от носительства аллельных вариантов по следующим ОНВ: показатель аэробной мощности был статистически

значимо выше у спортсменов с гомозиготным I/I генотипом rs4340 гена *ACE* (p=0,030), с гомозиготным C/C генотипом rs2010963 гена *VEGFA* (p=0,0081), с гомозиготным C/C генотипом rs11549465 гена *HIF1A* (p=0,036). По остальным ОНВ/полиморфизмам статистически значимых ассоциаций не выявлено.

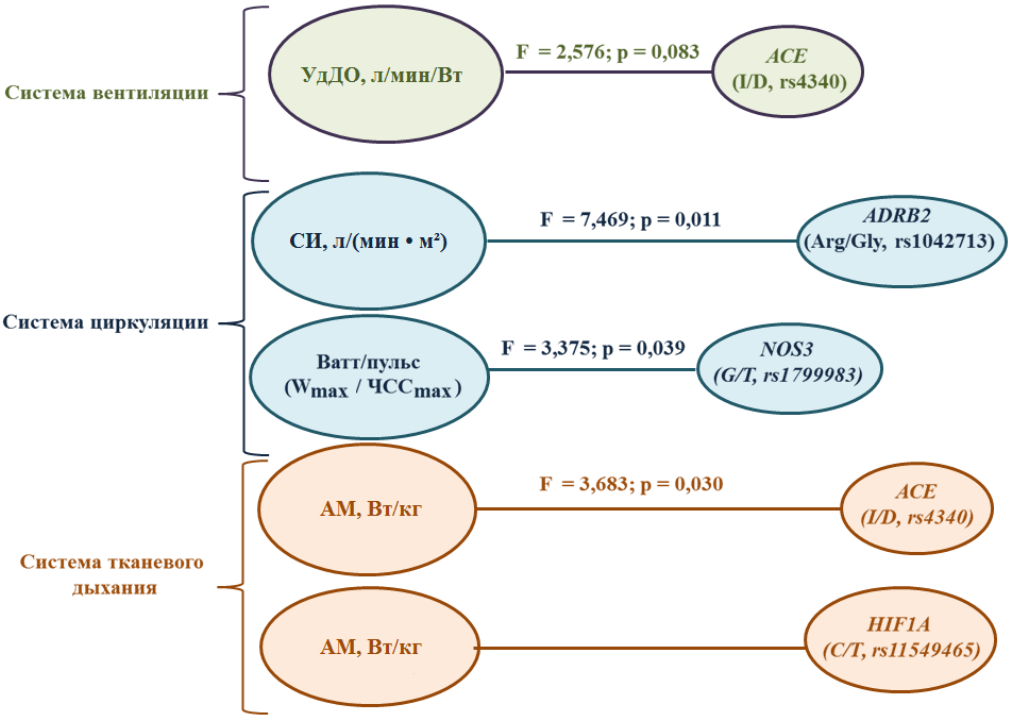


Рис. Взаимосвязь между функционированием звеньев транспорта кислорода и генотипами генов-кандидатов, регулирующих сосудистый гомеостаз

Примечание: УдДО – удельный дыхательный объем; СИ – сердечный индекс; ЧСС – частота сердечных сокращений; АМ – аэробная мощность.

Возможный механизм, лежащий в основе взаимосвязи показателя Ватт/пульс, характеризующего экономичность функционирования системы с ОНВ rs1799983 гена *NOS3*, может быть объяснен возможностью NO оптимизировать соотношение между потреблением кислорода и выработкой энергии. Shen W., et al. на животной модели установили, что регулярные тренировочные стимулы усиливают синтез и высвобождение NO, а также повышают биодоступность NO, «который является сосудорасширяющим средством и обратимо ингибирует утилизацию кислорода в митохондриях скелетных мышц крыс» [8]. Исходя из этого, можно предположить, что недостаточный биосинтез оксида азота вследствие носительства T аллеля rs1799983 гена *NOS3* будет увеличивать поглощение кислорода мышечной тканью в условиях выполнения физической нагрузки, при этом аэробная производительность будет снижаться. Напротив, повышенная активность eNOS (в том числе, в результате носительства G аллеля rs1799983 гена *NOS3*) будет способствовать более экономичному выполнению физических нагрузок за счет высокой концентрации оксида азота и, как следствие, высокой эффективностью аэробного механизма энергообеспечения.

Возможный механизм, лежащий в основе взаимосвязи между показателем сердечного индекса rs1042713 гена *ADRB2*, может быть объяснен «гиперактивностью β2-адренорецепторов у представителей гомозиготного генотипа по аллелю Gly, следствием чего являются более высокие значения ЧСС и более низкие значения ударного объема сердца, а значит, более высокие значения сердечного индекса по сравнению с носителями аллеля Arg» [9].

Возможный механизм, лежащий в основе взаимосвязи между ИЭК и rs699 гена *AGT*, может быть объяснен его важным значением в работе ренин-ангиотензин-альдостероновой системы. Ген ангиотензиногена (*AGT*) кодирует ангиотензиноген – глобулярный гликопротеин, который является

важнейшим предшественником в ренин-ангиотензин-альдостероновой системе. *AGT* характеризуется несколькими ОНВ [10], в том числе rs699 (T/C), который приводит к повышению уровня ангиотензина-2 в плазме крови на 20-30% у носителей аллеля С. Повышенный уровень ангиотензина-2 влияет на ряд физиологических реакций на физическую нагрузку, в том числе на регуляцию артериального давления и особенности кровообращения.

Участие ОНВ rs4340 гена *ACE*, rs2010963 гена *VEGFA*, rs11549465 гена *HIF1A* в метаболизме скелетных мышц подтверждено в нескольких исследованиях. Ген *VEGFA* играет ключевую роль в процессах регуляции ангиогенеза. ОНВ rs2010963 гена *VEGFA*, приводящий к замене цитозина (С) на гуанин (G), повышает активность гена и, соответственно, определяет межиндивидуальные различия в уровне его экспрессии в тканях организма человека, включая скелетные мышцы и миокард. В исследованиях Akhmetov I.I. et al. «носительство минорного аллеля С было статистически значимо ассоциировано со значительным вкладом аэробного метаболизма в энергообеспечение скелетных мышц (по показателю максимального потребления кислорода)», авторы сделали вывод о том, что «ангиогенез является одним из механизмов адаптации скелетной мышечной ткани и миокарда к гипоксии при физических нагрузках, в особенности при спортивных нагрузках на выносливость» [6].

Ангиотензинпревращающий фермент (*ACE*) – это цинк-зависимая металлопептидаза, которая участвует в двух ключевых физиологических процессах: образовании ангиотензина II и расщеплении брадикинина, тем самым играет центральную роль в ренин-ангиотензин-альдостероновой системе, регулирующей артериальное давление и электролитный баланс. При выполнении физических нагрузок происходит потеря жидкости, что приводит к уменьшению объема плазмы и снижению артериального давления, что, в свою очередь, стимулирует активацию ренин-ангиотензин-альдостероновой системы, способствуя задержке натрия и воды и повышению сосудистого сопротивления [11]. Полиморфизм rs4340 (I/D) гена *ACE* был тщательно изучен на предмет его влияния на спортивные результаты [12]. Аллель I ассоциирован со снижением активности АПФ и последовательно связан с повышением показателей выносливости, возможно, из-за улучшения функции эндотелия, большей эндотелий-зависимой вазодилатации. У спортсменов с гомозиготным II генотипом, как правило, наблюдаются повышенное максимальное потребление кислорода и улучшенная кардиореспираторная эффективность. Функциональное преимущество, обеспечиваемое аллелем I, по-видимому, связано с его способностью подавлять экспрессию ангиотензинпревращающего фермента, тем самым снижая уровень ангиотензина II и улучшая перфузию скелетных мышц [4, 6].

Фактор, индуцируемый гипоксией 1 (*HIF1A*) – это фактор транскрипции ДНК, который регулирует транскрипцию множества генов в организме человека в ответ на гипоксические стимулы. Гены, чувствительные к HIF1A, участвуют в процессах эритропоэза, ангиогенеза и метаболизма [13]. Благодаря своей способности регулировать транскрипцию этих генов, *HIF1A* играет роль в долгосрочном гомеостатическом процессе в ответ на гипоксию. Выполнение велоэргометрической нагрузки увеличивает потребность в кислороде, что приводит к локальной гипоксии в работающих скелетных мышцах и к повышению уровня *HIF1A*. Поскольку ОНВ, связанный с заменой нуклеотида С на Т, может влиять на экспрессию и/или структуру мРНК или белка *HIF1A*, это может определять функциональную активность и стабильности белка *HIF1A*, а значит на вариативность фенотипов аэробной производительности, в частности на показатель аэробной мощности, отражающий высокую скорость преобразования энергии в процессе выработки молекул АТФ посредством аэробного окисления.

Заключение. Таким образом, из девяти исследуемых генов – кандидатов, кодирующих сосудистый гомеостаз, к наиболее значимым ОНВ, влияющим на каскад транспорта кислорода к работающим скелетным мышцам и выработку АТФ следует отнести rs1799983 гена *NOS3*, rs1042713 гена *ADRB2*

и rs699 гена *AGT* (p=0,047) как генетические маркеры циркуляторной производительности сердца; а также rs4340 гена *ACE*, rs2010963 гена *VEGFA* rs11549465 гена *HIF1A* (p=0,036) как генетические маркеры, тканевого метаболизма.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Статья подготовлена по результатам НИР в рамках выполнения государственного задания № 777-00029-26-00 «Совершенствование технологий спортивного отбора и выбора спортивной специализации в циклических видах спорта (беговые дисциплины легкой атлетики, конькобежный спорт)».

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Financing. The article was prepared based on the results of research project under the state task No. 777-00029-26-00 “Improvement of Sports Selection Technologies and Selection of Sports Specialization in Cyclic Sports (Track-and-Field Disciplines, Speed Skating)”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Angiotensin-converting enzyme related-polymorphisms on inflammation, muscle and myocardial damage after a marathon race / A.P.R. Sierra, G.H.O. Lima, E.D. da Silva [et al.] // Front Genet. – 2019. – No. 10. – P. 984. DOI: 10.3389/fgene.2019.00984.

2. Ванюшин, Ю.С. Кардиореспираторная система как индикатор функционального состояния организма спортсменов / Ю.С. Ванюшин, Р.Р. Хайруллин // Теория и практика физической культуры. – 2015. – №. 7. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kardiorespiratornaya-sistema-kak-indikator-funktsionalnogo-sostoyaniya-organizma-sportsmenov (дата обращения: 13.03.2026).

3. Genotypic influences on actuators of aerobic performance in tactical athletes / M. Flück, C. Protte, M.N. Giraud [et al.] // Genes (Basel). – 2024. – No. 15(12). – P. 1535. DOI: 10.3390/genes-15121535.

4. Спортивная генетика : монография / под редакцией Н.А. Шнайдер, О.В. Балберовой. – Москва: Русайнс, 2023. – С. 343.

5. Candidate genes of regulation of skeletal muscle energy metabolism in athletes / O.V. Balberova, E.V. Bykov, G.V. Medvedev [et al.] // Genes. – 2021. – No. 12. – P. 1682. DOI: 10.3390/genes-12111682.

6. Genes and athletic performance: an update / I.I. Ahmetov, E.S. Egorova, L.J. Gabdrakhmanova [et al.] // Med Sport Sci. – 2016. – No. 61. – P. 41-54. DOI: 10.1159/000445240.

7. Патент № 2449727 Российская Федерация МПК A61B 5/08 (2006.01). Способ определения (оценки) физической работоспособности по динамике отношения минутного объема дыхания к мощности возрастающей нагрузки : № 2010129628; заявл. 15.07.2010; опубликовано 10.05.2012 / Б.Ф. Вашляев, И.Р. Вашляева, И.Ю. Сазонов.

8. Increased myocardial stiffness activates cardiac microvascular endothelial cell via VEGF paracrine signaling in cardiac hypertrophy / J. Shen, Y. Xie, Z. Liu [et al.] // Journal Mol Cell Cardiol. – 2018. – No. 122. – P. 140-151. DOI: 10.1016/j.yjmcc.2018.08.014.

9. Балберова, О.В. Особенности вегетативной регуляции у спортсменов в зависимости от генотипов rs1042713 гена *ADRB2* / О.В. Балберова, Е.В. Быков // Российский журнал спортивной науки: медицина, физиология, тренировка. – Т. 4. – № 4. – 2025. – С. 6-10. DOI: 10.24412/2782-6570-2025_04_04_1.

10. Toward a multi-trait genetic panel targeting training, rehabilitation, and chronic disease prevention: A Narrative Review / A. Imperatore, C. Mennitti, G. De Fonzo [et al.] // Genes (Basel). – 2025. – No. 16(11). – P. 1309. DOI: 10.3390/genes16111309.

11. The RAAS Goodfellas in cardiovascular system / I. Caputo, G. Bertoldi, G. Driussi [et al.] // Journal Clin Med. – 2023. – No. 12(21). – P. 6873. DOI: 10.3390/jcm12216873.

12. Ассоциация кандидатных генов, регулирующих протеолитические системы крови с эффективностью бега на избранной дистанции / Е.В. Быков, О.В. Балберова, И.Н. Орешкина, Н.В. Макарова // Человек. Спорт. Медицина. – 2025. – Т. 25. – № S1. – С. 52-58. DOI: 10.14529/hsm25s106.

13. Semenza, G.L. HIF-1: mediator of physiological and pathophysiological responses to hypoxia / G.L. Semenza // Journal Appl Physiol. – 2000. – No. 88. – P. 1474-1480. DOI: 10.1152/jappl.2000.88.4.1474.

REFERENCES

1. Sierra A.P.R., Lima G.H.O., da Silva E.D. et al. Angiotensin-converting enzyme related-polymorphisms on inflammation, muscle and myocardial damage after a marathon race. *Front Genet*, 2019, no. 10, p. 984. DOI: 10.3389/fgene.2019.00984.

2. Vanyushin Yu.S., Khajrullin R.R. Cardiorespiratory system as an indicator of functional state of athletes. *Theory and Practice of Physical Culture*,

2015, no. 7. Available at: https://cyberleninka.ru/-article/n/kardiorespiratornaya-sistema-kak-indikator-funktsionalnogo-sostoyaniya-organizma-sportsmenov (accessed 13.03.2026). (in Russ.)
3. Flück M., Protte C., Giraud M.N., Gsponer T., Dössegger A. Genotypic influences on actuators of aerobic performance in tactical athletes. *Genes (Basel)*, 2024, no. 15(12), p. 1535. DOI: 10.3390/genes15121535.
4. Sports genetics. Shnajder N.A., Balberova O.V., ed. Moscow: Rusajns, 2023. p. 343. (in Russ.)
5. Balberova O.V., Bykov E.V., Medvedev G.V. et al. Candidate genes of regulation of skeletal muscle energy metabolism in athletes. *Genes*, 2021, no. 12, p. 1682. DOI: 10.3390/genes12111682.
6. Akhmetov I.I., Egorova E.S., Gabdrakhmanova L.J. et al. Genes and athletic performance: an update. *Med Sport Sci*, 2016, no. 61, p. 41-54. DOI: 10.1159/000445240.
7. Vashlyaev B.F., Vashlyaeva I.R., Sazonov I.Yu. A way to identify (assess) physical performance according to changes in the respiratory minute volume/power of increasing load ratio. Patent for invention RU 2449727 C1, 2012. (in Russ.)
8. Shen J., Xie Y., Liu Z. et al. Increased myocardial stiffness activates cardiac microvascular endothelial cell via VEGF paracrine signaling in cardiac hypertrophy. *Journal Mol Cell Cardiol*, 2018, no. 122, pp. 140-151. DOI: 10.1016/j.yjmcc.-2018.08.014.
9. Balberova O.V., Bykov E.V. Features of autonomic regulation in athletes depending on rs1042713 genotypes of the ADRB2 gene. *Russian Journal of Sports Science: Medicine, Physiology, Training*, 2025, vol. 4, no. 4, pp. 6-10. DOI: 10.24412/2782-6570-2025_04_04_1. (in Russ.)
10. Imperatore A., Mennitti C., De Fonzo G. et al. Toward a multi-trait genetic panel targeting training, rehabilitation, and chronic disease prevention: A Narrative Review. *Genes (Basel)*, 2025, no. 16(11), p. 1309. DOI: 10.3390/genes 16111309.
11. Caputo I., Bertoldi G., Driussi G., Cacciapuoti M., Calò L.A. The RAAS Goodfellas in cardiovascular system. *Journal Clin Med*, 2023, no. 12(21), p. 6873. DOI: 10.3390/jcm12216873.
12. Bykov E.V., Balberova O.V., Oreshkina I.N. Makarova N.V. Association of candidate genes regulating proteolytic systems with running performances at different distances. *Human. Sport. Medicine*, 2025, vol. 25, no. S1, pp. 52-58. DOI: 10.14529/hsm25s106. (in Russ.)
13. Semenza G.L. HIF-1: mediator of physiological and pathophysiological responses to hypoxia. *Journal Appl Physiol*, 2000, no. 88, pp. 1474-1480. DOI: 10.1152/jappl.2000.88.4.1474.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Ольга Владиславовна Балберова – кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник НИИ Олимпийского спорта Уральского государственного университета физической культуры, Челябинск, e-mail: olga-balberova@mail.ru.
Евгений Витальевич Быков – доктор медицинских наук, профессор, профессор каф. спортивной медицины и физической реабилитации, директор НИИ олимпийского спорта, Уральский государственный университет физической культуры, Челябинск, e-mail: bev58@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Olga V. Balberova – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Senior Researcher of the Research Institute of Olympic Sports, Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, e-mail: olga-balberova@mail.ru.
Evgenij V. Bykov – Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of Sports Medicine and Physical Rehabilitation, Head of the Research Institute of Olympic Sports, Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, e-mail: bev58@yandex.ru.

Для цитирования: Балберова, О.В. Особенности функционирования звеньев транспорта кислорода к скелетным мышцам, ассоциированные с генетическим профилем у высококвалифицированных спортсменов / О.В. Балберова, Е.В. Быков // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_2

For citation: Balberova O.V., Bykov E.V. Features of oxygen transport to skeletal muscles associated with the genetic profile of highly qualified athletes. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_2

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_3
УДК 796.92

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_3
UDC 796.92

ИНДЕКС СООТНОШЕНИЯ ЭОЗИНОФИЛОВ И БАЗОФИЛОВ У ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ НА ЭТАПАХ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА

А.С. Бахарева, Д.З. Шибкова
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Адаптация спортсменов к физическим нагрузкам тесно связана с механизмами неспецифической резистентности, ключевую роль в которых играют эозинофилы и базофилы. ***Методы.*** В исследовании участвовали лыжники-гонщики с разным уровнем физической работоспособности: группы «Лидеры» (n=10) и «Резерв» (n=10). Оценивали абсолютное и относительное содержание эозинофилов и базофилов, а также индекс их соотношения. ***Результаты.*** У лидеров индекс соотношения «эозонофилы/базофилы» соответствовал «нормативным» значениям с тенденцией к снижению индекса на 20% к концу подготовительного периода. У группы резерва на начальном базовом этапе подготовки значение индекса было более, чем в 2 раза выше, по сравнению с «лидерами», с последующим его снижением до нормативных показателей. ***Заключение.*** Полученные результаты исследования подтверждают, что соотношение «эозонофилы/базофилы» является интегральным показателем активности противовоспалительного и провоспалительного пула иммунной системы у лыжников-гонщиков.

Ключевые слова: индекс соотношения «эозонофилы/базофилы», биомаркер, модуляция иммунной системы, персонифицированный анализ, квалифицированные лыжники-гонщики, этапы подготовительного периода.

EOSINOPHIL-TO-BASOPHIL RATIO IN CROSS-COUNTRY SKIERS DURING THE PREPARATORY PERIOD

A.S. Bakhareva, D.Z. Shibkova
South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Adaptation of athletes to physical activity is closely related to mechanisms of nonspecific resistance, in which eosinophils and basophils play a key role. ***Methods.*** The study involved cross-country skiers with different levels of physical performance: the “Leaders” group (n=10) and the “Reserve” group (n=10); the absolute and relative counts of eosinophils and basophils, as well as their ratio index, were assessed. ***Results.*** In the Leaders group, the eosinophil-to-basophil ratio corresponded to reference values, with a tendency to decrease by 20% by the end of the preparatory period. In the Reserve group, the eosinophil-to-basophil ratio at the initial baseline stage of training was more than twice as high as in the Leaders group, followed by a subsequent decrease to reference levels. ***Conclusion.*** The obtained results confirm that the eosinophil-to-basophil ratio serves as an integrative indicator of the activity of the anti-inflammatory and proinflammatory pool of the immune system in cross-country skiers.

Keywords: eosinophil-to-basophil ratio, biomarker, immune system modulation, personalized analysis, elite cross-country skiers, preparatory period stages.

Введение. Возможности адаптации организма к физическим нагрузкам ограничивают определенные сочетания показателей иммунной системы, связанные с механизмами неспецифической резистентности при адаптации к мышечной работе. Выяснение принципов дозирования мышечных нагрузок, адекватных состоянию механизмов неспецифической резистентности и иммунореактивности, остается актуальным вопросом спортивной физиологии [1, 2]. Снижение функций иммунной системы является риском не только развития заболеваний для спортсменов, но и снижения спортивных результатов, так как интенсивная мышечная деятельность характеризуется повышенной скоростью повреждения и восстановления клеток и тканей организма. При этом иммунная система обеспечивает реализацию процессов как обезвреживания продуктов распада, так и регенерации – восстановления тканей [3].

Функции эозинофилов (Eo) и базофилов (Ba), которые традиционно ассоциируются с аллергическими реакциями и борьбой с паразитами, в настоящее время смещаются на модуляцию иммунного ответа к восстановлению тканей, что важно для адаптации к стрессу, вызванному физической нагрузкой [4]. Одним из физиологических механизмов, обеспечивающих ускорение процессов восстановления и регенерации мышц, сосудов и дыхательных путей в ответ на физическую нагрузку, является активация Eo и Ba, способствующая формированию долгосрочной адаптации к нагрузкам, повышению выносливости, вегетативному балансу, повышению функциональных возможностей организма спортсмена в условиях регулярных физических нагрузок [5].

Отсутствие прямых исследований соотношения Eo к Ba является значительным пробелом, однако на основе существующих данных предложена перспективная гипотеза: «соотношение Eo/Ba потенциально может служить интегральным показателем активности противовоспалительного и провоспалительного пула иммунной системы у спортсменов». В настоящее время соотношение Eo/Ba не является биомаркером, широко используемым в спортивной физиологии, а для подтверждения гипотезы необходимы целенаправленные лонгитюдные исследования, в которых будет отслеживаться динамика данного соотношения у спортсменов в течение тренировочных микро- и макроциклов [6].

Целью исследования является групповой анализ особенностей соотношения Eo/Ba у квалифицированных лыжников-гонщиков на разных этапах подготовительного периода.

Методы и организация исследования. Исследование проводилось в течение двух подготовительных сезонов: замеры производились в начале базового этапа (май месяц), в конце базового этапа (август месяц) и в конце специально-подготовительного этапа (начало ноября) на базе Института спорта, туризма и сервиса Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральского государственного университета (НИУ)». На основе информированного согласия участников исследования было проведено эргометрическое тестирование, по результатам которого были отобраны лыжники-гонщики (n=20) в возрасте 20,06±2,07 лет. Спортсмены 1-ой группы (n=10, «Лидеры») демонстрировали более высокий уровень работоспособности, а лыжники-гонщики 2-ой группы (n=10, «Резерв») – более низкий уровень работоспособности. Подсчет форменных элементов крови (лейкоцитарной формулы, включая абсолютное и относительное количество Eo и Ba) производился на автоматическом гематологическом анализаторе «Sysmex XN-9000». Показатели Eo и Ba были подвергнуты проверке на нормальность распределения с использованием критерия Шапиро-Уилка (W) и представлены в виде медианы и 25- и 75-й перцентилей, Me [Q1; Q3]. Межгрупповое сравнение проводили с помощью непараметрического U-критерия Манна-Уитни; различия считали статистически значимыми при $p<0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Абсолютный и относительный подсчеты фракций лейкоцитов с использованием аналитических систем гематологического анализа предоставляют исследователю достоверные данные, что обусловлено количеством проанализированных лейкоцитов от 30 до 40 тысяч клеток в каждой пробе по сравнению со 100 клетками при традиционном микроскопическом исследовании. Абсолютное содержание Eo и Ba в крови у лыжников-гонщиков представлено в таблице 1.

Данные, представленные в таблице 1, показывают, что содержание Eo и Ba в крови лыжников-гонщиков на разных этапах подготовительного периода находились в пределах нормативных показателей для квалифицированных спортсменов (0,11±0,09 и 0,04±0,10 соответственно). Содержание Eo в группе резерва было выше, чем в группе лидеров на I-ом и II-ом этапах, при этом статистически значимые различия были зафиксированы на II-ом этапе (42,9%, $p<0,05$). Динамика снижения количества анализируемых клеток лейкоцитарного звена у лыжников-гонщиков по этапам подготовительного периода имела одинаковую направленность: у лидеров содержание Eo снизилось на 30,0% ($p>0,05$) на II-ом этапе по сравнению с I-ым с дальнейшей стабилизацией;

в группе резерва снижение составило 46,2% ($p<0,05$) относительно начала базового этапа к концу подготовительного периода. Содержание абсолютного количества Ba на начальном этапе подготовки в группе лидеров было в 2 раза выше, чем в группе резерва ($p<0,05$). Далее нами был определен индекс соотношения клеток лейкоцитарного звена Eo/Ba как новый биомаркер оценки физиологического механизма, отражающий процессы восстановления и регенерации тканей (табл. 2). Исходя из рекомендаций нормативных диапазонов показателей Eo и Ba [7], индекс Eo/Ba был рассчитан как среднее нормативное значение для квалифицированных спортсменов циклических видов спорта мужского пола (2,75 [0,66; 4,00]).

У лидеров индекс соответствовал оптимальным «нормативным» значениям на этапах подготовки с тенденцией к снижению индекса на 20% к концу подготовительного периода. У спортсменов группы резерва на начальном базовом этапе подготовки значение индекса Eo/Ba было более чем в 2 раза выше за счет большего абсолютного количества Eo и меньшего количества Ba относительно показателей у спортсменов группы лидеров. На следующих этапах подготовительного периода наблюдалось снижение индекса до нормативных показателей.

Таблица 1

Содержание эозинофилов и базофилов в крови у лыжников-гонщиков на этапах подготовительного периода, Me [Q1; Q3], ($10^{*}9$/л)

Группа	I этап	II этап	III этап
Эозинофилы (Eo)			
Лидеры (n=10)	0,10 [0,07; 0,12]	0,07 [0,02; 0,08]	0,08 [0,04; 0,20]
Резерв (n=10)	0,13 [0,07; 0,21]	0,10 [0,06; 0,20]	0,07 [0,05; 0,30]#
P<	–	0,05	–
Базофилы (Ba)			
Лидеры (n=10)	0,04 [0,02; 0,06]	0,03 [0,02; 0,04]	0,04 [0,02; 0,04]
Резерв (n=10)	0,02 [0,02; 0,03]	0,03 [0,02; 0,04]	0,03 [0,01; 0,04]
P<	0,05	–	–

Примечание: # – внутригрупповые различия между I и III этапами ($p<0,05$).

Таблица 2

Динамика индекса абсолютных показателей Eo/Ba у лыжников-гонщиков на этапах подготовительного периода, Me [Q1; Q3], усл.ед.

Группа	I этап	II этап	III этап
Лидеры (n=10)	2,50 [1,25; 3,25]	2,33 [1,00; 4,33]	2,00 [1,33; 7,50]
Резерв (n=10)	6,50 [2,33; 8,50]*	3,33 [2,00; 5,67]	2,33 [1,67; 5,67]#
P<	0,01	–	–

Примечание: * – внутригрупповые различия между I и II этапами ($p<0,01$); # – внутригрупповые различия между I и III этапами ($p<0,01$).

Изменения абсолютных количественных показателей клеток лейкоцитарного звена на этапах подготовительного периода могут сочетаться с различными вариантами их относительной доли. В таблице 3 представлены относительные значения содержания Eo и Ba в крови у обследованных лыжников-гонщиков.

Данные, представленные в таблице 3, показывают, что процентное содержание Eo и Ba в крови лыжников-гонщиков на разных этапах подготовительного периода находились в пределах нормативных показателей для квалифицированных спортсменов (2,12±1,49 и 0,40±0,26 соответственно). Относительные показатели Eo у спортсменов группы резерва на всех этапах были выше, чем в группе лидеров соответственно на 44,7% ($p<0,05$) – 19,8% ($p>0,05$) – 10% ($p>0,05$) по этапам подготовительного периода. В обеих группах спортсменов от I-го ко II-ому этапу подготовки относительное Eo снижалось: у лидеров – на 23,2% ($p>0,05$), а у группы резерва – на 36,4% ($p<0,05$) и далее практически не изменялось.

Таблица 3

Динамика процентного содержания отдельных форм лейкоцитов в крови лыжников-гонщиков на этапах подготовительного периода, Me [Q1; Q3], %

Группа	I этап	II этап	III этап
Эозинофилы (Eo)			
Лидеры (n=10)	1,90 [1,35; 2,40]	1,46 [0,57; 2,55]	1,50 [0,75; 3,55]
Резерв (n=10)	2,75 [1,35; 3,62]*	1,75 [1,05; 3,12]	1,65 [1,22; 4,92]
P<	0,05	–	–
Базофилы (Ba)			
Лидеры (n=10)	0,80 [0,35; 1,20]*	0,56 [0,42; 0,90]	0,60 [0,35; 0,70]
Резерв (n=10)	0,40 [0,32; 0,62]*	0,60 [0,52; 0,90]	0,65 [0,30; 0,77]
P<	0,05	–	–

Примечание: * – внутригрупповые различия между I и II этапами (p<0,05).

Анализ доли Ba в крови у спортсменов выявил разнонаправленные изменения: у группы лидеров – снижение показателя от I-го ко II-ому этапу на 30% (p<0,05), а у спортсменов группы резерва – повышение на 50% (p<0,05). Динамика изменения относительного содержания Eo и Ba на этапах подготовительного периода отразилась на значениях индекса Eo/Ba.

Расчетные индексы соотношения относительной доли Eo/Ba у обследованных лыжников-гонщиков представлены в таблице 4.

Динамика индекса Eo/Ba характеризовалась исходным доминированием содержания Eo у спортсменов группы резерва (превышение в 2,9 раза относительно лидеров), которое в процессе подготовительного периода снижалось на 57,6% (p<0,01) ко II-му этапу и на 63,1% (p<0,01) к III-му этапу, достигая к концу наблюдения значений, сопоставимых с группой лидеров. У спортсменов группы лидеров индекс Eo/Ba сохранял стабильность на протяжении всего подготовительного периода (колебания в пределах ±10% от исходного уровня).

Разнонаправленная динамика Eo и Ba позволила выявить различия в характере иммунного ответа у спортсменов с разным уровнем работоспособности, что нашло свое выражение в динамике индекса соотношения Eo/Ba.

Таблица 4

Динамика индекса процентного содержания Eo/Ba у лыжников-гонщиков на этапах подготовительного периода, Me [Q1; Q3], усл.ед.

Группа	I этап	II этап	III этап
Лидеры (n=10)	2,38 [1,80; 3,20]	2,61 [1,90; 4,00]	2,50 [1,70; 5,00]
Резерв (n=10)	6,88 [5,50; 8,50]*	2,92 [2,20; 4,00]	2,54 [1,80; 4,00]#
P<	0,01	–	–

Примечание: * – внутригрупповые различия между I и II этапами (p<0,01); # – внутригрупповые различия между I и III этапами (p<0,01).

Системные физические нагрузки не подавляют, а перестраивают иммунную систему, делая ее более эффективной в контроле и регуляции. «Адаптационный эффект» в ответ на физические нагрузки включает сдвиги в сторону противовоспалительного фенотипа, что подтверждает возможную роль Ba и Eo в этом процессе [6, 8]. Механизм противовоспалительного действия и восстановления тканей в ответ на физическую нагрузку с участием Eo реализуется через медиаторы (интерлейкин 5, гранулоцитарно-макрофагальный колониестимулирующий фактор, эотаксин) и секрецию противовоспалительных цитокинов (трансформирующий фактор роста бета, интерлейкин 10), которые ограничивают чрезмерное воспаление, вызванное микроповреждениями в мышцах, легких и сосудах. Eo продуцируют фактор роста эндотелия сосудов и фактор роста фибробластов, что способствует образованию новых сосудов и восстановлению мышечной ткани [9]. Кроме того, установлено, что Eo способствуют трансформации жировой ткани, являясь ключевым источником интерлейкина 4, повышают энергообеспечение при длительных нагрузках, поддерживая

метаболический гомеостаз. Важную роль Ео играют и в профилактике бронхоспазма, индуцированного физической нагрузкой, повышая эффективность газообмена [10].

Была показана роль Ва в адаптации к физической нагрузке как мощных и быстрых источников регуляторных цитокинов интерлейкина 4 и интерлейкина 13, играющих центральную роль в модуляции иммунного ответа в сторону Th2-типа с противовоспалительными и восстанавливающими свойствами [11]. Способность Ва активироваться различными неспецифическими стимулами указывает на то, что они могут участвовать в модуляции иммунитета в ответ на комплексный стресс (физическая нагрузка, психологическое напряжение, контакт с патогенами), направляя его в русло, способствующее адаптации, что уравновешивает провоспалительный ответ, вызванный интенсивной тренировкой [12].

Заключение. Проведенное исследование подтвердило, что соотношение Ео/Ва является интегральным показателем активности противовоспалительного и провоспалительного пула иммунной системы у лыжников-гонщиков в подготовительном периоде. Активация Ео и Ва способствует формированию долгосрочной адаптации к нагрузкам, повышению выносливости, вегетативному балансу, повышению функциональных возможностей организма спортсмена [13].

Ключевое различие между группами было установлено в исходном иммунном статусе: у спортсменов группы резерва индекс Ео/Ва на I-ом этапе в 2,9 раза превышал показатель лидеров, что отражает более напряженный характер адаптационных процессов и требует значительной перестройки гранулоцитарного звена. У лидеров, напротив, индекс сохранял стабильность на всех этапах, что свидетельствует о сбалансированной адаптации иммунной системы.

Полученные данные согласуются с современными представлениями о роли Ео и Ва в модуляции восстановительных процессов, энергообеспечении и регуляции вегетативного баланса [14]. Динамика индекса Ео/Ва может рассматриваться как информативный критерий эффективности адаптации и функциональной готовности организма спортсменов.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Smith, L.L. Cytokine hypothesis of overtraining: a physiological adaptation to excessive stress? / L.L. Smith // Medicine & Science in Sports & Exercise. – 2000. – Vol. 32. – No. 2. – P. 317-331.
2. Колупаев, В.А. Кластерный анализ иммунограммы обучающихся с разным уровнем двигательной активности / В.А. Колупаев, С.Л. Сашенков, Н.В. Котова // Российский иммунологический журнал. – 2025. – Т. 28. – № 3. – С. 861-866.
3. Иванчикова, Н.Н. Особенности иммунного статуса спортсменов (обзор литературы) / Н.Н. Иванчикова, Н.В. Шераш // Прикладная спортивная наука. – 2021. – Т. 14. – № 2. – С. 91-96.
4. The Effects of Exercise on Immune System: Response, Adaptation and Cell Signaling / R. Terra, S.A.G. Silva, V.S. Pinto, P.M.L. Dutra // Revista Brasileira de Medicina do Esporte. – 2017. – Vol. 23. – No. 3. – P. 239-245.
5. Brescia, G. Blood Eosinophilic and Basophilic Trends in Recurring and Non-Recurring Eosinophilic Rhinosinusitis With Nasal Polyps / G. Brescia, G. Contro, G. Marioni // American Journal of Rhinology & Allergy. – 2021. – Vol. 35. – No. 3. – P. 295-302.
6. Campbell, J.P. Debunking the Myth of Exercise-Induced Immune Suppression: Redefining the Impact of Exercise on Immunological Health Across the Lifespan / J.P. Campbell, J.E. Turner // Frontiers in Immunology. – 2018. – Vol. 9. – P. 648.
7. Оценка и интерпретация биохимических показателей высококвалифицированных спортсменов в ходе тренировочно-спортивной деятельности / А.С. Самойлов, С.М. Разинкин, Е.В. Голобородько [и др.]; под ред. проф. В.В. Уйба. – М.: ФМБА России, 2018. – 40 с.
8. Миокины как фактор физиологического воспаления / Л.В. Капилевич, А.Н. Захарова, К.Г. Милованова [и др.] // Достижения фундаментальной науки-практической медицине: сб. материалов Всерос. конф. с междунар. участием, посвящ. 50-летию мед.-биол. фак. – Томск: Изд-во СибГМУ, 2025. – С. 100-102.
9. The role of immune cells in therapeutic angiogenesis: Concepts in tissue engineering / Z. Azari, S. Gorgani, S.A. Hosseini [et al.] // Current Opinion in Biomedical Engineering. – 2023. – Vol. 28. – P. 100470.
10. Rankin, L.C. Beyond Host Defense: Emerging Functions of the Immune System in Regulating Complex Tissue Physiology / L.C. Rankin, D. Artis // Cell. – 2018. – Vol. 173. – P. 554-567.
11. Falcone, F.H. The Human Basophil: A New Appreciation of Its Role in Immune Responses / F.H.

Falcone, H. Haas, B.F. Gibbs // Blood. – 2000. – Vol. 96. – No. 13. – P. 4028-4038.
12. Гришенков, И.В. Гистамин и блокаторы гистаминовых рецепторов: механизм действия, клинические эффекты / И.В. Гришенков, А.Ю. Искусных // Современные проблемы естественных наук и фармации: сборник статей Всероссийской научной конференции (Йошкар-Ола, 16-19 мая 2023 года). – Йошкар-Ола: Марийский государственный университет, 2023. – С. 332-335.
13. Кутукова, Н.А. Холинергическая модуляция секреторной функции тучных клеток / Н.А. Кутукова, А.В. Полевщиков // Иммунология. – 2025. – Т. 46. – № 1. – С. 6-15.
14. Nieman, D.C. Exercise immunology: Future directions / D.C. Nieman, B.D. Pence // Journal of Sport and Health Science. – 2020. – Vol. 9. – No. 5. – P. 432-445.

REFERENCES

1. Smith L.L. Cytokine hypothesis of overtraining: a physiological adaptation to excessive stress? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2000, vol. 32, no. 2, pp. 317-331.
2. Kolupaev V.A., Sashenkov S.L., Kotova N.V. Cluster analysis of immunograms of trainees with different levels of motor activity. *Russian Journal of Immunology*, 2025, vol. 28, no. 3, pp. 861-866. (in Russ.)
3. Ivanchikova N.N., Sherash N.V. Features of the immune status of athletes (review of literature). *Applied Sports Science*, 2021, vol. 14, no. 2, pp. 91-96. (in Russ.)
4. Terra R., Silva S.A.G., Pinto V.S., Dutra P.M.L. The effects of exercise on immune system: response, adaptation and cell signaling. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 2017, vol. 23, no. 3, pp. 239-245.
5. Brescia G., Contro G., Marioni G. Blood eosinophilic and basophilic trends in recurring and non-recurring eosinophilic rhinosinusitis with nasal polyps. *American Journal of Rhinology & Allergy*, 2021, vol. 35, no. 3, pp. 295-302.
6. Campbell J.P., Turner J.E. Debunking the myth of exercise-induced immune suppression: redefineing the impact of exercise on immunological health across the lifespan. *Frontiers in Immunology*, 2018, vol. 9, p. 648.
7. Samojlov A.S., Razinkin S.M., Goloborod'ko E.V. et al. The evaluation and interpretation of biochemical indicators in skilled athletes during training and sports activities. Moscow: FMBA of Russia, 2018, 40 p. (in Russ.)
8. Kapilevich L.V., Zakharova A.N., Milovanova K.G. et al. Myokines as a factor of physiological inflamemation. In: Achievements of Fundamental Science – Practical Medicine: Proceedings of the All-Russian Conference with International Participation Dedicated to the 50th Anniversary of the Faculty of Medicine and Biology. Tomsk: Siberian State Medical University Publishing House, 2025. pp. 100-102. (in Russ.)
9. Azari Z., Gorgani S., Hosseini S.A. et al. The role of immune cells in therapeutic angiogenesis: concepts in tissue engineering. *Current Opinion in Biomedical Engineering*, 2023, vol. 28, p. 100470.
10. Rankin L.C., Artis D. Beyond host defense: emerging functions of the immune system in regulating complex tissue physiology. *Cell*, 2018, vol. 173, pp. 554-567.
11. Falcone F.H., Haas H., Gibbs B.F. The human basophil: a new appreciation of its role in immune responses. *Blood*, 2000, vol. 96, no. 13, pp. 4028-4038.
12. Grishenkov I.V., Iskusnykh A.Yu. Histamine and histamine receptor blockers: mechanism of action, clinical effects. In: Modern Problems of Natural Sciences and Pharmacy: Proceedings of the All-Russian Scientific Conference (Yoshkar-Ola, May 16–19, 2023). Yoshkar-Ola: Mari State University, 2023, pp. 332-335. (in Russ.)
13. Kutukova N.A., Polevshchikov A.V. Cholinergic modulation of mast cells. *Immunologiya*, 2025, vol. 46, no. 1, pp. 6-15. (in Russ.)
14. Nieman D.C., Pence B.D. Exercise immunology: future directions. *Journal of Sport and Health Science*, 2020, vol. 9, no. 5, pp. 432-445.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Анастасия Сергеевна Бахарева – доцент кафедры спортивного совершенствования Южно-Уральского государственного университета, Челябинск, e-mail: bakharevaas@susu.ru, ORCID: 0000-0003-0518-7751.
Дарья Захаровна Шибкова – главный научный сотрудник центра спортивной науки Южно-Уральского государственного университета, Челябинск, e-mail: shibkova2006@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8583-6821.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Anastasia S. Bakhareva – Associate Professor of the Department of Sports Perfection, South Ural State University, e-mail: bakharevaas@susu.ru, ORCID: 0000-0003-0518-7751.
Daria Z. Shibkova – Chief Researcher of the Sports Science Center, South Ural State University, Chelyabinsk, e-mail: shibkova2006@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8583-6821.

Для цитирования: Бахарева, А.С. Индекс соотношения эозинофилов и базофилов у лыжников-гонщиков на этапах подготовительного периода / А.С. Бахарева, Д.З. Шибкова // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_3

For citation: Bakhareva A.S., Shibkova D.Z. Eosinophil-to-basophil ratio in cross-country skiers during the preparatory period. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_3

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_4
УДК 616-092.19:57.043

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_4
UDC 616-092.19:57.043

ИНТЕРВАЛЬНАЯ НОРМОБАРИЧЕСКАЯ ГИПОКСИЯ: ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ, СИСТЕМНЫЕ ЭФФЕКТЫ И ТЕРАПЕВТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

И.Х. Борукаева, Т.Б. Кипкеева, А.Г. Шокуева, А.А. Молов, Ф.В. Шаваева
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», г. Нальчик, Россия

Аннотация. ***Введение.*** В условиях современной цивилизации стресс и экологические факторы способствуют распространению неинфекционных заболеваний, что требует поиска естественных методов адаптации, терапии и реабилитации. ***Методы.*** Проанализирована научная литература последних 15 лет из Google Scholar, КиберЛенинки, eLibrary.ru, PubMed и др., изучены механизмы адаптации к гипоксии. ***Результаты.*** Установлено, что нормобарическая интервальная гипоксия активирует цепь реакций. Ключевую роль играет индуцируемый гипоксией фактор-1 и другие стресс-зависимые транскрипционные факторы, запускающие регуляторные каскады, приводящие к усилению эритропоэза, активации ангиогенеза с улучшением перфузии тканей, оптимизация митохондриального биогенеза, стимуляция антиоксидантной защиты, улучшение кардиореспираторной функции, благоприятные метаболические сдвиги. ***Заключение.*** Таким образом, нормобарическая гипоксия повышает резистентность организма и корректирует нарушения, связанные с болезнями цивилизации.
Ключевые слова: гипоксия, нормобарическая гипоксическая интервальная тренировка, адаптация.

INTERVAL NORMOBARIC HYPOXIA: PHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF ADAPTATION, SYSTEMIC EFFECTS AND THERAPEUTIC POTENTIAL (LITERATURE REVIEW)

I.Kh. Borukaeva, T.B. Kipkeeva, A.G. Shokueva, A.A. Molov, F.V. Shavaeva
Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik, Russia

Abstract. ***Introduction.*** In the context of modern civilization, stress and environmental factors contribute to the spread of non-communicable diseases, which requires the search for natural methods of adaptation, therapy and rehabilitation. ***Methods.*** The scientific literature of the last 15 years from Google Scholar, CyberLeninka, eLibrary.ru, PubMed, etc. was analyzed, the mechanisms of adaptation to hypoxia were studied. ***Results.*** It has been established that normobaric interval hypoxia triggers a chain of reactions. The key role is played by the heterodimeric transcription factor hypoxia induced factor-1 and its regulatory cascades, leading to increased erythropoiesis and increased oxygen transport capacity of blood, activation of angiogenesis with improved tissue perfusion, optimization of mitochondrial and cardiorespiratory function, stimulation of antioxidant protection, favorable metabolic shifts. ***Conclusion.*** Thus, normobaric hypoxia increases the body's resistance and corrects disorders associated with the diseases of civilization.
Keywords: hypoxia, normobaric hypoxic interval training, adaptation.

Введение. На сегодняшний день сохранение здоровья и увеличение продолжительности жизни являются первостепенными задачами для всего международного медицинского научного сообщества, включающего исследователей в области фундаментальной и прикладной медицины, биологии, фармакологии, молекулярной биологии, физиологии, биохимии и т.д. Современные реалии характеризуются высокой динамикой развития технологий, социальных процессов и экономических отношений. Все это предъявляет высокие требования к адаптивным ресурсам человека, вынуждая его находиться в состоянии повышенной активности для реализации множества поставленных перед ним целей. Ускорившийся темп жизни создает постоянное напряжение, которое в итоге проявляется в виде хронического стресса. Это привело к тому, что появился целый ряд заболеваний, получивших название «болезни цивилизации». К ним относятся хронические неинфекционные

патологии, связанные с болезнями сердечно-сосудистой системы, метаболическим синдромом, депрессивными, эндокринными расстройствами и многое другое. Установлено, что хронический стресс негативно сказывается на здоровье и сокращает продолжительность жизни, нередко превышая влияние генетической предрасположенности. В связи с этим возникает потребность в поиске эффективных методов адаптации организма к неблагоприятным внешним условиям, вызванным повышенным уровнем стресса. Данные методы должны быть надежным инструментом профилактики, лечения и, при необходимости, медицинской реабилитации. Одним из перспективных подходов в этой области является нормобарическая гипоксия, которая открывает новые возможности в профилактике и лечении различных заболеваний. Это немедикаментозный и неинвазивный метод, основанный на повторяющихся кратковременных воздействиях на организм воздуха с пониженным содержанием кислорода, чередующихся с периодами нормоксии.

Цель работы: провести теоретическое исследование современных научных публикаций, посвященных физиологическим и молекулярным механизмам адаптации к интервальной нормобарической гипоксии, а также оценить ее терапевтический потенциал в профилактике и лечении неинфекционных заболеваний.

Методы и организация исследований. Анализ и обобщение данных из современных научных публикаций, посвященных физиологическим и молекулярным механизмам адаптации к интервальной нормобарической гипоксии, с использованием международных и российских академических ресурсов.

Результаты исследования и обсуждение. Первые письменные упоминания о гипоксической терапии восходят к временам Гиппократа (430-370 гг. до н.э), который рекомендовал пациентам жить на умеренной высоте. Путешественник Марко Поло (1254-1324) также отмечал, что жители Азии, когда они были больны, ехали в горы, чтобы восстановиться [1]. Эти и другие наблюдения за адаптацией жителей высокогорья на протяжении длительного времени способствовали росту интереса в научном сообществе к исследованиям в области гипоксии, которые активно проводились учеными разных стран. В частности, значительный вклад в изучение гипоксии внесли советские ученые, такие как Н.Н. Сиротинин и его коллеги, создавшие школу «гипоксистов», где изучалось влияние кислородного голодания на организм. Они установили, что по мере развития организма, особенно центральной нервной системы, чувствительность к гипоксии увеличивается, но одновременно развиваются и активные адаптационные механизмы. Человеческий организм наиболее чувствителен к гипоксии, но при этом обладает высокой способностью адаптироваться к дефициту кислорода [2]. Фундаментальный вклад в изучение гипоксии и механизмов адаптации к ней внесла и школа А.З. Колчинской, которая продолжила исследования, начатые Н.Н. Сиротининым. А.З. Колчинская изучала механизмы формирования компенсаторных реакций у спортсменов к гипоксическим нагрузкам в процессе тренировок, влияние гипоксии на детей в онтогенезе и особенности адаптационных реакций у больных бронхиальной астмой [3]. Интервальная гипоксическая тренировка (ИГТ) воспроизводит ключевые элементы адаптации к высотной гипоксии, но в более контролируемых и безопасных условиях, что делает ее перспективным инструментом для медицины, спорта и профилактики [4]. Этот подход позволяет организму постепенно приспосабливаться к условиям пониженного содержания кислорода, что способствует улучшению выносливости и устойчивости к стрессовым факторам. Работы А.З. Колчинской показали, что прерывистый режим является более физиологичным и эффективным по сравнению с непрерывным, так как позволяет мобилизовать компенсаторные системы без истощения ресурсов [5]. Этот результат связан с тем, что интервальная гипоксия стимулирует адаптационные механизмы организма, не вызывая хронического стресса.

Значительный вклад в развитие метода внесли и исследования Н.А. Агаджаняна. На основе полученных им данных было установлено, что гипоксия влияет на повышение

неспецифической резистентности организма [6]. Весомый вклад в изучение дыхательных реакций на гипоксические стимулы также принадлежит Т.В. Серебровской, одному из ведущих специалистов в области физиологии гипоксии, включая ее прерывистые формы. Она показала, что ИГТ усиливает гипоксический вентиляционный ответ у здоровых людей и изучила связь этого эффекта с колебаниями уровня дофамина и дигидроксифенилаланина (DOPA) в крови [7]. Т.В. Серебровская также занималась исследованием применения интермиттирующей гипоксии в качестве терапии при сердечно-сосудистых заболеваниях, бронхиальной астме и нефрологической патологии, продемонстрировав ее протективные и реабилитационные эффекты [4]. Современные исследования в России активно продолжаются на базе ведущих институтов, таких как Институт медико-биологических проблем Российской академии наук, Сеченовский университет, Научно-исследовательский институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина, что позволяет интегрировать фундаментальные знания с прикладными разработками [8].

Несмотря на положительные эффекты ИГТ, выявленные в результате исследований, следует учитывать, что хроническая гипоксия может вызывать воспаление и носить патогенный характер. Гипоксический фактор – один из ведущих в развитии сердечно-сосудистых и неврологических заболеваний, занимающий первое место по распространенности и являющийся причиной летальных исходов [9].

Термин «гипоксия» означает состояние абсолютного или относительного дефицита кислорода в тканях организма, приводящее к нарушению метаболических процессов и энергообеспечения клеток. Развитие гипоксии возможно по различным причинам. В зависимости от фактора, вызывающего кислородное голодание, ее можно классифицировать на экзогенную (нормо- и гипобарическую) и эндогенную [10].

Классификация типов гипоксии по причине возникновения (табл.).

Таблица

Экзогенный и эндогенный типы гипоксии

Экзогенный	Нормобарическая	Снижение содержания O_2 во вдыхаемом воздухе при нормальном атмосферном давлении (например, в душных помещениях, шахтах, при нарушении вентиляции воздуха в помещении)
	Гипобарическая	Снижение парциального давления O_2 вследствие общего снижения атмосферного давления (например, в условиях высокогорья, в барокамере)
Эндогенный	Дыхательная (респираторная)	Нарушение оксигенации крови в легких при их заболеваниях (хроническая обструктивная болезнь легких, астма)
	Сердечно-сосудистая (циркуляторная)	Снижение перфузии органов и тканей из-за недостаточности кровообращения (сердечная недостаточность, сосудистые спазмы, шок)
	Гемическая (кровяная)	Снижение кислородной емкости крови из-за уменьшения количества гемоглобина или изменения его свойств (анемия, отравление угарным газом, метгемоглобинемия)
	Тканевая (гипоксическая)	Нарушение утилизации O_2 тканями на клеточном уровне при блокаде дыхательных ферментов (например, при отравлении цианидами)
	Субстратная	Дефицит субстратов (в первую очередь, глюкозы) для окислительного метаболизма при голодании
	Перегрузочная	Возникает, когда доставка кислорода не успевает за резко возросшими метаболическими потребностями (при экстремальной физической нагрузке)

Адаптационный ответ организма на гипоксию определяется рядом факторов, включая дозу, глубину, длительность и частоту эпизодов гипоксии, а также исходным функциональным состоянием. В зависимости от этих параметров интервальная

гипоксия и хроническая гипоксия могут вызвать как адаптационные, так и патологические реакции, что подчеркивает важность дозированного подхода.

Таким образом, можно заключить, что накопленные научные данные позволили пересмотреть представления о гипоксии исключительно как об угрозе и начали рассматривать ее как специфический тренирующий стимул, при определенных режимах и дозах способный мобилизовать и повышать функциональные резервы организма, а также оказывать оздоровительный эффект у лиц с имеющимися патологиями.

Основным триггером адаптивных изменений при ИГТ является активация специфических кислород-чувствительных молекулярных путей в ответ на циклическое снижение парциального давления кислорода в крови [11]. Ключевую роль в этом процессе играет фактор, индуцируемый гипоксией (HIF-1), который выступает главным регулятором транскрипции генов, ответственных за адаптацию к кислородной недостаточности [12]. HIF-1 активирует синтез белков, задействованных в различных адаптационных механизмах. Он представляет собой гетеродимерный транскрипционный фактор, состоящий из двух субъединиц: HIF-1α и HIF-1β. В условиях нормоксии HIF-1α быстро деградирует, но при снижении pO_2 он стабилизируется, димеризуется с HIF-1β и запускает серию генетических программ [13]. Через активацию HIF-1 запускается физиологическая цепь с последующим подъемом сывороточного эритропоэтина (ЭПО), что подтверждено в исследованиях на добровольцах, проходивших курсы ИГТ [14]. Повышение уровня ЭПО стимулирует эритропоэз, повышая количество ретикулоцитов и, как следствие, увеличение гемоглобина и кислородной емкости крови, что является одним из системных эффектов метода [15]. Одновременно HIF-1 выполняет роль мощного стимулятора ангиогенеза. Запуская синтез сосудистого эндотелиального фактора роста (VEGF), он инициирует процесс образования новых капилляров, что закономерно повышает уровень кровоснабжения и перфузии тканей [16].

Помимо хорошо изученного HIF-1, в гипоксическом ответе участвуют и другие транскрипционные факторы, такие как металлотранскрипционный фактор (metal transcription factor-1 – MTF-1), ядерный фактор kB (nuclea factor – NF-kB), c-Fos, c-Jun и т.д., способствующие стрессоустойчивости клетки [17]. Одной из ключевых мишеней этих факторов является активация экспрессии гена (HSPA1A), отвечающего за синтез белка теплового шока (HSP70). Его шаперонная активность защищает клетки от воздействия оксидантов, оксида азота, факторов некроза опухоли, эндотоксина [18]. Кроме того, HSP70 помогает клеткам справляться со стресс-индуцированным повреждением белков, участвуя в процессе фолдинга (правильной укладки белков), восстановлении денатурированных белков. Также HSP70 ингибирует апоптоз, что способствует выживанию клеток в условиях стресса. Параллельно через каскад реакций с участием ключевого транскрипционного коактиватора PGC-1α (пероксисомного пролифератор-активированного рецептора-γ коактиватора 1α) активируется митохондриальный биогенез. Это приводит к увеличению количества митохондрий в условиях гипоксии и повышает эффективность окислительного фосфорилирования. Кроме того, внутри митохондрий происходит значительная метаболическая перестройка: возрастает активность окислительных ферментов в условиях острой гипоксии, что в итоге усиливает энергообеспечение клеток [19].

Достоверно подтверждено, что нормобарическая интервальная гипо-гипероксическая тренировка стимулирует общий митохондриально-омолаживающий механизм, митоптоз – процесс, избирательно устраняющий мутировавшие митохондрии, чрезмерно продуцирующие активные формы кислорода [20]. Также происходит активация синтеза ключевых ферментов антиоксидантной защиты: супероксиддисмутазы, каталазы и глутатионпероксидазы [21].

Наиболее активно интервальная гипокситерапия изучается в кардиологии, где она рассматривается как патогенетически обоснованный метод повышения устойчивости организма к гипоксии, оптимизации гемодинамики и улучшения сосудистой функции

[22, 23]. При артериальной гипертонии применение ИГТ связывают с уменьшением выраженности эндотелиальной дисфункции, повышением биодоступности оксида азота, снижением периферического сосудистого сопротивления и улучшением вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы [24]. Повторяющееся контролируемое гипоксическое воздействие способствует формированию адаптационного ответа, сопровождающегося улучшением микроциркуляции, снижением симпатической гиперактивации и уменьшением активности хронического воспаления, что имеет особое значение при гипертонической болезни, в патогенезе которой важную роль играют сосудистое ремоделирование, оксидативный стресс и провоспалительные цитокины [25]. Помимо антигипертензивного эффекта интервальная гипокситерапия может оказывать кардиопротективное действие, повышая толерантность миокарда к ишемии и снижая риск повреждения кардиомиоцитов в условиях дефицита кислорода [26].

Интервальная гипокситерапия в настоящее время оценивается как перспективный немедикаментозный подход, который может использоваться в составе комплексной терапии ишемической болезни сердца. Интерес к данному методу связан с его влиянием на основные звенья патогенеза ишемического повреждения миокарда. Предполагается, что важное значение имеет формирование адаптационного ответа, сходного по своему характеру с механизмами ишемического прекондиционирования. Повторяющиеся эпизоды дозированной гипоксии способствуют активации внутриклеточных защитных реакций, вследствие чего повышается устойчивость кардиомиоцитов к недостатку кислорода и последующим ишемическим воздействиям. В результате этого отмечается более рациональное использование кислорода тканями, стабилизация энергетических процессов в сердечной мышце, уменьшение выраженности метаболических нарушений, включая ацидотические сдвиги, а также ослабление повреждающего влияния гипоксии на миокард [27].

Гипоксическая стимуляция способствует улучшению эндотелиальной функции, повышению биодоступности оксида азота и усилению вазодилатации, что приводит к более эффективной микроциркуляции и оптимизации доставки кислорода к миокарду [28]. Дополнительно следует отметить, что ИГТ может способствовать снижению интенсивности оксидативного стресса и хронического воспаления, играющих важную патогенетическую роль в прогрессировании атеросклеротического поражения сосудов и нарушении коронарного кровообращения [29]. В клиническом аспекте данные изменения могут проявляться повышением переносимости физической нагрузки, снижением частоты ишемических проявлений, улучшением функциональных показателей сердечно-сосудистой системы и расширением адаптационного потенциала организма.

Интервальная гипокситерапия применяется при хронической ишемии мозга и когнитивных нарушениях, так как способствует улучшению церебрального кровоснабжения [30]. У пациентов с хроническими заболеваниями органов дыхания дозированная гипоксия способствует тренировке дыхательного аппарата, оптимизации вентиляционно-перфузионных соотношений и повышению эффективности тканевого использования кислорода. При хронической обструктивной болезни легких, бронхиальной астме и состояниях, сопровождающихся снижением толерантности к физической нагрузке, ИГТ может рассматриваться как дополнительный реабилитационный фактор, способный уменьшать выраженность одышки, улучшать функциональные показатели внешнего дыхания и повышать общую работоспособность [31].

Интервальная гипокситерапия получила распространение в спортивной медицине как метод, направленный на увеличение функциональных резервов организма, оптимизацию аэробной производительности и совершенствование адаптационных реакций при интенсивных физических нагрузках [32]. Показано, что гипоксические протоколы могут способствовать увеличению максимального потребления кислорода, повышению уровня гемоглобина и улучшению показателей выносливости [33].

Заключение. Интервальная гипоксическая тренировка рассматривается как эффективный физиологический метод, способный инициировать многоуровневые адаптационные реакции организма. Ее действие реализуется как на клеточном уровне, включая активацию белков цитопротекции, стимуляцию митохондриального биогенеза, регуляцию процессов обновления митохондрий и усиление антиоксидантной защиты, так и на системном уровне, проявляясь в улучшении вегетативного обеспечения, микроциркуляторных процессов и функционального состояния кардиореспираторной системы. Совокупность указанных изменений способствует повышению устойчивости организма к гипоксическому воздействию, окислительному стрессу и физическим нагрузкам, что находит подтверждение в результатах современных исследований.

Практическая значимость ИГТ проявляется в различных областях медицины. В клинических условиях метод ассоциируется с кардиопротективными эффектами у пациентов с ишемической болезнью сердца и артериальной гипертензией, тогда как в спортивной медицине его применение связывают с активацией эритропоэза, ускорением восстановительных процессов и повышением работоспособности без использования фармакологических стимуляторов. ИГТ может быть использована как в профилактических программах у практически здоровых лиц, так и в составе комплексной реабилитации и терапии, повышая эффективность стандартного лечения и способствуя улучшению качества жизни пациентов. Это позволяет рассматривать ИГТ как безопасный, неинвазивный и перспективный способ повышения адаптационных возможностей организма.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Финансирование. Работа выполнена при поддержке внутреннего гранта ФГБОУ ВО КБГУ им. Х.М. Бербекова (договор № 49) и программы развития «ПРИОРИТЕТ-2030».

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Financing. The study was conducted with the financial support of an internal grant from KBSU named after H.M. Berbekov (agreement no. 49) within the “Priority 2030” program.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Interval hypoxic training as an effective tool for increasing the adaptive potential, endurance and performance of the brain / E.A. Rybnikova, N.N. Nalivaeva, M.Yu. Zenko, K.A. Baranova // Frontiers in Neuroscience. – 2022. – Vol. 16. – P. 941740. DOI: 10.3389/fnins.2022.941740.
2. Сиротинин и его научный вклад в развитие отечественной медицины (к 120-летию со дня рождения) / С.Н. Яцкевич, А.И. Завьялов, В.В. Моррисон [и др.] // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2016. – Т. 12. – № 4. – С. 627-632.
3. Колчинская, А.З. Биологические механизмы повышения аэробной и анаэробной производительности спортсменов / А.З. Колчинская // Теория и практика физической культуры. – 1998. – № 8. – С. 29-31.
4. Serebrovskaya, T.V. Intermittent hypoxia training as non-pharmacologic therapy for cardiovascular diseases: Practical analysis on methods and equipment / T.V. Serebrovskaya, L. Xi // Experimental biology and medicine. – 2016. – Vol. 241. – No. 15. – P. 1708-1723. DOI: 10.1177/1535370216657614.
5. Колчинская, А.З. Нормобарическая интервальная гипоксическая тренировка в медицине и спорте: руководство для врачей / А.З. Колчинская, Т.Н. Цыганова, Л.А. Остапенко. – Москва: Медицина, 2003. – 250 с.
6. Агаджанян, Н.А. Экологическая физиология человека: учебник / Н.А. Агаджанян, А.Г. Марачев, Г.А. Кузнецов. – Москва: Крук, 1998. – 416 с.
7. Human hypoxic ventilatory response with blood dopamine content under intermittent hypoxic training / T.V. Serebrovskaya, I.N. Karaban, E.E. Kolesnikova [et al.] // Canadian Journal of Physiology and Pharmacology. – 1999. – Vol. 77. – No. 12. – P. 967-973.
8. Гридин, Л.А. Современные представления о физиологических и лечебно-профилактических эффектах действия гипоксии и гиперкапнии / Л.А. Гридин // Медицина. – 2016. – № 3. – С. 45-68.
9. Семенов, Д.Г. Экспериментальное моделирование повреждающей и протективной гипоксии

мозга млекопитающих / Д.Г. Семенов, А.В. Беляков, Е.А. Рыбникова // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2022. – Т. 108. – № 12. – С. 1592-1609. DOI: 10.31857/S086981392212010X.

10.Литвицкий, П.Ф. Гипоксия / П.Ф. Литвицкий // Вопросы современной педиатрии. – 2016. – Т. 15. – № 1. – С. 45-58. DOI: 10.15690/vsp.v15i1.1499.

11. Semenza, G.L. Hypoxia-inducible factors in physiology and medicine / G.L. Semenza // Cell. – 2012. – Vol. 148. – No. 3. – P. 399-408. DOI: 10.1016/j.cell.2012.01.021.

12. Лукьянова, Л.Д. Сигнальные механизмы адаптации к гипоксии и их роль в системной регуляции / Л.Д. Лукьянова, Ю.И. Кирова, Г.В. Сукоян // Биологические мембраны. – 2012. – Т. 29. – № 4. – С. 238.

13. Факторы, индуцируемые гипоксией: детали создают «картину». Часть I. HIF-1 / Г.А. Игнатенко, Н.Н. Бондаренко, С.В. Туманова [и др.] // Фундаментальная и клиническая медицина. – 2023. – Т. 8. – № 3. – С. 93-106.

14. Адаптация к интервальной гипоксии: динамика насыщения крови кислородом и некоторых гематологических показателей / В.П. Катунцев, С.Ю. Захаров, Т.В. Сухоставцева, А.А. Пучкова // Медицина экстремальных ситуаций. – 2020. – Т. 22. – № 4. – С. 36-42. DOI: 10.47183/mes.2020.019.

15. Зинчук, В.В. Эритропоэтин и гемоглобин: аспекты количества и качества / В.В Зинчук, С.В. Глуткин, Е.В. Шульга // Вопросы экспериментальной и клинической физиологии. – 2014. – С. 137-141.

16. Clinicopathological significance of hypoxia-inducible factor-1 alpha (HIF-1alpha) expression in gastric cancer / T. Isobe, K. Aoyagi, K. Koufuji [et al.] // International Journal of Clinical Oncology. – 2013. – Vol. 18. – No. 2. – P. 293-304.

17. Activation of metallothionein gene expression by hypoxia involves metal response elements and metal transcription factor-1 / B.J. Murphy, G.K. Andrews, D. Bittel [et al.] // Cancer Research. – 1999. – Vol. 59. – No. 6. – P. 1315-1322.

18. Meerson, F.Z. Differences in adaptive stabilization of structures in response to stress and hypoxia relate with the accumulation of hsp 70 isoforms / F.Z. Meerson, I.Yu. Malyshev, A.V. Zamotrinsky // Molecular and Cellular Biochemistry. – 1992. – Vol. 111. – No. 1-2. – P. 87-95.

19. Hypoxia mediates mitochondrial biogenesis in hepatocellular carcinoma to promote tumor growth via HMGB1 and TLR9 interaction / S. Tohme, H.O. Yazdani, Y. Liu [et al.] // Hepatology. – 2017. – Vol. 66. – No. 1. – P. 182-197. DOI: 10.1002/hep.29184.

20. Цыганова, Т.Н. Использования нормобарической интервальной гипо-гипероксической тренировки в профилактике митохондриальных дисфункций (обзорная статья) / Т.Н. Цыганова // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2019. – Т. 13. – № 2. – С. 126-130.

21. Лукьянова, Л.Д. Молекулярные механизмы тканевой гипоксии и адаптации организма / Л.Д. Лукьянова // Физиологический журнал. – 2003. – Т. 49. – № 3. – С. 17-35.

22. Джомаладинова, З.Р. Влияние интервальных тренировок на вариабельность сердечного ритма у студентов / З.Р. Джомаладинова // Педагогика и психология в современном мире: теоретические и практические исследования. – 2025. – Т. 4. – № 18. – С. 35-40. DOI: 10.5281/zenodo.17421516.

23. Интервальные гипоксические тренировки в кардиологической практике / Е.Э. Загайная, Д.Ю. Щекочихин, Ф.Ю. Копылов [и др.] // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. – 2014. – Т. 7. – № 6. – С. 28-34.

24. Применение гипокси-гиперокситерапии в клинической практике: перспективы использования в нейрореабилитации / А.А. Ильина, М.В. Петрова, Д.В. Ильин [и др.] // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2025. – Т. 22. – № 6. – С. 128-136.

25. Манухина, Е.Б. Кардиопротекторный эффект адаптации к гипоксии и его механизмы: экспериментальные и клинические исследования / Е.Б. Манухина, Л.М. Белкина, Н.П. Лямина // CardioСоматика. – 2015. – Т. 6. – № 1-1. – С. 64.

26. Глазачев, О.С. Адаптация к интервальной гипокси-гипероксии в реабилитации пациентов с ишемической болезнью сердца / О.С. Глазачев, Е.Н. Дудник, Ю.М. Поздняков // Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». – 2014. – № 1. – С. 58-64.

27. Ашагре, С.М. Патофизиологическое обоснование применения интервальной гипокситерапии и энтеральной оксигенотерапии в лечении гипертонической болезни / С.М. Ашагре, И.Х. Борукаева // Современные проблемы науки и образования. – 2022. – № 1. – С. 86-88. DOI 10.17513/spno.31506.

28. Клинические эффекты интервальных гипоксических тренировок у пациентов с хроническими неинфекционными заболеваниями

(обзор) / В.С. Ососков, А.А. Федорович, А.И. Королев [и др.] // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2026. – Т. 24. – № 4. – С. 4-11. DOI 10.24884/1682-6655-2025-24-4-4-11.
29. Эффекты интервальной нормобарической гипоксической терапии у мужчин с эссенциальной артериальной гипертонией / М.В. Туманова, С.Р. Сметанина, М.Т. Датуашвили [и др.] // Университетская клиника. – 2024. – № 4(53). – С 59-65.
30. Трегуб, П.П. Механизмы нейропротекторного эффекта сочетанного воздействия гипоксии и гиперкапнии / П.П. Трегуб, В.П. Куликов, Н.А. Малиновская // Сибирское медицинское обозрение. – 2018. – № 3. – С. 5-13. DOI: 10.20333/2500136-2018-3-5-13.
31. Игнатенко, Г.А. Перспективы применения гипокситерапии при бронхиальной астме / Г.А. Игнатенко, С.Я. Ярошенко, Е.С. Михалева // Практическая медицина. – 2025. – Т. 23. – № 5. URL: https://pmarchive.ru/perspektivy-primeneniya-gipoksiterapii-pri-bronxialnoj-astme/ (дата обращения: 27.03.2026).
32. The effects of intermittent hypoxic training on the aerobic capacity of exercisers: a systemic review and meta-analysis / Z. Huang, S. Yang, C. Li [et al.] // BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation. – 2023. – Vol. 15. – No. 1. – P. 174. DOI: 10.1186/s13102-023-00784-3.
33. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews / M.J. Page, J.E. McKenzie, P.M. Bossuyt [et al.] // BMJ. – 2021. – No. 372. – P. 71. DOI: 10.1136/bmj.n71.

REFERENCES

1. Rybnikova E.A., Nalivaeva N.N., Zenko M.Yu., Baranova K.A. Interval hypoxic training as an effective tool for increasing the adaptive potential, endurance and performance of the brain. *Frontiers in Neuroscience*, 2022, vol. 16, p. 941740. DOI: 10.3389/fnins.2022.941740.
2. Yatskevich S.N., Zavyalov A.I., Morrison V.V., Zakharova N.B., Academic N.N. Sirotinin and his scientific contribution to the development of national medicine (to the 120th birth anniversary). *Saratov Journal of Medical Scientific Research*, 2016, vol. 12, no. 4, pp. 627-632. (in Russ.)
3. Kolchinskaya A.Z. Biological mechanisms of athletes' aerobic and anaerobic capacity enhancement. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2000, no. 8, pp. 29-31. (in Russ.)
4. Serebrovskaya T.V., Xi. L. Intermittent hypoxia training as non-pharmacologic therapy for cardiovascular diseases: Practical analysis on methods and equipment. *Experimental biology and medicine*, 2016, vol. 241, no. 15, pp. 1708-1723. DOI: 10.1177/1535370216657614.
5. Kolchinskaia A.Z., Ostapenko L.A., Tcyganova T.N. Normobaric interval hypoxic training in medicine and sports: a guide for physicians. Moscow: Meditsina, 2003. 250 p. (in Russ.)
6. Agadzhanyan N.A., Marachev A.G., Kuznetsov G.A. Human Ecological Physiology. Moscow: "Kruk", 1998. 416 p. (in Russ.)
7. Serebrovskaya T.V., Karaban I.N., Kolesnikova E.E. et al. Human hypoxic ventilatory response with blood dopamine content under intermittent hypoxic training. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 1999, vol. 77, no. 12, pp. 967-973.
8. Gridin L.A. Modern understanding of the physiological and therapeutic and prophylactic effects of actions hypoxia and hypercapnia. *Medicina*, 2016, no. 3, pp. 45-68. (in Russ.)
9. Semenova D.G., Belyakov A.V., Rybnikova E.A. Experimental modeling of damaging and protective hypoxia of the mammalian brain. *Russian Journal of Physiology*, 2022, vol. 108. no. 12. pp. 1592-1609. DOI: 10.31857/S086981392212010X. (in Russ.)
10. Litvitsky P.F. Hypoxia. *Current Pediatrics*, 2016, vol. 15, no. 1, pp. 45-58. DOI: 10.15690/vsp.v15i1.1499. (in Russ.)
11. Semenza G.L. Hypoxia-inducible factors in physiology and medicine. *Cell*, 2012, vol. 148, no. 3, pp. 399-408. DOI: 10.1016/j.cell.2012.01.021.
12. Lukyanova L.D., Kirova Ju.I., Sukojan G.V. Signal mechanisms of adaptation to hypoxia and their role in systemic regulation. *Biological Membranes*, 2012, vol. 29, no. 4, pp. 238. (in Russ.)
13. Ignatenko G.A., Bondarenko N.N., Tumanova S.V. et al. Hypoxia-inducible factors: details create a picture. Part I. HIF-1. *Fundamental and clinical medicine*, 2023, vol. 8, no. 3, pp. 93-106. DOI: 10.23946/2500-0764-2023-8-3-93-106. (in Russ.)
14. Katuntsev V.P., Zakharov S.Yu., Sukhostavtseva T.V., Puchkova A.A. Adaptation to intermittent hypoxia: dynamics of blood oxygen saturation and some haematological parameters. *Extreme medicine*, 2020, vol. 22, no. 4, pp. 36-42. DOI: 10.47183/mes.2020.019. (in Russ.)
15. Zinchuk V.V., Glutkin S.V., Shulga E.V. Erythropoietin and hemoglobin: Quantitative and qualitative aspects. *Experimental and Clinical Physiology Issues*, 2014, pp. 137-141. (in Russ.)
16. Isobe T., Aoyagi K., Koufuji K. et al. Clinicopathological significance of hypoxia-inducible factor-1 alpha (HIF-1alpha) expression in gastric cancer. *International Journal of Clinical Oncology*, 2013, vol. 18, no. 2, pp. 293-304.

17. Murphy B.J., Andrews G.K., Bittel D. et al. Activation of metallothionein gene expression by hypoxia involves metal response elements and metal transcription factor-1. *Cancer Research*, 1999, vol. 59, no. 6, pp. 1315-1322.
18. Meerson F.Z., Malyshev I.Yu., Zamotrinsky A.V. Differences in adaptive stabilization of structures in response to stress and hypoxia relate with the accumulation of hsp 70 isoforms. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 1992, vol. 111, no. 1-2, pp. 87-95.
19. Tohme S., Yazdani H.O., Liu Y. et al. Hypoxia mediates mitochondrial biogenesis in hepatocellular carcinoma to promote tumor growth via HMGB1 and TLR9 interaction. *Hepatology*, 2017, vol. 66, no. 1, pp. 182-197. DOI: 10.1002/hep.29184.
20. Tsyganova T.N. The use of internal normobaric hypo-hyperoxic training in the prevention of mitochondrial dysfunction (review). *Journal of New Medical Technologies, eEdition*, 2019, vol. 13, no. 2, pp. 126-130. (in Russ.)
21. Lukyanova L.D. Molecular mechanisms of tissue hypoxia and organism adaptation. *Physiological Journal*, 2003, vol. 49, no. 3, pp. 17-35. (in Russ.)
22. Dzhomaladinova Z.R. Effect of interval training on heart rate variability in students. *Pedagogy and Psychology in the Modern World: Theoretical and Practical Research*, 2025, vol. 4, no. 18, pp. 35-40. DOI 10.5281/zenodo.17421516. (in Russ.)
23. Zagaynaya E.E., Shchekochikhin D.Yu., Kopylov F.Yu. et al. Interval hypoxic training in cardiology practice. *Russian Journal of Cardiology and Cardiovascular Surgery*, 2014, vol. 7, no. 6, pp. 28‑34. (in Russ.)
24. Ilina A.A., Petrova M.V., Ilin D.V. et al. Application of inter-mittent hypoxia-hyperoxia therapy in clinical practice: perspectives for use in neurorehabilitation (literature review). *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2025, vol. 22, no. 6, pp. 128-137. DOI 10.24884/2078-5658-2025-22-6-128-136. (in Russ.)
25. Manukhina E.B., Belkina L.M., Lyamina N.P. et al. Kardioprotektornyy effekt adaptatsii k gipoksii i ego mekhanizmy: eksperimental'nye i klinicheskie issledovaniya. *CardioSomatics*, 2015, vol. 6, no. 1-1, pp. 64. (in Russ.)
26. Glazachev O.S., Dudnik E.N., Pozdnyakov Yu.M. Adaptation to intermittent hypoxia-hyperoxia in rehabilitation of patients with coronary artery disease. *Humans and their health*, 2014, no. 1, pp. 58-64. (in Russ.)
27. Ashagre S.M., Borukaeva I.Kh. Pathophysiological substantiation of the use of interval hypoxytherapy and enteral oxygentherapy in the treatment of hypertension. *Modern problems of science and education*, 2022, no. 1, pp. 86-88. DOI 10.17513/spno.31506. (in Russ.)
28. Ososkov V.S., Fedorovich A.A., Korolev A.I. et al. Clinical Effects of Hypoxic Interval Training in Patients with Chronic Non-infectious Diseases (review). *Regional blood circulation and microcirculation*, 2025, vol. 24, no. 4, pp. 4-11. DOI 10.24884/1682-6655-2025-24-4-4-11. (in Russ.)
29. Tumanova M.V., Smetanina S.R., Datuashvili M.T. et al. Effects of interval normobaric hypoxic therapy in men with essential arterial hypetone. *University Clinic*, 2024, no. 4(53), pp. 59-65. (in Russ.)
30. Tregub P.P, Kulikov V.P, Malinovskaya N.A. Neuroprotective effect mechanisms of hypoxia and hypercapnia combined impact. *Siberian Medical Review*, 2018, no. 3, pp. 5-13. DOI: 10.20333/2500136-2018-3-5-13. (in Russ.)
31. Ignatenko G.A., Yaroshenko S.Ya., Mikhaleva E.S. Prospects of hypoxytherapy in bronchial asthma. *Practical Medicine*, 2025, vol. 23, no. 5. Available at: https://pmarchive.ru/perspektivy-primeneniya-gipoksiterapii-pri-bronxialnoj-astme/ (accessed: 27.03.2026) (in Russ.)
32. Huang Z., Yang S., Li C. et al. The effects of intermittent hypoxic training on the aerobic capacity of exercisers: a systemic review and meta-analysis. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 2023, vol. 15, no. 1, p. 174. DOI: 10.1186/s13102-023-00784-3
33. Page M.J., McKenzie J.E., Bossuyt P.M. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews *BMJ*, 2021, no. 372, p. 71. DOI: 10.1136/bmj.n71.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Ирина Хасанбиевна Борукаева – доктор медицинских наук, заведующий кафедрой нормальной и патологической физиологии человека, Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Нальчик, e-mail: irborukaeva@yandex.ru.
Татьяна Борисовна Кипкеева – старший преподаватель кафедры нормальной и патологической физиологии человека, Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Нальчик, e-mail: kipkeevatatyana70@mail.ru.

Асият Гисаевна Шокуева – старший преподаватель кафедры нормальной и патологической физиологии человека, Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Нальчик, e-mail: schokueva@yandex.ru.
Анзор Аскербиевич Молов – кандидат биологических наук, доцент кафедры нормальной и патологической физиологии человека, Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Нальчик, e-mail: anzormolov71@gmail.com.
Фатима Валерьевна Шаваева – кандидат биологических наук, доцент кафедры нормальной и патологической физиологии человека Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Нальчик, e-mail: shavaevafv@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Irina Kh. Borukaeva – Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Normal and Pathological Human Physiology, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: irborukaeva@yandex.ru.
Tatyana B. Kipkeeva – Senior Lecturer of the Department of Normal and Pathological Human Physiology, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: kipkeevatatyana70@mail.ru.
Asiyat G. Shokueva – Senior Lecturer of the Department of Normal and Pathological Human Physiology, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: schokueva@yandex.ru.
Anzor A. Molov – Candidate of Biological Sciences, Doctor of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Normal and Pathological Human Physiology, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: anzormolov71@gmail.com.
Fatima V. Shavaeva – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Normal and Pathological Human Physiology, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: shavaevafv@mail.ru.

Для цитирования: Интервальная нормобарическая гипоксия: физиологические механизмы адаптации, системные эффекты и терапевтический потенциал (обзор литературы) / И.Х. Борукаева, Т.Б. Кипкеева, А.Г. Шокуева [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_4

For citation: Borukaeva I.Kh., Kipkeeva T.B., Shokueva A.G., Molov A.A., Shavaeva F.V. Interval normobaric hypoxia: physiological mechanisms of adaptation, systemic effects and therapeutic potential (literature review). *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_4

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_5
УДК 796.333

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_5
UDC 796.333

ВЗАИМОСВЯЗЬ КООРДИНАЦИОННЫХ СПОСОБНОСТЕЙ РЕГБИСТОВ 14-15 ЛЕТ С ПОКАЗАТЕЛЯМИ СПЕЦИАЛЬНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ

И.Н. Калинина[1], И.Д. Митин[1], В.В. Лавриченко[1], А.С. Прохорцева[1], А.А. Тхагова[2]
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», г. Краснодар, Россия
[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет», г. Майкоп, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Представлен анализ показателей координационных способностей, ловкости и способности к удержанию равновесия регбистов 14-15 лет и их взаимосвязь с показателями специальной физической подготовленности. ***Методы:*** специфические и неспецифические для регбистов координационные тесты; тесты, характеризующие уровень специальной физической подготовленности. В экспериментально-опытной части исследования было задействовано 24 регбиста 14,0±0,6 лет. ***Результаты.*** Выявлены значимые корреляционные связи между показателями статического и динамического равновесия и уровнем специальной физической подготовленности регбистов. ***Заключение.*** Полученный материал о развитии двигательных качеств юных регбистов дополняет новыми сведениями теоретические и практические разделы по изучаемой спортивной дисциплине, а также может помочь в создании эффективных методик подготовки специалистов, в том числе и в сфере спорта.
Ключевые слова: координационные способности, способность к удержанию равновесия, регбисты.

THE RELATIONSHIP OF THE COORDINATION ABILITIES OF 14-15-YEAR-OLD RUGBY PLAYERS WITH THE SPECIAL PHYSICAL FITNESS INDICATORS

I.N. Kalinina[1], I.D. Mitin[1], V.V. Lavrichenko[1], A.S. Prokhortseva[1], A.A. Tkhagova[2]
[1]Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar, Russia
[2]Maykop State Technological University, Maykop, Russia

Abstract. ***Introduction.*** This study presents an analysis of indicators of coordination abilities, dexterity and the ability to maintain balance of 14-15-year-old rugby players and their relationship with indicators of special physical fitness. ***Methods:*** specific and non-specific coordination tests for rugby players; tests characterizing the level of special physical fitness. The experimental part of the study involved 24 rugby players aged 14.0±0.6 years. ***Results.*** Significant correlations were revealed between the indicators of static and dynamic balance and the level of special physical fitness of rugby players. ***Conclusion.*** The obtained material on the development of the motor qualities of young rugby players adds new data to the theoretical and practical sections of the studied sports discipline, and can also help in creating effective methods of training specialists, including the field of sports in general.
Keywords: coordination abilities, the ability to maintain balance, rugby players.

Введение. В настоящее время в нашей стране регби становится все более популярным видом спорта в силу своей доступности, привлекательности и зрелищности. Все большее количество детей, юношей и девушек начинают заниматься регби, выбирая оптимальный для себя формат, поскольку существует несколько разновидностей: регби-15, регби-7, Тач-регби, Тэг-регби и другие. В современной литературе широко представлены методы и средства воспитания различных двигательных качеств игроков в регби [1, 2]. Исследователями учитываются особенности игры, которая требует гармоничного развития быстроты, выносливости, силы и ловкости. Важным условием для воспитания этих качеств является максимально

возможное приближение тренировочных воздействий к условиям реальной соревновательной игры [3, 4]. Успешность ведения спортивной борьбы в регби требует от игроков не просто владения техническим арсеналом, но и его непрерывного расширения, а также способности оперативно реализовывать двигательные возможности в динамических условиях матча, чтобы применяемые технические приемы эффективно способствовали решению текущих игровых задач [2, 5].

Формирование фундамента технико-тактической подготовленности регбистов в детско-юношеском возрасте требует комплексного подхода, учитывающего возрастные особенности, специфику вида спорта и современные методические принципы [2]. Поскольку регби является видом спорта, в котором большое значение имеют скорость и мышечная сила, большинство публикаций посвящено изучению этих двигательных качеств [6-8]. В настоящее время координационные способности и способности к удержанию равновесия, выступающие фундаментом технико-тактической подготовки регбистов, получают недостаточное внимание в тренировочном процессе. Актуальность настоящего исследования обусловлена необходимостью получения новых научных данных о методах развития и совершенствования этих двигательных качеств.

Цель данной работы – проанализировать взаимосвязи между отдельными показателями способности к удержанию равновесия, уровнями координации специальной физической подготовленности регбистов.

Методы и организация исследования. В качестве инструментария были выбраны специфические и неспецифические тесты для оценки способности к удержанию равновесия и координационных способностей, отражающие специфику двигательной деятельности при игре в регби.

Специфические координационные тесты:

- Тест 1. Усложненная Проба Ромберга, (результат оценивался в секундах) – тест на статическое равновесие;

- Тест 2. Проба с разворотом (оценивается угол отклонения в градусах) – динамическое равновесие;

- Тест 3. Вбрасывание мяча – оценивается уровень координации.

Неспецифические координационные тесты:

- Тест 4. Удары ногой по мячу с рук на точность – оценивается ловкость (специальная физическая подготовленность);

- Тест 5. Ловля мяча после удара ногой – оценивается ловкость (специальная физическая подготовленность);

- Тест 6. Передача мяча на месте способом spin («пас торпедой») – оценивается ловкость (специальная физическая подготовленность);

- Тест 7. Челночный бег 3 по 10 метров в исходном положении лицом вперед – оценивается координация.

Специфические координационные тесты позволяют целенаправленно оценить отдельные компоненты координационных способностей, непосредственно связанные с удержанием равновесия в статических и динамических условиях. Их ключевая особенность – моделирование ситуаций, близких к реальным двигательным задачам в регби, с точной количественной оценкой результата.

Неспецифические координационные тесты имеют другую направленность. Они оценивают комплексные проявления координации и ловкости в условиях, требующих быстрой реакции, точности и адаптации к изменяющимся условиям. Эти тесты менее привязаны к конкретному виду деятельности и дают общую картину специальной физической подготовленности.

Исследование осуществлялось на базе кафедры анатомии и спортивной медицины Кубанского государственного университета физической культуры, спорта и туризма, участвовали 24 регбиста 14-15 лет, которые находились на учебно-тренировочном этапе спортивной подготовки (этап спортивной специализации). Статистическая обработка результатов исследования производилась с использованием программного обеспечения Excel 2019: расчет среднегрупповых значений, стандартного квадратичного отклонения, проверка выборки на соответствие нормальному распределению данных (тест Шапиро-Уилка), определение достоверности различий по t-критерию Стьюдента при 5% уровне значимости. Корреляционный

анализ осуществлялся методом Пирсона с вычислением коэффициента корреляции для оценки линейной связи между непрерывными переменными. Сила взаимосвязи определялась по коэффициенту корреляции r: 0,7≤r≤1,0 – высокая взаимосвязь; 0,5≤r≤0,7 – взаимосвязь средней силы.

Результаты исследования и их обсуждение. В процессе исследования осуществлено тестирование, направленное на комплексную оценку показателей способности к сохранению равновесия, координации и показателей физической подготовленности спортсменов, специализирующихся в регби. Объектом оценки выступили следующие двигательные качества и функциональные параметры:

1) Уровень статического равновесия (способность сохранять заданную полу в условиях отсутствия движения, характеризующая устойчивость вертикальной стойки и контроль положения центра тяжести тела);

2) Уровень динамического равновесия (способность поддерживать устойчивость тела в процессе выполнения двигательных действий, включая смену поз и перемещения в пространстве);

3) Ловкость (комплекс координационных способностей, обеспечивающих быстрое освоение новых двигательных действий и адекватную адаптацию моторных реакций к изменяющимся условиям деятельности);

4) Координация движений (точность, согласованность и рациональность взаимодействия мышечных групп при выполнении сложно-координированных двигательных актов, специфичных для регби);

5) Уровень специальной физической подготовленности (совокупность физических качеств и функциональных возможностей, непосредственно определяющих эффективность соревновательной деятельности в регби, включая скоростно-силовые показатели, специальную выносливость и технико-тактическую реализацию двигательных навыков.

Тестирование проводилось с соблюдением принципов стандартизации процедуры измерения и регистрации результатов. Количественные данные, полученные в ходе тестирования, систематизированы и представлены в таблице.

Результаты теста 1 «Усложненная проба Ромберга», определяющего уровень статического равновесия, свидетельствовали о следующем: устойчивость позы в течение 15 секунд и дольше сохраняли 9 юношей (37,5%). Количество регбистов, имеющих удовлетворительную оценку, составило 48%. Неудовлетворительная оценка выявлена у одного игрока.

Таблица

Результаты уровня развития ловкости, координации и способности к поддержанию равновесия регбистов 14-15 лет, n=24

Тест	M±σ
Специфические координационные тесты	
Усложненная Проба Ромберга (Тест 1), с	18,7±1,5
Проба с разворотом (Тест 2), С°	21,0±2,7
Вбрасывание мяча в коридор (Тест 3), кол-во попаданий	7,5±1,2
Неспецифические координационные тесты	
Удары ногой по мячу с рук на точность (Тест 4), кол-во	7,8±1,5
Ловля мяча после удара ногой (Тест 5), кол-во	8,8±1,5
Передача мяча на месте способом spin («пас торпедой») (Тест 6), кол-во	9,0±0,9
Челночный бег 3 по 10 метров в исходном положении лицом вперед (Тест 7), с	8,0±0,5

Анализ результатов, полученных в тесте 2 «Проба с разворотом», характеризующем динамическое равновесие, позволил заключить, что 50% юных регбистов имеют неудовлетворительную оценку, т.е. совершают ошибки в технике выполнения данного упражнения.

Корреляционный анализ выявил ряд значимых взаимосвязей между исследуемыми показателями. Взаимосвязи высокой силы выявлены между уровнем статического равновесия (тест 1) и ударами ногой по мячу с рук на точность (тест 4) – r=0,74; между уровнем статического равновесия

(тест 1) и ударами ногой по мячу с рук на точность (тест 5) – r=0,84; между уровнем статического равновесия (тест 1) и передачей мяча на месте способом spin («пас торпедой») (тест 6) – r=0,76.

Полученные данные свидетельствуют о следующем: способность поддерживать равновесие напрямую влияет на выполнение технических приемов в регби. Чем лучше развито равновесие (в среднем 18,7±1,5 с по тесту 1), тем точнее игрок выполняет удары (в среднем 7,8±1,5 попаданий по тесту 4), ловлю (в среднем 8,8±1,5 по тесту 5) и передачи (в среднем 9,0± по тесту 6). В этом аспекте для регбистов 14-15 лет становится очевидным развитие проприоцептивной чувствительности как способности ощущать положение тела в пространстве, что критически важно для точности движений юного спортсмена. Координация мышц-стабилизаторов (мышцы кора и голеностопа) обеспечивают устойчивость при выполнении технических элементов.

Выявленные взаимосвязи между вбрасыванием мяча в коридор (тест 3) и ударами ногой по мячу с рук на точность (тест 5) – r=0,80; вбрасыванием мяча в коридор (тест 3) и передачей мяча на месте способом spin («пас торпедой») (тест 6) – r=0,764 подтверждают, что скорость и координация при вбрасывании мяча (в среднем 7,5±1,2 попаданий) тесно связаны с другими техническими действиями, требующими точности и согласованности движений. Связь скоростно-координационных показателей характеризует у регбистов 14-15 лет совершенствование межмышечной координации, т.е. обеспечивает способность быстро включать и выключать нужные группы мышц. Известно, что развитие нейромоторных путей обеспечивает улучшение передачи нервных импульсов от мозга к мышцам [9-12]. В этом случае формирование двигательных стереотипов как повторение элементов игры в регби, имеющих координационную основу, создает устойчивые нейронные связи, которые, по всей видимости, и служат основой специальной физической и технической подготовленности игроков.

Выявленные взаимосвязи средней силы (r=0,64) между показателями скорости и координации в тесте 3 (вбрасывание мяча в коридор) и результатами челночного бега 3х10 (тест 7), указывают, что развитие скоростно-координационных способностей, являющихся важным навыком в регби, положительно влияет на способность быстро менять направление движения (результат челночного бега – в среднем 8,0±0,5 с) и указывает на способность центральной нервной системы быстро перестраивать двигательные команды при смене направления.

Заключение. Анализ корреляционных взаимосвязей показал, что у регбистов 14-15 лет показатели равновесия и координации тесно связаны с выполнением технических приемов, напрямую зависящих от уровня развития специальной физической подготовленности. Наибольшие взаимосвязи выявлены между способностью к поддержанию статического равновесия и точностью ударов/передач.

На основе выявленных результатов можно сделать следующие выводы:

- приоритетные направления подготовки: упражнения на равновесие в статике и динамике; координационные упражнения с мячом; челночный бег с элементами изменения направления; технические действия в условиях неустойчивого равновесия;

- данные корреляций обуславливают логическую последовательность обучения: сначала развитие равновесия, затем координационных способностей, на следующем этапе – совершенствование технических приемов.

Результаты исследования позволяют оптимизировать тренировочный процесс, делая его более целенаправленным, объективно оценивать прогресс в развитии физических качеств и технических навыков.

Ключевыми теоретическими результатами проведенного исследования выступают выявление и систематизация данных о характере взаимосвязи между уровнем развития способности к сохранению равновесия и координации и показателями специальной физической подготовленности у регбистов 14-15 лет. Установленные особенности позволяют углубить научные представления о структуре физической подготовленности юных регбистов в контексте специфики регби, а также расширить понимание возрастных особенностей адаптации организма подростков 14-15 лет к нагрузкам на развитие равновесия и координации.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Иванов, В.А. Интегральная подготовка в структуре тренировочного процесса квалифицированных регбистов: автореф. дис. … канд. пед. наук / Вячеслав Анатольевич Иванов. – Москва, 2004. – 24 с.
2. Applied Sport Science for Male Age-Grade Rugby Union in England / K. Till, J. Weakley, D.B. Read [et al.] // Sports Medicine Open. – 2020. – No. 6. – P. 14. DOI: 10.1186/s40798-020-0236-6.
3. Колесников, М.Б. Развитие способности к ориентированию в пространстве у регбистов 15-16 лет / М.Б. Колесников // Наука и технологии в сфере физической культуры и спорта: Сборник статей ежегодной научно-практической конференции научно-педагогических работников Национального государственного Университета физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург, 02-06 июня 2025 года. – Санкт-Петербург, 2025. – С. 72-77.
4. Сахарова, М.В. Основы подготовки в детско-юношеском регби / М.В. Сахарова. – Москва: Спортна, 2005. – 319 с.
5. “Wide and Emergent – Narrow and Focussed”. A Dual-Pathway Approach to Talent Identification and Development in England Rugby Union / K. Till, D. Barrell, J. Lawn [et al.] // Talent Identification and Development in Sport. – Routledge, 2020. – P. 14.
6. Мустафина, А.Р. Характеристики движения игроков регби в зависимости от их позиции / А.Р. Мустафина // Научные исследования в современном мире: опыт, проблемы и перспективы развития: Сборник научных статей по материалам XV Международной научно-практической конференции, Уфа, 18 октября 2024 г. – Уфа: ООО «НИЦ «Вестник науки», 2024. – С. 210-212.
7. Методики тренировки в регби (анализ зарубежной литературы) / М.В. Арансон, Э.С. Озолин, О.В. Тупоногова, Л.Н. Овчаренко // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2022. – № 6(208). – С. 21-27.
8. Мамадалиев, А.Т. Современная технология планирования и контроля тренировочной нагрузки в регби / А.Т. Мамадалиев // Актуальные проблемы физического воспитания студентов: Материалы Международной студенческой научно-практической конференции, Чебоксары, 26 февраля 2026 года. – Чебоксары-Ташкент: Чувашский государственный аграрный университет, 2026. – С. 692-696.
9. Бернштейн, Н.А. О ловкости и ее развитии / Н.А. Бернштейн. – Москва: Физкультура и спорт, 1991. – 288 с.
10. Лях, В.И. Понятия «координационные способности» и «ловкость» / В.И. Лях // Теория и практика физической культуры. – 1993. – № 8. – С. 44-47.
11. Anthropometric and physiological characteristics of elite male rugby players / J. Brazier, M. Antrobus, G.K. Stebbings [et al.] // Journal of Strength and Conditioning Research. – 2020 – Vol. 34. – P. 1790-1801.
12. Gabbett, T. Applied physiology of rugby league / T. Gabbett, T. King, D. Jenkins. – Sports Medicine, 2008. – No. 38. – P. 119-138.

REFERENCES

1. Ivanov V.A. Integral training in the structure of the training process of qualified rugby players: the author’s abstract. Moscow, 2004. 24 p. (in Russ.)
2. Till K., Weakley J., Read D.B. et al. Applied sports science for the men's Rugby Union of England. *Open Sports Medicine*, 2020, no. 6, p. 14. DOI: 10.1186/s40798-020-0236-6.
3. Kolesnikov M.B. The development of spatial orientation among rugby players aged 15-16. Science and Technology in the Field of Physical Culture and Sports: Collection of articles of the Annual Scientific and Practical Conference of Scientific and Pedagogical Staff of the Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health (St. Petersburg, June 02-06, 2025). Saint Petersburg: Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health, 2025, pp. 72-77. (in Russ.)
4. Sakharova M.V. Fundamentals of training in youth rugby. Moscow, Sportna Publ., 2005. 319 p. (in Russ.)
5. Till K., Burrell D., Lawn J. et al. “Broad and promising - narrow and focused”. A two-pronged approach to the identification and development of talents in the Rugby Union of England. Identification and development of talents in sports. Routledge, 2020, 14 p.
6. Mustafina A.R. Characteristics of the movement of rugby players depending on their position. Scientific Research in the Modern World: Experience, Problems and Prospects for Development: Collection of scientific articles based on the XV International Scientific and Practical Conference (Ufa, October 18, 2024). Ufa: LLC Scientific Publishing Center Bulletin of Science, 2024. pp. 210-212. (in Russ.)
7. Aranson M.V., Ozolin E.S., Tuponogova O.V., Ovcharenko L.N. Training methods in rugby (analysis of foreign literature). *Scientific Notes of*

the P.F. Lesgaft University, 2022, no. 6(208), pp. 21-27. (in Russ.)
8. Mamadaliev A.T. Modern technology of planning and control of training load in rugby. Actual Problems of Physical Education of Students: Materials of the International Student Scientific and Practical Conference (Cheboksary, February 26, 2026). Cheboksary-Tashkent: Chuvash State Agrarian University, 2026. pp. 692-696. (in Russ.)
9. Bernstein N.A. On dexterity and its development. Moscow: Fizicheskaya kul'tura i sport, 1991. 288 p. (in Russ.)
10. Lyakh V.I. Concepts of "coordination abilities" and "dexterity". *Theory and Practice of Physical Culture*, 1993, no. 8, pp. 44-47. (in Russ.)
11. Brazier J., Antrobus M., Stebbings G.K., Day S.H., Callus P., Erskine R.M., Bennett M.A., Kilduff L.P., Williams A.G. Anthropometric and physiological characteristics of elite male rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2020, vol. 34, pp. 1790-1801.
12. Gabbett T., King T., Jenkins D. Applied physiology of rugby league. *Sports Medicine*, 2008, no. 38, pp. 119-138.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Ирина Николаевна Калинина – доктор биологических наук, профессор, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар, e-mail: kalininirina@yandex.ru.
Игорь Дмитриевич Митин – магистрант, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар.
Владислав Валерьевич Лавриченко – кандидат биологических наук, доцент, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар.
Александра Сергеевна Прохорцева – старший преподаватель, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар.
Асиет Амербиевна Тхагова – кандидат биологических наук, Майкопский государственный технологический университет, Майкоп.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Irina N. Kalinina – Doctor of Biological Sciences, Professor, Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar, e-mail: kalininirina@yandex.ru.
Igor D. Mitin – Master's student, Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar.
Vladislav V. Lavrichenko – Candidate of Biological Sciences, Senior Lecturer, Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar.
Aleksandra S. Prokhortseva – Senior Lecturer, Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar.
Asiet A. Tkhagova – Candidate of Biological Sciences, Maykop State Technological University, Maykop.

Для цитирования: Взаимосвязь координационных способностей регбистов 14-15 лет с показателями специальной физической подготовленности / И.Н. Калинина, И.Д. Митин, В.В. Лавриченко [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_5

For citation: Kalinina I.N., Mitin I.D., Lavrichenko V.V., Prokhortseva A.S., Tkhagova A.A. The relationship of the coordination abilities of 14-15-year-old rugby players with the special physical fitness indicators. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_5

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_6
УДК 796; 159.91

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_6
UDC 796; 159.91

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОРРЕКЦИОННО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НЕЙРОБИОУПРАВЛЕНИЯ ПО БЕТА-РИТМУ ГОЛОВНОГО МОЗГА НА ОРГАНИЗМ СПОРТСМЕНОВ СИТУАЦИОННЫХ ВИДОВ СПОРТА

Ю.В. Корягина[1], Ю.В. Кушнарева[1], С.В. Нопин[1], О.С. Збицкая[1], А.С. Нопин[2]

[1]Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства», г. Ессентуки, Россия

[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Целью работы явилось определение эффективности коррекционно-восстановительных воздействий нейробиоуправления по бета-ритму головного мозга на организм спортсменов ситуационных видов спорта. ***Методы.*** В исследовании приняло участие 64 спортсмена мужского и женского полов, разделенных на основную и контрольную группы. У спортсменов основной группы был проведен курс тренинга с биологической обратной связью по бета-ритму головного мозга (бета-тренинг). Сеанс бета-тренинга включал графическую (10 мин) и игровую (16 мин) сессии, курс состоял из 8 сеансов. Перед первым и после последнего сеанса бета-тренинга проводили регистрацию физиологических сигналов и психофизиологическое тестирование. ***Результаты.*** Под влиянием курса бета-тренинга у спортсменов-мужчин наблюдались повышение амплитуды бета-ритма и индекса альфа-ритма, снижение тревожности и психоэмоционального напряжения, также повышалась психическая работоспособность и ритмичность дыхания. У женщин снижались тревожность и психоэмоциональное напряжение даже в большей степени, чем у мужчин, повышались психическая работоспособность, частота и ритм дыхания. ***Заключение.*** Основными эффектами воздействия бета-тренинга на спортсменов ситуационных видов спорта являются снижение тревожности и психоэмоционального напряжения, повышение психической работоспособности.

Ключевые слова: спортсмены, нейробиоуправление, бета ритм головного мозга, психическая работоспособность, функциональное состояние.

ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF CORRECTIVE AND RESTORATIVE EFFECTS OF BETA-WAVE NEUROFEEDBACK ON SITUATIONAL SPORTS ATHLETES

Yu.V. Koryagina[1], Yu.V. Kushnareva[1], S.V. Nopin[1], O.S. Zbitskaya[1], A.S. Nopin[2]

[1]North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency, Essentuki, Russia

[2]Russian University of Medicine, Moscow, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The objective of the study was to identify the efficiency of the corrective and restorative effects of beta-wave neurofeedback on situational sports athletes. ***Methods.*** The study involved 64 male and female athletes, divided into the main and control groups. The main group athletes went through a course of beta-wave biofeedback training (beta training). A beta training session included a graphic (10 min) and a game (16 min) parts and consisted of 8 sessions total. Before the first and after the last beta training session, physiological signals were recorded and psychophysiological testing was performed. ***Results.*** Under the influence of the beta training course, male athletes had an increase in the beta wave amplitude, the alpha wave index, a decrease in levels of anxiety and psychoemotional stress, and an increase levels of mental performance and respiratory rhythm. Women had reduced levels of anxiety and psychoemotional stress even more than men had, while levels of mental performance, respiratory rate and rhythm increased. ***Conclusion.*** The main effects of beta-training on situational sports athletes are a decrease of levels of anxiety and psychoemotional stress and enhanced mental performance.

Keywords: athletes, neurofeedback, beta-wave, mental performance, functional state.

Введение. Нейробиоуправление – технология, основанная на принципах биологической обратной связи (БОС) по ритмам головного мозга (ГМ), давно эффективно применяется во многих отраслях медицины [1-3] и в спорте [4-6]. Перспективы применения нейробиоуправления в спортивной медицине связывают с неинвазивным и нефармакологическим воздействием на организм человека, вызывающим изменения

функционального состояния по управляемым параметрам и функциям организма. Однако малоизученными в настоящее время остаются вопросы влияния нейробиоуправления на регуляцию функций, проявляющейся в динамике ритмической активности коры ГМ, показателях состояния нервной и висцеральных систем организма спортсменов. Также необходимо отметить, что нейротренинги, стимулирующие бета-ритм, практически не изучены по сравнению с альфа-ритмом ГМ у спортсменов, но как показывают пилотные исследования, не менее перспективны [7, 8].

Целью работы явилось определение эффективности коррекционно-восстановительных воздействий нейробиоуправления по бета-ритму ГМ на организм спортсменов ситуационных видов спорта.

Методы и организация исследования. Исследование проводилось на базах Реабилитационно-восстановительного центра для спортсменов спортивных сборных команд России на горе Малое Седло и центра восстановления и реабилитации спортсменов «Орион» в г. Кисловодске. В нем приняло участие 64 спортсмена ситуационных видов спорта (преимущественно единоборства), из них 13 мужчин основная группа (ОГ), 10 – контрольная группа (КГ), женщины – 31 ОГ и 10 КГ соответственно. Возраст спортсменов – 18-30 лет. Критерии включения участников в исследование: спортсмены высокой квалификации ситуационных видов спорта. Критерии исключения: отказ от участия в исследовании, острые заболевания и травмы.

У спортсменов ОГ в период учебно-тренировочных сборов (УТС) был проведен курс нейробиоуправления – тренинга с биологической обратной связью по бета-ритму ГМ (далее – бета-тренинг). Спортсмены КГ выполняли тренировочные мероприятия по плану УТС, курс нейробиоуправления у них не проводили. Исследование выполнено в подготовительный период тренировочного процесса, все исследования начинались на 2 и 3 день пребывания на сборах, продолжительность которых составляла 14-15 дней.

Бета-тренинг проводился на многоканальном устройстве «БИ-012-2» с программным обеспечением «Бослаб» (ООО «КОМСИБ», Россия), обеспечивающим одновременный мониторинг и запись сигналов электроэнцефалограммы, электромиограммы мышц лба, электрокардиограммы, вариабельности сердечного ритма (ВСР), фотоплетизмограммы, дыхания.

Сеанс бета-тренинга включал графическую (10 мин, аудиальная обратная связь) и игровую (16 мин, визуальная обратная связь) сессии, курс состоял из 8 сеансов. Эффективность бета-тренинга вычисляли программой по динамике средних значений амплитуд бета- и тета-ритмов ГМ при их мониторинге до и после каждого тренинга. Перед первым и после последнего сеанса бета-тренинга проводили регистрацию физиологических сигналов и психофизиологическое тестирование на аппаратно-программном комплексе «Спортивный психофизиолог» [9].

Статистическая обработка данных проводилась с помощью компьютерной программы Statistica 13.0. Рассчитывали стандартные показатели описательной статистики: медиана, верхний и нижний квартили (Me [Q1; Q3]). Сравнение показателей осуществлено с помощью непараметрических критериев Вилкоксона (для анализа динамики данных в двух зависимых группах) и U-критерия Манна-Уитни (для оценки различий между двумя независимыми группами).

Результаты исследования и их обсуждение. Сравнение основных показателей сердечно-сосудистой системы (ССС) у мужчин-спортсменов ситуационных видов спорта до и после курса бета-тренинга показал тенденцию к снижению показателей частоты сердечных сокращений (ЧСС) (ОГ: до – 73 [69; 91] уд/мин, после – 70 [68; 85] уд/мин; КГ: до – 83,5 [63; 87] уд/мин; после – 75 [71; 80] уд/мин) и артериального давления к концу УТС как в ОГ, так и в КГ без достоверных различий. Показатель амплитуды фотоплетизмограммы в ОГ статистически значимо повышался (до – 618,08 [496,69; 1037,58] мВ, после – 1012,98 [808,64; 1282,83] мВ; $p<0,03$), имелась тенденция к повышению индекса жесткости (до – 7,43 [7,35; 8,03] м/с, после – 8,01 [7,37; 8,96] м/с), что свидетельствует о сосудосуживающем эффекте.

Выявлено статистически значимое изменение частотных параметров ВСР: снижение мощности очень медленных волн VLF (сверхнизкочастотных) (до – 1115,16 [768,12; 2865,17] мс², после – 808,4 [295,26; 1436,7] мс²; p<0,05), мощности быстрых волн HF% (до – 26,59 [20,91; 38,28] %, после 12,14 [8,21; 25,8] %; p<0,05) и повышение мощности быстрых волн LF nu (нормализованных) (до – 58,07 [43,91; 68,74] %, после – 74,87 [59,67; 86,15] %). Полученные данные свидетельствуют о выраженном преобладании симпатической регуляции сердечного ритма и резком увеличении активности центральной регуляции над автономной.

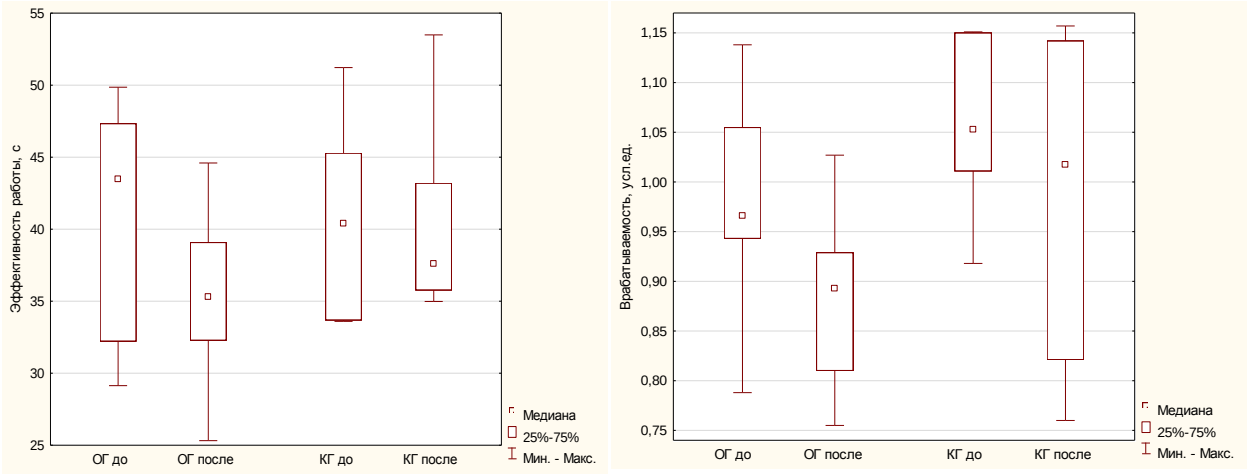
Анализ параметров ритмов головного мозга у мужчин-спортсменов ситуационных видов спорта ОГ и КГ до и после курса нейробиоуправления по бета-ритму головного мозга (фаза мониторинга) показал статистически значимое повышение индекса альфа-ритма головного мозга (до – 33,81 [32,64; 40,77] %, после – 37,08 [31,93; 45,24] %, p<0,05). Также имелась тенденция к снижению тета-ритма головного мозга (до – 2,56 [1,8; 3,6] мкВ, после – 2,18 [1,68; 2,84] мкВ) и индекса тета-ритма головного мозга (до – 38,98 [36,81; 42,24] %, после – 34,88 [33,68; 41,75] %).

По показателям внешнего дыхания установлено статистически значимое повышение моды частоты дыхания (до – 0,283 [0,233;0,317];после–0,3[0,267;0,35],p<0,05), что также свидетельствует о повышении его ритмичности. В КГ мода частоты дыхания снижалась (до – 0,325 [0,283; 0,333], после – 0,292 [0,25; 0,333], p<0,05).

Данные психофизиологического тестирования показывают тенденцию к снижению ситуативной (до – 28 [25; 33] баллов; после – 27 [23; 30] баллов) и личностной (до – 28 [26; 31] баллов; после – 26 [24; 31] баллов) тревожности.

После курса бета-тренинга у мужчин-спортсменов ситуационных видов спорта статистически значимо повысилась психическая работоспособность: эффективность психической работы (рис. 1А) и психическая врабатываемость (рис. 1Б).

Анализ основных показателей ССС у женщин-спортсменок ситуационных видов спорта до и после курса нейробиоуправления по бета-ритму головного мозга показал статистически значимое снижение только индекса жесткости (до – 8,11 [6,86; 9,59] м/с, после – 7,81 [6,68; 9,59] м/с, p<0,05). По параметрам ВСР у женщин статистически значимо повышалась мощность очень медленных волн (до – 27 [15,83; 35,82] %, после – 35,03 [27,82; 44,05] %, p<0,0001), снижалась мощность быстрых волн (до – 34,3 [22,82; 49,68], после – 22,77 [16,72; 38,63], p<0,04). Также к концу курса происходило статистически значимое снижение показателя адекватности процессов регуляции (до – 43,53 [31,25; 68,37] усл.ед.; после – 39,19 [31,48; 58,85] усл.ед., p<0,05).



А Б

Рис. 1. Показатели психической работоспособности по тесту Шульте у спортсменов-мужчин ситуационных видов спорта основной (ОГ) и контрольной групп (КГ) до и после курса бета-стимулирующего тренинга. А – эффективность психической работы; Б – психическая врабатываемость

Значимых различий параметров ритмов головного мозга у женщин-спортсменов ситуационных видов спорта до и после курса нейробиоуправления по бета-ритму головного мозга (фаза мониторинга) выявлено не было, но имелась тенденция к повышению амплитуды альфа-ритма головного мозга (до – 2,07 [1,53; 2,74] мкВ, после – 2,3 [1,77; 2,87] мкВ). К концу курса бета-стимулирующего тренинга у женщин значимо снижались показатели суммарной биоэлектрической активности мышц лба и всех параметров кожной проводимости, что свидетельствует о снижении психоэмоционального напряжения (табл. 1).

Под влиянием курса бета-стимулирующего тренинга у женщин-спортсменок ситуационных видов спорта статистически значимо повышались частота дыхания и мода частоты дыхания, снижались длительность дыхательного цикла, выдоха и RR-интервалов на дыхательном цикле (табл. 2). Следовательно, дыхание становилось чаще и ритмичнее.

Таблица 1

Параметры ЭМГ и кожно-гальванической реакции у женщин-спортсменок ситуационных видов спорта ОГ и КГ до и после курса нейробиоуправления по бета-ритму головного мозга (фаза мониторинга), Me [Q1; Q3]

Показатели	ОГ (n=31)			КГ (n=13)		
	До	После	P<	В начале УТС	В конце УТС	P<
ЭМГинт, мкВ	10,06 [7,42; 12,74]	8,38 [6,58; 13,04]	0,03	9,72 [7,73; 16,62]	11,74 [8,16; 16,29]	–
КПр, мкС	4,72 [2,14; 10,06]	1,91 [1,2; 4,17]	0,0001	7,31 [4,65; 13,88]	2,15 [1,14; 4,03]	0,003
Част.спонт.реакций КПр, 1/мин	3 [1,1; 10]	1,1 [0,01; 3,7]	0,0001	6,7 [1,2; 8]	2,4 [0,5; 5,6]	0,01
Ампл. КПр, мкС	0,38 [0,2; 0,63]	0,19 [0,01; 0,354]	0,001	0,489 [0,222; 0,553]	0,144 [0,087; 0,278]	0,004
Размах КПр, мкС	5,83 [3,65; 9,42]	3,12 [0,25; 5,25]	0,001	6,94 [3,13; 10,87]	2,12 [0,88; 4,96]	0,006

Примечание: ЭМГ – электромиография; ОГ – основная группа; КГ – контрольная группа; ЭМГинт – среднее значение суммарной биоэлектрической активности мышцы (лоб); КПр – кожная проводимость КГР; Част.спонт.реакций КПр – частота спонтанных реакций кожной проводимости КГР; Ампл. КПр – амплитуда кожной проводимости КГР; Размах КПр – размах кожной проводимости КГР; УТС – учебно-тренировочные сборы; P – по критерию Вилкоксона.

Анализ психофизиологических показателей выявил, что под влиянием курса бета-стимулирующего тренинга у женщин-спортсменок ситуационных видов спорта статистически значимо снизились ситуативная (до – 29 [25; 37] баллов; после – 28 [22; 34] баллов, $p<0,05$) и личностная (до – 31 [27; 39] баллов; после – 30 [25; 37] баллов, $p<0,02$) тревожность. Также у женщин статистически значимо повысилась психическая работоспособность: эффективность психической работы (рис. 2А) и психическая врабатываемость (рис. 2Б). У женщин-спортсменок КГ изменений тревожности и психической работоспособности выявлено не было.

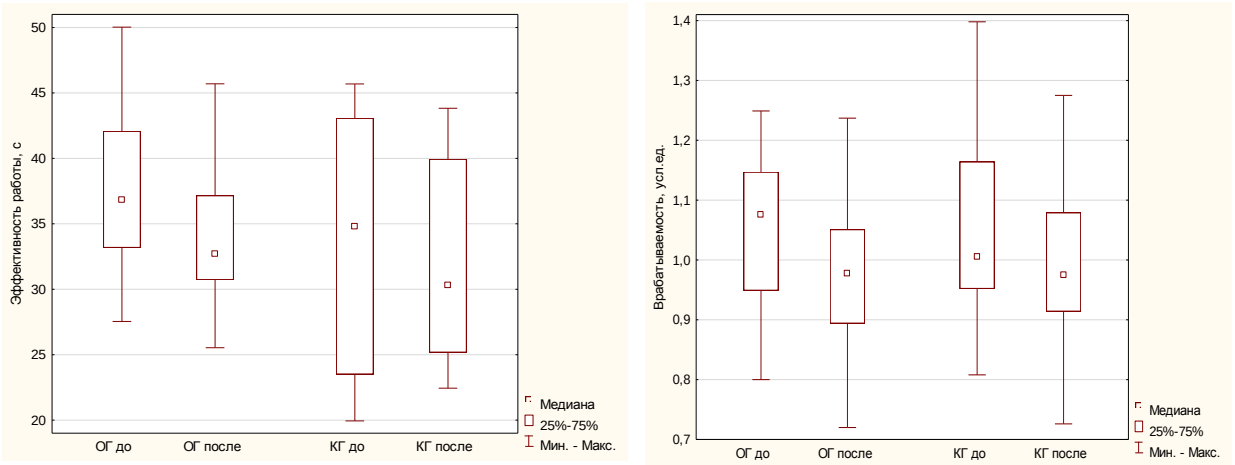
Эффекты тренинга по порогу бета-ритма. Ежедневное определение порога бета-ритма в период курса тренинга у мужчин-спортсменов показал, что наибольший эффект был достигнут после пятого сеанса, что подтверждалось статистически значимыми различиями динамики индекса бета-ритма головного мозга на 5-м сеансе (мужчины – $p<0,001$; женщины – $p<0,02$), а также различиями результатов индекса бета-ритма 5-го сеанса с 1-м (мужчины – $p<0,04$) (рис. 3, 4).

Таблица 2

Параметры дыхания у женщин-спортсменов ситуационных видов спорта ОГ и КГ до и после курса нейробиоуправления по бета-ритму головного мозга (фаза мониторинга), Me [Q1; Q3]

Показатели	ОГ (n=31)			КГ (n=13)		
	До	После	P<	В начале УТС	В конце УТС	P<
ЧД, вд/мин	17,96 [16,28; 19,43]	18,47 [17,74; 19,78]	0,006	17,45 [14,26; 22,58]	16,58 [14,57; 18,33]	–
Мода ЧД, Гц	0,283 [0,267; 0,317]	0,292 [0,27; 0,317]	0,01	0,2 [0,067; 0,283]	0,267 [0,233; 0,317]	0,02
ДДЦ, с	3,58 [3,23; 3,97]	3,38 [3,1; 3,56]	0,009	3,37 [2,6; 4,57]	3,74 [3,39; 4,21]	–
ДДЦ ст. откл, с	0,784 [0,607; 1,018]	0,749 [0,58; 1,084]	–	1,372 [0,95; 1,949]	0,711 [0,532; 1,17]	0,03
ДДЦ Коэф. вар, %	23,61 [17,81; 29,16]	22,55 [17,62; 30,47]	–	40,21 [23,33; 78,24]	20,03 [15,22; 27,09]	0,008
ДВ, с	2,18 [1,8; 2,36]	2,01 [1,81; 2,17]	0,04	1,88 [1,32; 2,8]	2,3 [1,96; 2,54]	–
Rio, усл. ед.	0,715 [0,669; 0,792]	0,719 [0,671; 0,764]	–	0,798 [0,695; 2,573]	0,656 [0,561; 0,752]	0,02
NNbc	4,37 [3,74; 5,16]	4,06 [3,62; 4,56]	0,008	3,95 [1,7; 5,55]	4,65 [3,92; 5,51]	–

Примечание: ОГ – основная группа; КГ – контрольная группа; ЧД – частота дыхания; Мода ЧД – мода частоты дыхания; ДДЦ – длительность дыхательных циклов; ДДЦ ст. откл – стандартное (среднеквадратичное) отклонение ДДЦ; ДДЦ Коэф. вар – коэффициент вариации ДДЦ; ДВ – длительность выдоха; Rio – соотношение длительности фаз вдоха и выдоха; NNbc – количество RR-интервалов на дыхательном цикле, P – по критерию Вилкоксона.



А Б

Рис. 2. Показатели психической работоспособности по тесту Шульте у спортсменок-женщин ситуационных видов спорта основной (ОГ) и контрольной групп (КГ) до и после курса бета-стимулирующего тренинга. А – Эффективность психической работы; Б – Психическая врабатываемость

Как показали результаты исследования, вегетативные реакции на курс бета-стимулирующего тренинга, повышающего бета-ритм у мужчин и женщин, несколько отличались. У мужчин наблюдались явления увеличения симпатикотонии и централизации в управлении ритмом сердца. Это не случайно, т.к. бета-ритм является ритмом напряжения, следовательно его увеличение наряду с ростом

психической работоспособности у мужчин вызывал и увеличение напряжения механизмов вегетативной регуляции. У женщин этого не наблюдалось, по-видимому вследствие того, что бета-ритм у них изначально был выше, чем у мужчин, т.е. они постоянно находятся в большем напряжении психофизиологических функций, поэтому увеличение работоспособности не вызывает у них чрезмерного напряжения систем вегетативной регуляции.

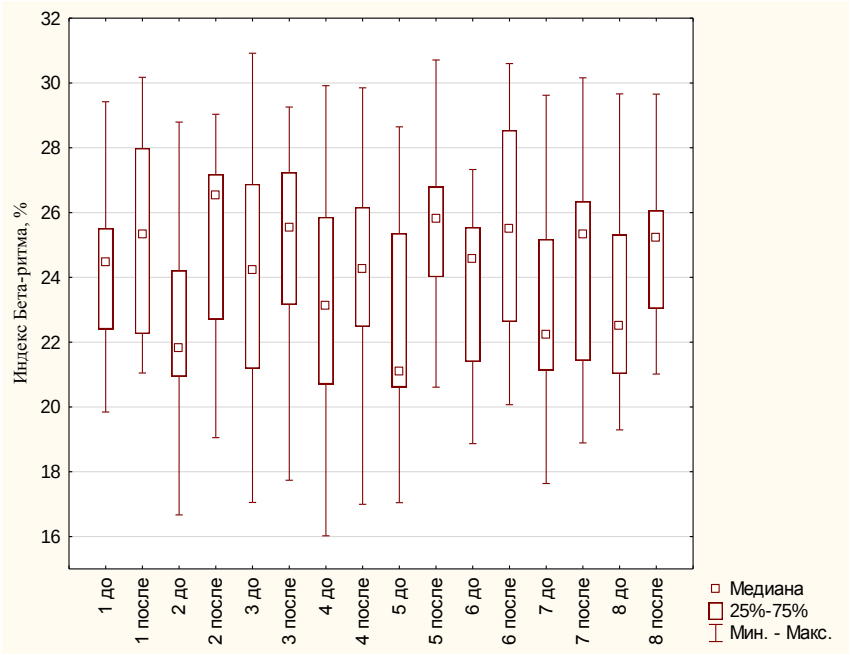


Рис. 3. Индекс бета-ритма головного мозга у мужчин-спортсменов ситуационных видов спорта при определении достигнутого порога на протяжении 8-ми сеансов курса тренинга

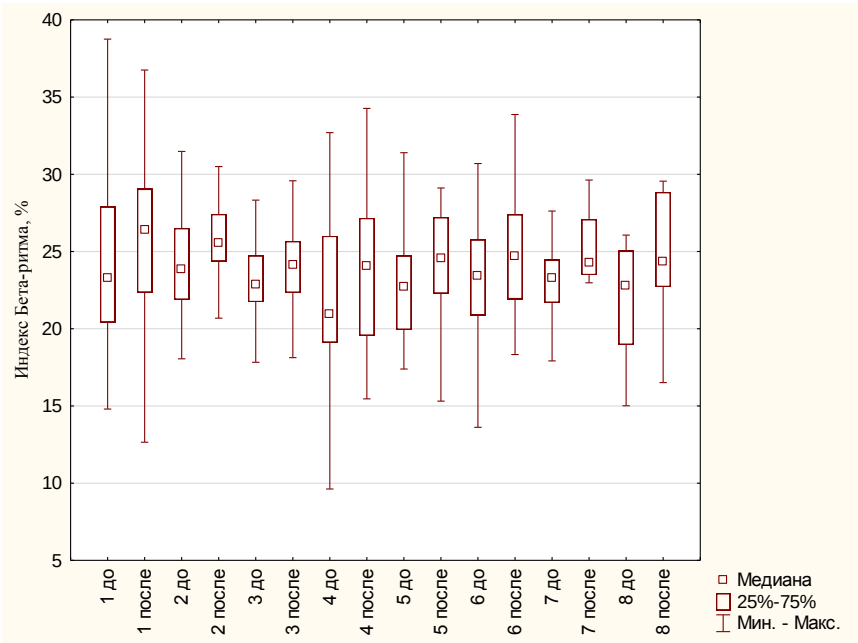


Рис. 4. Индекс бета-ритма головного мозга у женщин-спортсменок ситуационных видов спорта при определении достигнутого порога на протяжении 8-ми сеансов курса тренинга

Заключение. Таким образом, под влиянием курса бета-стимулирующего тренинга у спортсменов ситуационных видов спорта мужского пола наблюдались повышение амплитуды бета-ритма, индекса альфа-ритма, снижение тревожности и психоэмоционального напряжения, повышалась психическая работоспособность и ритмичность

дыхания. У женщин психофизиологические реакции были схожи с мужчинами: снижались тревожность и психоэмоциональное напряжение даже в большей степени, чем у мужчин, повышались психическая работоспособность, частота и ритм дыхания. Бета-тренинг у них более успешен с точки зрения достижения оптимального функционального состояния. Опытным путем было установлено, что достижение значимых эффектов в повышении бета-ритма головного мозга и спортсменов ситуационных видов спорта происходит на 5 сеансе бета-стимулирующего тренинга.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа выполнена по государственному заданию ФМБА России по теме НИР: «Разработка методик нейробиоуправления по бета-ритму головного мозга для высококвалифицированных спортсменов с разными видами спортивной деятельности», шифр – «БОС-тренинг 25-26».

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Financing. The work was carried out under the state assignment of the FMBA of Russia on the topic of the research project: “Development of beta-wave neurofeedback techniques for elite athletes of different sports”, code – “BOS training 25-26”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скок, А.Б. ЭЭГ-биоуправление при лечении аддиктивных расстройств и синдрома дефицита внимания: обоснование и подходы / А.Б. Скок, О.С. Шубина, М.Б. Штарк // Биоуправление-4. Теория и практика. – 2002. – С. 142-150.
2. Применение фМРТ и одновременного фМРТ-ЭЭГ нейробиоуправления в постинсультной моторной реабилитации / Д.Д. Безматерных, К.В. Калгин, П.Е. Максимова [и др.] // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2021. – Т. 171. – № 3. – С. 364-368.
3. Конструкция, место и клиническая эффективность технологии интерактивной терапии (стимуляции) мозга при цереброваскулярной патологии / А.А. Савелов, Н.А. Хрущева, К.В. Калгин [и др.] // Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. – 2023. – Т. 12. – № 1. – С. 25-38.
4. Черапкина, Л.П. Прогностическая ценность модификаций показателей ЭЭГ после курса нейробиоуправления у спортсменов / Л.П. Черапкина // Психология. Психофизиология. – 2021. – Т. 14. – № 2. – С. 133-140.
5. Черапкина, Л.П. Особенности влияния нейробиоуправления на психофункциональное состояние спортсменов различной квалификации / Л.П. Черапкина // Спортивная медицина и реабилитация: традиции, опыт и инновации. – 2023. – С. 186-192.
6. Эффекты и проблемы применения нейробиоуправления для восстановления и оптимизации состояния спортсменов / Ю.В. Корягина, С.М. Абуталимова, Н.В. Лунина [и др.] // Человек. Спорт. Медицина. – 2025. – Т. 25. – № 2. – С. 183-189.
7. Лунина, Н.В. Динамика психофизиологических показателей спортсменов при бос-тренинге по бета-ритму головного мозга / Н.В. Лунина, С.В. Нопин // Человек. Спорт. Медицина. – 2023. – Т. 23. – № S2. – С. 7-12.
8. Лунина, Н.В. Самоорганизация нейродинамических процессов у спортсменов при БОС-тренинге по β-ритму головного мозга различной продолжительности / Н.В. Лунина, Ю.В. Корягина // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8. – № 1. – С. 101-109.
9. Кушнарева, Ю.В. Влияние бета-стимулирующего тренинга на психофункциональное состояние борцов сумо, тренирующихся в условиях среднегорья / Ю.В. Кушнарева, Ю.В. Корягина // Российский журнал спортивной науки: медицина, физиология, тренировка. – 2025. – Т. 4. – №4(16). DOI: 10.24412/2782-6570-2025_04_04_7.

REFERENCES

1. Skok A.B., Shubina O.S., Shtark M.B. Neurobiofeedback in the Treatment of Addictive Disorders and Attention Deficite Syndrome: Basis and Approaches. In: Biofeedback-4. Theory and Practice, 2002. pp. 142-150. (in Russ.)
2. Bezmaternykh D.D., Maximova P.E. et al. Application of FMRI and Simultaneous FMRI-EEG Neurofeedback in Post-strokeMotor Rehabilitation. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 2021, vol. 171, no. 3, pp. 364-368. (in Russ.)
3. Savelov A.A., Khrushcheva N.A., Kalgin K.V. et al. Structure, place, and clinical efficacy of the interactive brain therapy (stimulation) technology in cerebrovascular diseases. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*, 2023, vol. 12, no. 1, pp. 25-38. (in Russ.)

4. Cherapkina L.P. Prognostic value of EEG modifications after neurobiofeedback treatment in athletes. *Psychology. Psychophysiology*, 2021, vol. 14, no. 2, pp. 133-140. (in Russ.)
5. Cherapkina L.P. Peculiarities of the effect of neurofeedback on psychofunctional state of athletes of different qualifications. Sports Medicine and Rehabilitation: traditions, experience and innovations: materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Krasnodar, 2023. pp. 186-192. (in Russ.)
6. Koryagina Yu.V., Abutalimova S.M., Lunina N.V. et al. The potential of neurofeedback in sports medicine and physiology. *Human. Sport. Medicine*, 2025, vol. 25, no. 2, pp. 183-189. (in Russ.)
7. Lunina N.V., Nopin S.V. Psychophysiological changes in athletes during beta-wave biofeedback training. *Human. Sport. Medicine*, 2023, vol. 23, no. S2, pp. 7-12. (in Russ.)
8. Lunina N.V., Koryagina Yu.V. Self-organization of neurodynamic processes in athletes during biofeedback training of brain beta-rhythm of different duration. *Modern Issues of Biomedicine*, 2024, vol. 8, no. 1, pp. 101-109. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_01_10. (in Russ.)
9. Kushnareva Yu.V., Koryagina Yu.V. Effect of beta-stimulating training on the psychofunctional state of sumo wrestlers training in mid-mountain conditions. *Russian Journal of Sports Science: Medicine, Physiology, Training*, 2025, vol. 4, no. 4(16). DOI: 10.24412/2782-6570-2025_04_04_7. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Юлия Владиславовна Корягина – доктор биологических наук, профессор, руководитель центра медико-биологических технологий, Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства, Ессентуки, e-mail: nauka@skfmba.ru.
Юлия Валериевна Кушнарева – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник центра медико-биологических технологий, Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства, Ессентуки, e-mail: u.v.kushnareva@skfmba.ru.
Сергей Викторович Нопин – доктор биологических наук, главный научный сотрудник центра медико-биологических технологий, Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства, Ессентуки, e-mail: work800@yandex.ru.
Ольга Сергеевна Збицкая – научный сотрудник центра медико-биологических технологий, Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства, Ессентуки.
Александр Сергеевич Нопин – студент, Российский университет медицины, Москва.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Yulia V. Koryagina – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Center of Biomedical Technologies, North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency, Essentuki, e-mail: nauka@skfmba.ru.
Yulia V. Kushnareva – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Center of Biomedical Technologies, North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency, Essentuki, e-mail: u.v.kushnareva@skfmba.ru.
Sergej V. Nopin – Doctor of Biological Sciences, Lead Researcher of the Center of Biomedical Technologies, North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency, Essentuki, e-mail: work800@yandex.ru.
Olga S. Zbitskaya – Researcher of the Center of Biomedical Technologies, North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency, Essentuki.
Aleksandr S. Nopin – Student, Russian University of Medicine, Moscow.

Для цитирования: Оценка эффективности коррекционно-восстановительных воздействий нейробиоуправления по бета-ритму головного мозга на организм спортсменов ситуационных видов спорта / Ю.В. Корягина, Ю.В. Кушнарева, С.В. Нопин [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_6

For citation: Koryagina Yu.V., Kushnareva Yu.V., Nopin S.V., Zbitskaya O.S., Nopin A.S. Assessment of the efficiency of corrective and restorative effects of beta-wave neurofeedback on situational sports athletes. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_6

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_7
УДК 612.135

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_7
UDC 612.135

СОСТОЯНИЕ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ДЕЙСТВИИ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА

А.А. Кустова[1,2], А.В. Дерюгина[1]

[1]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», г. Нижний Новгород, Россия

[2]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Нижний Новгород, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Система микроциркуляции, играющая ключевую роль в поддержании гомеостаза и адаптационного резерва организма, с возрастом подвергается структурным и регуляторным изменениям, что ведет к снижению ее функциональных возможностей. В этой связи актуальной задачей становится поиск средств, направленных на повышение адаптационного потенциала микрососудистого русла. Одним из перспективных направлений в этой области может являться использование молекулярного водорода, что обусловлено широким спектром его биологических эффектов. ***Методы.*** В работе исследовано действие молекулярного водорода на микроциркуляцию различных возрастных групп путем лазерной допплеровской флоуметрии с использованием лазерного анализатора капиллярного кровотока «ЛАЗМА СТ». ***Результаты.*** 14-дневное использование молекулярного водорода определило рост амплитуды эндотелиального компонента в 1 группе (средний возраст – 50,0±2,8 лет), а также нейрогенного и миогенного ритмов в 3 группе (средний возраст – 65,5±2,0 лет) по отношению к показателям до воздействия, что сопровождалось тенденцией к увеличению перфузии тканей и значимым снижением восстановленного никотинамидадениндинуклеотида фосфата и флавинадениндинуклеотида во всех возрастных группах. ***Заключение.*** Полученные результаты свидетельствуют о регулирующем действии молекулярного водорода на микроциркуляцию в большей степени через локальные механизмы, что способствует увеличению перфузии и усилению метаболизма тканей.

Ключевые слова: микроциркуляция, возраст, молекулярный водород.

MICROCIRCULATION IN DIFFERENT AGE GROUPS UNDER THE EXPOSURE OF MOLECULAR HYDROGEN

A.A. Kustova[1,2], A.V. Deryugina[1]

[1]Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia

[2]Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The microcirculation system, which plays a key role in maintaining homeostasis and the body's adaptive reserve, undergoes structural and regulatory changes with age, leading to a decrease in its functional capacity. Therefore, the search for methods aimed at increasing the adaptive potential of the microvascular bed has become a pressing issue. One of the promising directions in this area may be the use of molecular hydrogen due to a wide range of its biological effects. ***Methods.*** In this work, the effect of molecular hydrogen on microcirculation of different age groups was investigated with Laser Doppler Flowmetry using the LAZMA ST laser capillary blood flow analyzer. ***Results.*** 14-day use of molecular hydrogen has determined the increase in the amplitude of the endothelial component in group 1 (average age – 50.0±2.8 years) and neurogenic, myogenic rhythms in group 3 (average age – 65.5±2.0 years) in relation to the indicators before exposure, which was accompanied by a tendency to increase tissue perfusion and a significant decrease in nicotinamide adenine dinucleotide (reduced form) and flavin adenine dinucleotide in all age groups. ***Conclusion.*** The results obtained indicate that molecular hydrogen regulates microcirculation largely through local mechanisms, which contributes to increased perfusion and enhanced tissue metabolism.

Keywords: microcirculation, age, molecular hydrogen.

Введение. В наши дни для экономически развитых стран характерна тенденция увеличения продолжительности жизни, которая напрямую связана с сохранением здоровья населения [1]. Продолжительность жизни определяется функциональным состоянием органов и тканей, а их индивидуальный срок службы – от системы микроциркуляции [2]. Старение организма – процесс, во многом обусловленный и неразделимо связанный со старением сердечно-сосудистой системы. С возрастом происходит ряд изменений микроциркуляторного русла, таких как снижение плотности сосудов, нарушение ангиогенеза (уменьшение количества сосудов) [2]. Кроме того, по мере старения происходит перестройка механизмов регуляции микроциркуляции, что обосновано структурными изменениями в системе микроциркуляции. Данные изменения могут служить одной из основных причин старения и возрастных заболеваний [3, 4].

Кроме того, необходимо учитывать значимость периферического кровотока в развитии адаптационных возможностей тканевого метаболизма, трофики органов, который определяет транскапиллярный обмен и выступает в качестве важнейшего компонента системы гомеостаза.

Известно, что молекулярный водород (H_2) эффективно используется для коррекции нарушений со стороны микроциркуляторного русла, что подтверждают положительные результаты его применения на экспериментальных моделях ряда органов [5]. Однако до сих пор не до конца известно его влияние на поддержание гомеостаза [6]. Показано, что обогащенная H_2 вода может улучшить некоторые характеристики, связанные со старением, уменьшить различные воспалительные реакции, которые могут способствовать предотвращению запрограммированной гибели клеток [7], улучшить метаболизм питательных веществ [8].

H_2 – самый легкий газ, без цвета и запаха. Способен восстанавливать другие соединения, характеризуется нейтральностью по отношению к нормальному метаболизму и редокс-реакциям [6]. В качестве терапевтических преимуществ H_2 выделяют: малый размер молекул, позволяющий проникать через любые биологические мембраны; селективность действия, поскольку водород нейтрализует преимущественно цитотоксические радикалы, не проявляет токсических свойств даже при длительном воздействии [9, 10].

Действие H_2 характеризуется антиоксидантным, антиапоптическим; антишоковым [6]. H_2 подавляет аллергические [11] и воспалительные сигнальные пути [12]. Многообразие эффектов H_2 реализуется за счет взаимодействия его с ионами металлов (в составе сложных белков) и молекулами сигнальной трансдукции. В ходе такого взаимодействия происходят перераспределение электронной плотности и изменение свойств молекул [13].

При многообразии эффектов H_2 и доказанности его использования в коррекции многих патологических эффектов организма, которые в том числе обусловлены старением, не изучены возможности H_2 в профилактике микроциркуляторных изменений с возрастом. В мировой клинической практике до сих пор не существует единого протокола оценки состояния системной микроциркуляции. Многие диагностические методы используются ограничено [14]. Среди диагностических методов изучения тканевого кровотока наиболее перспективным и широко используемым считается лазерная допплеровская флоуметрия. Данная методика дает возможность как изучить индивидуальную адаптацию сосудов микроциркуляторного русла, так и раскрыть механизмы их регуляции [15].

Цель работы – оценить влияние H_2 на микроциркуляцию и показатели энергетического метаболизма у лиц разных возрастных категорий населения.

Методы и организация исследования. В исследование была включена группа из 30 здоровых добровольцев в возрасте 30-67 лет. У всех добровольцев не было системных или периферических сосудистых заболеваний, заболеваний соединительной ткани и дерматоза. Все обследуемые добровольцы имели не отягощенный вредными привычками (курение, алкоголизм, наркомания и др.) анамнез. Согласно классификации Всемирной организации здравоохранения, было сформировано три группы по 10 субъектов: группа 1 (молодого

возраста) – 18-44 лет (средний возраст составил 29,5±2,2 лет); группа 2 (среднего возраста) – 45-59 лет (средний возраст – 50,0±2,8 лет); группа 3 (пожилого возраста) – 60-74 лет (средний возраст – 65,5±2,0 лет). Группы не имели достоверных отличий по полу (1-я группа включала лиц мужского и женского полов 50/50%, 2-я группа – 55/45%, 3-я группа – 55/45% соответственно). Испытуемые были проинформированы и дали согласие на включение в исследование. Все исследования выполнялись с соблюдением следующих условий: перед началом регистрации микроциркуляции испытуемые находились около 20 мин. в спокойном состоянии в помещении с контролируемой температурой и влажностью (температура – 20-23°С, влажность – 40-60%). Перед исследованием испытуемые не принимали пищу или напитки, изменяющие состояние микроциркуляции. Тестирование проводилось в 10 ч утра в весенний период. Тестируемая область была открыта.

Употребление для питья воды с растворенным в ней H_2 – наиболее простой, удобный и эффективный метод введения H_2 в организм [16], добровольцы пили ежедневно 250 мл воды 1 раз в день на протяжении 7-и и 14-и суток. Для насыщения питьевой воды H_2 использовали генератор водорода «СПУТНИК-3»/Н-200 (Китай). Чистота водорода составляет 99,99%, поток водорода – 200±10%. Количество вырабатываемого молекулярного водорода – 200 мл/мин.

Регистрацию параметров микроциркуляции проводили путем лазерной допплеровской флоуметрии с использованием лазерного анализатора капиллярного кровотока «ЛАЗМА СТ» (ООО НПП «ЛАЗМА», Россия). Оценивали амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) отраженного сигнала. Для расчета АЧХ использовали вейвлет-анализ осцилляций кровотока и в соответствующих частотных диапазонах анализировали амплитуды эндотелиального (Аэ, пф.ед.), нейрогенного (Ан, пф.ед.), миогенного (Ам, пф.ед.), дыхательно (Ад, пф.ед.) и кардиального (Ас, пф.ед.) ритмов. Регистрировали показатель перфузии (М, перфузионные единицы – пф.ед.). Показатели энергетического обмена оценивали по амплитуде флуоресценции никотинамидадениндинуклеотид фосфата (НАДН) и флавинадениндинуклеотида (ФАД) с использованием спектральных фильтров: ультрафиолетовый – 365 нм для НАДН и синий – 450 нм для ФАД [17].

Экспериментальные данные обрабатывали статистически с использованием Microsoft Excel. Рассчитывали такие параметры, как среднее арифметическое выборочной совокупности и стандартное отклонение по критерию Стьюдента с поправкой Бонферрони. Различия считали достоверными при уровне значимости $p<0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Анализ полученных в работе результатов показал, что действие H_2 в течение 7 суток не привело к значимым изменениям исследуемых показателей. Воздействие H_2 в течение 14 суток определило рост осцилляций кровотока в 1 возрастной группе по эндотелиальному компоненту на 33% относительно значений до использования H_2, в 3 группе по нейрогенному и миогенному компонентам на 35% и 13% соответственно относительно значений до использования H_2 (табл. 1). Также в 3 группе при использовании H_2 был отмечен рост Ас в 2 раза по сравнению со значениями до использования H_2, тогда как во 2 возрастной группе этот показатель увеличивался по отношению к значению, полученному при использовании H_2 в течение 7 дней, что составило рост показателя в 2,5 раза. При этом показатель перфузии тканей имел тенденцию к увеличению и значимо увеличивался в 3 возрастной группе при 14-дневном использовании H_2 на 26% относительно значений при действии H_2 в течение 7 дней.

Регистрация метаболической активности показала, что после действия H_2 происходило уменьшение НАДН и ФАД во всех возрастных группах по сравнению с показателями групп без воздействия H_2 (табл. 2).

Факторы, регулирующие диаметр просвета сосудов, подразделяются на две группы – активные и пассивные. К активным факторам микроциркуляции относятся нейрогенный, эндотелиальный и миогенный. Эти факторы напрямую оказывают генерализованное влияние на микроциркуляторное русло, тем самым модулируют ток крови со стороны сосудистой стенки и

осуществляются с помощью мышечной составляющей. К пассивным факторам регуляции относят кардиальный или сердечный, второй фактор – дыхательный или респираторный. Эти факторы регуляции кровотока оказывают регулировку вне системы микроциркуляции [17]. Полученные результаты указывают на действие H_2 как через пассивные механизмы регуляции кровотока за счет роста пульсовых колебаний, так и через активные механизмы регуляции (рост амплитуд эндотелиального, нейрогенного и миогенного компонентов). При этом выявленное в работе при действии H_2 повышение значений амплитуд осцилляций эндотелиального, нейрогенного и миогенного диапазонов свидетельствуето большем вкладе активных факторов регуляции кровотока, что связано со снижением сосудистого тонуса, приводящего к увеличению общего притока крови в систему микроциркуляции, наблюдаемом при дилатации артериол [18]. Результаты согласуются с данными, которые показали, что употребление богатой H_2 воды усиливает сосудорасширяющие реакции, направленные на улучшение кровотока [19]. В свою очередь, отмеченное снижение показателей ФАД и НАДН свидетельствует о том, что при действии H_2 метаболизм усиливается во всех возрастных группах, что обусловлено положением, что основная масса флавопротеидов образуется при окислении продуктов с участием кислорода, а НАДН – при анаэробных процессах. Увеличение гликолиза и/или цикла Кребса и окислительного фосфорилирования приводит к аккумуляции данных соединений [20].

Таблица 1

Амплитудно-частотные характеристики микроциркуляции в разных возрастных группах при действии молекулярного водорода (H_2)

Показатель	Группы	До воздействия H_2	Использование H_2	
			7 суток	14 суток
Аэ, пф.ед.	1	0,72±0,13	0,91±0,24	0,96±0,20*
	2	0,66±0,09	0,72±0,06	0,81±0,30
	3	0,82±0,13	0,99±0,42	0,98±0,16
Ан, пф.ед.	1	0,67±0,22	1,03±0,29	1,03±0,21
	2	0,70±0,08	0,62±0,05	0,73±0,20
	3	0,78±0,05	1,08±0,23	1,05±0,15*
Ам, пф.ед.	1	0,57±0,15	0,67±0,16	0,83±0,14
	2	0,59±0,05	0,78±0,25	0,69±0,14
	3	0,72±0,01	0,70±0,46	0,92±0,06*
Ад, пф.ед.	1	0,31±0,03	0,28±0,04	0,34±0,05
	2	0,35±0,04	0,43±0,11	0,43±0,05
	3	0,37±0,06	0,44±0,17	0,45±0,04
Ас, пф.ед.	1	1,69±0,43	1,32±0,28	2,04±0,17
	2	1,02±0,22	0,73±0,18#	1,84±0,56
	3	1,73±0,35	1,84±1,04	$3,50±0,09^{*,X}$
М, пф.ед.	1	16,92±2,52	17,35±2,25	21,49±2,93
	2	20,24±1,60	18,81±0,92	23,13±4,01
	3	22,03±2,20	19,57±1,18	$24,63±1,13^{X}$

Примечание: Аэ – амплитуда эндотелиального ритма; Ан – амплитуда нейрогенного ритма; Ам – амплитуда миогенного ритма; Ад – амплитуда дыхательного ритма; Ас – амплитуда сердечного ритма; М – показатель перфузии; * – $p<0,05$, статистическая значимость показателей по отношению к показателям до воздействия H_2; # – $p<0,05$, статистическая значимость показателей по отношению к 1 группе; ^{X} – $p<0,05$, статистическая значимость показателей между 2 и 3 группами.

Таблица 2

Показатели метаболизма в разных возрастных группах при действии молекулярного водорода (H_2)

Показатель	Группы	До воздействия H_2	Использование H_2	
			7 суток	14 суток
НАДН	1	1,93±0,30	0,42±0,05*	0,37±0,08*
	2	0,96±0,12	0,29±0,08*	0,41±0,08*
	3	2,72±0,09	0,44±0,03*	0,46±0,21*
ФАД	1	3,03±0,52	1,78±0,29*	1,46±0,40*
	2	3,02±0,26	0,58±0,33*#	1,48±0,11*
	3	3,04±0,33	1,89±0,11*	1,50±0,24*

Примечание: НАДН – восстановленная форма кофермента никотинамидадениндинуклеотид фосфата; ФАД – окисленная форма кофермента флавинадениндинуклеотида; * – $p<0,05$, статистическая значимость показателей по отношению к показателям до воздействия H_2; # – $p<0,05$, статистическая значимость показателей по отношению к 1 группе.

Факторы, регулирующие диаметр просвета сосудов, подразделяются на две группы – активные и пассивные. К активным факторам микроциркуляции относятся нейрогенный, эндотелиальный и миогенный. Эти факторы напрямую оказывают генерализованное влияние на микроциркуляторное русло, тем самым модулируют ток крови со стороны сосудистой стенки и осуществляются с помощью мышечной составляющей. К пассивным факторам регуляции относят кардиальный или сердечный, второй фактор – дыхательный или респираторный. Эти факторы регуляции кровотока оказывают регулировку вне системы микроциркуляции [17]. Полученные результаты указывают на действие H_2 как через пассивные механизмы регуляции кровотока за счет роста пульсовых колебаний, так и через активные механизмы регуляции (рост амплитуд эндотелиального, нейрогенного и миогенного компонентов). При этом выявленное в работе при действии H_2 повышение значений амплитуд осцилляций эндотелиального, нейрогенного и миогенного диапазонов свидетельствует о большем вкладе активных факторов регуляции кровотока, что связано со снижением сосудистого тонуса, приводящего к увеличению общего притока крови в систему микроциркуляции, наблюдаемом при дилатации артериол [18]. Результаты согласуются с данными, которые показали, что употребление богатой H_2 воды усиливает сосудорасширяющие реакции, направленные на улучшение кровотока [19]. В свою очередь, отмеченное снижение показателей ФАД и НАДН свидетельствует о том, что при действии H_2 метаболизм усиливается во всех возрастных группах, что обусловлено положением, что основная масса флавопротеидов образуется при окислении продуктов с участием кислорода, а НАДН – при анаэробных процессах. Увеличение гликолиза и/или цикла Кребса и окислительного фосфорилирования приводит к аккумуляции данных соединений [20].

Обсуждая механизмы действия H_2 следует отметить, прежде всего, его способность избирательно нейтрализовывать токсичные активные формы кислорода (АФК) и оказывать антиапоптотическое, антиоксидантное, противовоспалительное действие [11]. При этом возрастные изменения в организме обусловлены накоплением свободных радикалов, когда защитные механизмы не справляются с повреждениями, вызванными АФК, особенно в митохондриях [20]. Митохондрии – важнейшие органеллы, отвечающие за выработку энергии посредством окислительного фосфорилирования, которое необходимо для жизнедеятельности клеток и синтеза аденозинтрифосфата [21]. Следовательно, H_2, обладая антиоксидантным действием, может вызывать улучшение состояния мембран как митохондрий, так и сосудистой стенки, что будет способствовать улучшению метаболизма и состоянию микроциркуляции. Кроме того, H_2 может снижать

экспрессию миелопероксидазы [22], уменьшать активность митохондриальной оксидоредуктазы [23] и стабилизировать мембранный потенциал митохондрий [15], тем самым снижая повреждение тканей в результате окислительного стресса.

Заключение. При действии H_2 отмечается улучшение микроциркуляции и перфузии тканей, что сопряжено с улучшением метаболических процессов. Влияя на клеточный метаболизм и сохраняя тканевую перфузию действие H_2, по всей видимости, определяет увеличение адаптационных возможностей организма в целом. Увеличение продолжительности употребления H_2 оказывает более выраженное действие за счет активации пассивных и активных механизмов регуляции микроциркуляции.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Состояние кожной микроциркуляции у больных пожилого и старческого возраста с сердечно-сосудистой патологией / А.А. Шелеляева, Д.А. Рощина, В.С. Гулакова [и др.] // Смоленский медицинский альманах. – 2021. – № 3. – С. 172-174.
2. Jin, K. A microcirculatory theory of aging / K. Jin // Aging and disease. – 2019. – No. 3. – P. 676-683.
3. Microcirculatory dysfunction in cardiogenic shock / H. Merdji, B. Levy, C. Jung [et al.] // Annals of Intensive Care. – 2023. – No. 13(38). – P. 1-15.
4. Ковалева, М.А. Обзор прямых методов изучения микроциркуляции и оценки полученных данных / М.А. Ковалева, К.В. Жмеренецкий // Журнал медико-биологических исследований. – 2020. – № 8(1). – С. 79-88.
5. Медведев, О.С. Современные взгляды на функциональную роль водорода и его кинетику в человеческом организме / О.С. Медведев // Пульмонология. – 2024. – № 34(1). – С. 7-11.
6. Механизм воздействия молекулярного водорода в комплексном лечении ран мягких тканей и общей хирургической инфекции / А.А. Андреев, А.Ю. Лаптиева, А.А. Глухов [и др.] // Актуальные проблемы медицины. – 2021. – № 4. – С. 460-470.
7. Hydrogen-Rich water reduces inflammatory responses and prevents apoptosis of peripheral blood 21. Cells in healthy adults: a randomized, double-blind, controlled trial / M. Sim, C.S. Kim, W.J. Shon [et al.] // Sci. Rep. – 2020. – No. 10(1). – P. 12130.
8. Natto and viscous vegetables in a Japanese-Style breakfast improved insulin sensitivity, lipid metabolism and oxidative stress in overweight subjects with impaired glucose tolerance / A. Taniguchi-Fukatsu, H. Yamanaka-Okumura, Y. Naniwa-Kuroki [et al.] // Br. J. Nutr. – 2012. – No. 107. – P. 1184-1191.
9. Влияние молекулярного водорода на оксидантные процессы при хирургической коррекции приобретенных пороков сердца в условиях искусственного кровообращения / А.В. Дерюгина, Д.А. Данилова, Ю.Д. Бричкин [и др.] // Биорадикалы и Антиоксиданты. – 2020. – № 3. – С. 145-154.
10. Использование молекулярного водорода при операциях на сердце в условиях искусственного кровообращения / Д.А. Данилова, Ю.Д. Бричкин, А.П. Медведев [и др.] // Современные технологии медицины. – 2021. – № 1. – С. 71-77.
11. Beneficial biological effects and the underlying mechanisms of molecular hydrogen – comprehensive review of 321 original articles / M. Ichihara, S. Sobue, M. Ito [et al.] // Med. Gas Res. – 2015. – No. 5(12). – P. 1-21.
12. Molecular hydrogen inhibits lipopolysaccharide/interferon γ-induced nitric oxide production through modulation of signal transduction in Macrophages / T. Itoh, N. Hamada, R. Terazawa [et al.] // Biochem. Biophys. Res. Commun. – 2011. – No. 411. – P. 143-149.
13. Антиоксидантные свойства водных сред с молекулярным водородом и их применение в экологичной медицине / А.А. Лапин, И.Г. Гарифуллин, С.Д. Литвинов, В.Н. Зеленков // Вестник медицинского института «РЕАВИЗ». – 2020. – № 2. – С. 13-20.
14. Ладожская-Гапеенко, Е.Е. Возможности лазерной допплеровской флоуметрии с использованием ортостатической пробы в оценке функционального состояния микроциркуляции / Е.Е. Ладожская-Гапеенко, К.Н. Храпов // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2020. – № 19(3). – С. 39-45.
15. Анализ ЛДФ-грамм у крыс стока Wistar в условиях моделирования гипоксии / Ф.И. Алистратова, Я.Г. Торопова, С.А. Осипова, М.Л. Васютина // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. – 2020. – № 3. – С. 18-32.
16. Молекулярный водород: биологическое действие, возможности применения в здравоохранении (обзор) / Ю.А. Рахманин, Н.А.

Егорова, Р.И. Михайлова [и др.] // Гигиена и санитария. – 2019. – № 98(4). – С. 359-365.
17. Autofluorescence imaging to valuate cellular metabolism / A. Theodossiou, L. Hu, N. Wang [et al.] // J Vis Exp. – 2021. – No. 15. – P. 177.
18. Крупаткин, А.И. Колебания кровотока – новый диагностический язык в исследовании микроциркуляции / А.И. Крупаткин // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2014. – № 13(1). – С. 83-99.
19. Intraperitoneally administered, hydrogen-rich physiologic solution protects against postoperative ileus and is associated with reduced nitric oxide production / A. Okamoto, K. Kohama, M. Aoyama-Ishikawa [et al.] // Surgery. – 2016. – No. 160(3). – P. 623-631.
20. Метаболический имиджинг в исследовании онкологических процессов / М.М. Лукина, М.В. Ширманова, Т.Ф. Сергеева, Е.В. Загайнова // Современные технологии в медицине. – 2016. – № 8(4). – С. 113-126.
21. Nicolson, G.L. Mitochondrial dysfunction and chronic disease: treatment with natural supplements / G.L. Nicolson // Integr. Med. (Boulder). – 2014. – No. 13. – P. 35-43.
22. Inhalation of hydrogen gas elevates urinary 8-hydroxy-2′-deoxyguanine in Parkinson's disease / M. Hirayama, M. Ito, T. Minato [et al.] // Med. Gas Res. – 2018. – No. 8. – P. 144-149.
23. Molecular hydrogen suppresses free-radical-induced cell death by mitigating fatty acid peroxidation and mitochondrial dysfunction / K. Iuchi, K. Nishimaki, N. Kamimura, S. Ohta // Can. J. Physiol. Pharm. – 2019. – No. 97. – P. 999-1005.
24. Ishibashi, T. Therapeutic efficacy of molecular hydrogen: a new mechanistic insight / T. Ishibashi // Curr. Pharm. Des. – 2019. – No. 25. – P. 946-955.

REFERENCES

1. Shelelyaeva A.A., Roshchina D.A., Gulakova V.S. et al. Condition of skin microcirculation in elderly and senile patients with various forms of cardiovascular pathology. *Smolenskij meditsinskij almanakh*, 2021, no. 3, pp. 172-174. (in Russ.)
2. Jin K. A microcirculatory theory of aging. *Aging and disease*, 2019, no. 3, pp. 676-683.
3. Merdji H., Levy B., Jung C. et al. Microcirculatory dysfunction in cardiogenic shock. *Annals of Intensive Care*, 2023, no. 13(38), pp. 1-15.
4. Kovaleva M.A., Zhmerenetsky K.V. Review of Direct Methods for Studying Microcirculation and Evaluating the Data Obtained. *Journal of Medical and Biological Research*, 2020, no. 8(1), pp. 79-88. (in Russ.)
5. Medvedev O.S. Current views on the functional role of hydrogen and its kinetics in the human body. *Pulmonologiya*, 2024, no. 34(1), pp. 7-11. (in Russ.)
6. Andreev A.A., Laptieva A.Yu., Glukhov A.A. et al. Mechanism of exposure to molecular hydrogen in complex treatment of soft tissue wounds and general surgical infection. *Challenges in modern medicine*, 2021, no. 4, pp. 460-470. (in Russ.)
7. Sim M., Kim C.S., Shon W.J. et al. Hydrogen-Rich water reduces inflammatory responses and prevents apoptosis of peripheral blood 21. Cells in healthy adults: a randomized, double-blind, controlled trial. *Sci. Rep*, 2020, no. 10(1), pp. 12130.
8. Taniguchi-Fukatsu A., Yamanaka-Okumura H., Naniwa-Kuroki Y. et al. Natto and viscous vegetables in a Japanese-Style breakfast improved insulin sensitivity, lipid metabolism and oxidative stress in overweight subjects with impaired glucose tolerance. *Br. J. Nutr*, 2012, no. 107, pp. 1184-1191.
9. Deryugina A.V., Danilova D.A., Brichkin Yu.D. et al. The effect of molecular hydrogen on oxidative processes during surgical correction of acquired heart defects under artificial circulation. *Bioradikaly i antioksidanty*, 2020, no. 3, pp. 145-154. (in Russ.)
10. Danilova D.A., Brichkin Yu.D., Medvedev A.P. et al. Application of Molecular Hydrogen in Heart Surgery under Cardiopulmonary Bypass. *Sovremennye tehnologii v medicine*, 2021, no. 1, pp. 71-77. (in Russ.)
11. Ichihara M., Sobue S., Ito M. et al. Beneficial biological effects and the underlying mechanisms of molecular hydrogen – comprehensive review of 321 original articles. *Med. Gas Res*, 2015, no. 5(12), pp. 1-21.
12. Itoh T., Hamada N., Terazawa R. et al. Molecular hydrogen inhibits lipopolysaccharide/interferon γ-induced nitric oxide production through modulation of signal transduction in Macrophages. *Biochem. Biophys. Res. Commun*, 2011, no. 411, pp. 143-149.
13. Lapin A.A., Garifullin I.G., Litvinov S.D., Zelenkov V.N. Antioxidant properties of aqueous media with molecular hydrogen and their use in eco-friendly medicine. *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ" (REHABILITATION, DOCTOR AND HEALTH)*, 2020, no. 2, pp. 13-20. (in Russ.)
14. Ladozhskaya-Gapeenko E.E., Khrapov K.N. Possibilities of Laser-Doppler Flowmetry in assessment of functional state of microcirculation. *Regional blood circulation and microcirculation*, 2020, no. 19(3), pp. 39-45. (in Russ.)
15. Alistratova F.I., Toropova Ya.G., Osipova S.A., Vasyutina M.L. Analysis of LDF-grams in Wistar runoff rats under hypoxia modeling conditions. *Scientific Notes of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University*, 2020, no. 3, pp. 18-32. (in Russ.)
16. Rakhmanin Yu.A., Egorova N.A. et al. Molecular hydrogen: biological effects, possibilities of application in health care. Review. *Hygiene and Sanitation*, 2019, no. 98(4), pp. 359-365. (in Russ.)

17. Theodossiou A., Hu L., Wang N. et al. Autofluorescence imaging to evaluate cellular metabolism. *J Vis Exp*, 2021, no. 15, p. 177.
18. Krupatkin A.I. Blood flow oscillations – new diagnostic language in microvascular research. *Regional blood circulation and microcirculation*, 2014, no. 13(1), pp. 83-99. (in Russ.)
19. Okamoto A., Kohama K. et al. Intraperitoneally administered, hydrogen-rich physiological solution protects against postoperative ileus and is associated with reduced nitric oxide production. *Surgery*, 2016, no. 160(3), pp. 623-631.
20. Lukina M.M., Shirmanova M.V., Sergeeva T.F., Zagaynova E.V. Metabolical imaging for the study of oncological processes (review). *Sovremennye tehnologii v medicine*, 2016, no. 8(4), pp. 113-126. (in Russ.)
21. Nicolson G.L. Mitochondrial dysfunction and chronic disease: treatment with natural supplements. *Integr. Med. (Boulder)*, 2014, no. 13, pp. 35-43.
22. Hirayama M., Ito M., Minato T. et al. Inhalation of hydrogen gas elevates urinary 8-hydroxy-2′-deoxyguanine in Parkinson's disease. *Med. Gas Res*, 2018, no. 8, pp. 144-149.
23. Iuchi K., Nishimaki K., Kamimura N., Ohta S. Molecular hydrogen suppresses free-radical-induced cell death by mitigating fatty acid peroxidation and mitochondrial dysfunction. *Can. J. Physiol. Pharm*, 2019, no. 97, pp. 999-1005.
24. Ishibashi, T. Therapeutic efficacy of molecular hydrogen: a new mechanistic insight. *Curr. Pharm. Des*, 2019, no. 25, pp. 946-955.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Александра Андреевна Кустова – аспирант кафедры физиологии и анатомии, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, ассистент кафедры биохимии им. Г.Я. Городисской, Приволжский исследовательский медицинский университет, Нижний Новгород.
Анна Вячеславовна Дерюгина – доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой Физиологии и анатомии, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Aleksandra A. Kustova – Postgraduate Student of the Department of Physiology and Anatomy, Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod; Assistant Professor in the Department of Biochemistry named after G.Ya. Gorodisskaya, Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod.
Anna V. Deryugina – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Physiology and Anatomy, Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod.

Для цитирования: Кустова, А.А. Состояние микроциркуляции различных возрастных групп населения при действии молекулярного водорода / А.А. Кустова, А.В. Дерюгина // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_7

For citation: Kustova A.A., Deryugina A.V. Microcirculation in different age groups under the exposure of molecular hydrogen. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_7

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_8
УДК 612.172.6

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_8
UDC 612.172.6

УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА И ПРОТЕЗОВ КЛАПАНОВ СЕРДЦА ПОСЛЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПОРОКОВ МИТРАЛЬНОГО И АОРТАЛЬНОГО КЛАПАНА У ВЗРОСЛЫХ ПАЦИЕНТОВ

Ю.А. Маслакова, А.И. Березенцева, Т.А. Веснина
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Тюмень, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Протезирование клапанов сердца является частым вмешательством. Результаты протезирования являются неоптимальными из-за несовершенства имеющихся в настоящее время протезов. ***Методы.*** Исследовано 40 пациентов, которым выполнялось протезирование митрального или аортального клапана. Оценивали ранние послеоперационные результаты, а именно показатели транспротезной гемодинамики, а также параметры обратного ремоделирования левого желудочка. ***Результаты.*** Механические протезы, используемые в повсеместной практике, создают высокий транспротезный градиент и слабо влияют на обратное ремоделирование левого желудочка. ***Заключение.*** Представленный нами опыт демонстрирует, что стандартное протезирование механическими клапанами является неоптимальным с точки зрения транспротезной гемодинамики и с точки зрения адаптации левого желудочка к новым условиям гемодинамики, созданным в раннем послеоперационном периоде.
Ключевые слова: клапаны сердца, физиология, центральная гемодинамика, кардиореспираторная система.

ULTRASOUND PARAMETERS OF THE LEFT VENTRICLE AND PROSTHETIC CARDIAC VALVE FUNCTIONING AFTER SURGICAL TREATMENT OF MITRAL AND AORTIC VALVE DISEASES IN ADULT PATIENTS

Yu.A. Maslakova, A.I. Berezentseva, T.A. Vesnina
Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Prosthetics of cardiac valves is a frequent intervention. The results of prosthetics are suboptimal due to the imperfections of currently available prostheses. ***Methods.*** 40 patients who underwent mitral or aortic valve replacement were studied. Early postoperative results were evaluated, namely, parameters of transprosthetic hemodynamics, as well as parameters of reversible remodeling of the left ventricle. ***Results.*** Mechanical prostheses used in widespread practice create a high transprothesis gradient and have little effect on the reverse remodeling of the left ventricle. ***Conclusion.*** The experience presented by us demonstrates that standard prosthetics with mechanical valves is suboptimal from the point of view of transprosthetic hemodynamics and from the point of view of adaptation of the left ventricle to new hemodynamic conditions created in the early postoperative period.
Keywords: cardiac valves, physiology, central hemodynamics, cardiorespiratory system.

Введение. Замещение клапанных структур сердца является одной из наиболее распространенных процедур в современной кардиохирургии после коронарной реваскуляризации. С момента первого успешного протезирования клапана сердца прошло более 50 лет, а медицинские изделия прошли несколько этапов усовершенствования характеристик транспротезной гемодинамики, тромборезистентности, конструктивных особенностей [1, 2].

Протезы клапанов сердца можно разделить на механические и биологические.

Работа механических протезов основана на том, что запирательная способность обеспечивается материалом небиологической природы, чаще всего – соединениями углерода. Механические протезы существуют в 3-х вариациях: шариковые, дисковые, створчатые. Шариковые протезы не имеют центрального потока и создают высокий транспротезный градиент, их применение

приостановлено в конце 90-х годов прошлого столетия в связи с несовершенством. Дисковые протезы обеспечивают большую пропускную способность, чем шариковые, однако по-прежнему имеют эксцентричный поток, что значительно снижает риск развития тромботических событий. Створчатые протезы обеспечивают наилучшую гемодинамику, которая является наиболее приближенной к естественной – наличие центрального потока, низкий профиль, минимальный транспротезный градиент [3, 4].

Биологические протезы различаются не только в зависимости от конструкции, но и в зависимости от пластического материала, из которого выполнены створки протеза. В целом все биологические протезы характеризуются атромбогенностью и не требуют пожизненной антикоагуляции, однако наиболее подвержены дисфункции в связи с кальцинозом створок. По конструктивным особенностям выделяют каркасные (которые содержат стойки, служащие в качестве опоры для запирательного элемента) и бескаркасные (которые фиксируются к нативным структурам пациента) протезы. По материалу клапанные протезы делятся на аутологичные (из собственных тканей пациента), аллогенные (из донорских тканей человека) и ксеногенные (из тканей животного) [5].

Столь большое многообразие различных конструктов протезов говорит об отсутствии идеального медицинского изделия. Продолжается работа над изобретением новых протезов и выявлением наиболее оптимальных конструкций среди имеющихся аналогов.

Цель: исследовать ультразвуковые параметры функционирования левого желудочка и протезов клапанов сердца в краткосрочной перспективе (1 месяц) после хирургического лечения пороков митрального и аортального клапанов у взрослых пациентов.

Методы и организация исследования. Данное исследование является сравнительным. В нем мы оценили краткосрочные результаты транспротезной гемодинамики взрослых пациентов с протезированными клапанами сердца.

В данное исследование отбиралось 2 группы пациентов – с протезированным аортальным (группа «протез аортального клапана») и митральным клапанами (группа «протез митрального клапана»).

Критерии включения были одинаковыми в обеих группах:

1) Одноклапанное протезирование;

2) Сохранная фракция выброса;

3) Отсутствие ишемической болезни сердца;

4) Возраст – от 18 до 65 лет;

5) Для аортального клапана – отсутствие узкого фиброзного кольца с Z-score менее 2 стандартных отклонений;

6) Для митрального клапана – отсутствие инфекционного эндокардита, признаков ишемической митральной недостаточности.

В аортальной позиции исследовали показатели центральной гемодинамики при использовании протезов (рис. 1):

− Механический створчатый протез (n=10);

− Бескаркасный протез «Ozaki» (n=10).

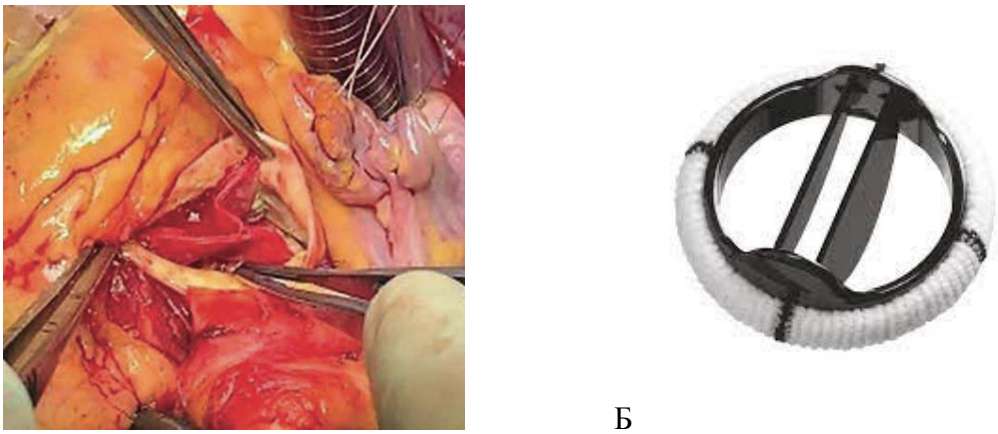
В митральной позиции исследовали (рис. 2) створчатый митральный протез (n=10), результаты протезирования сравнивали с результатами реконструкции собственного клапана, которая проводилась методом аннулопластики при дисфункции I типа по Alain Carpentier (n=10).

Все пациенты обследованы через 1 месяц после операции с помощью метода эхокардиографии. Эхокардиография проводилась с помощью «Sono Ace X8» – ультразвукового сканера Samsung Medison (Япония) по традиционной методике с оценкой показателей центральной и транспротезной гемодинамики: регургитация на протезе, средний трансклапанный градиент, пиковый трансклапанный градиент, скорость потока через протез, фракция выброса левого желудочка, конечно-диастолический объем левого желудочка, конечно-систолический объем левого желудочка, сердечный индекс.

С учетом малой выборки предоперационная характеристика представлена для каждого пациента в отдельности. Основные количественные переменные, являющиеся общими для всех пациентов, представлены в виде медианы с указанием

интерквартильного размаха в формате Me [Q1; Q3]. Категориальные данные представлены с указанием абсолютных значений встречаемости и долей от общего числа в формате Абс. (%). Для сравнения двух независимых выборок использовали непараметрический U-критерий Манна-Уитни для количественных переменных и критерий χ^2 Пирсона для категориальных переменных. Для сравнения связанных выборок использовали критерий Вилкоксона. Уровень значимости был принят <0,05.

Исследование одобрено локальным этическим комитетом.



А Б

Рис. 1. Группы сравнения протезов в аортальной позиции. А – группа, в которой выполнена операция «Ozaki» (n=10), Б – использован механический створчатый протез



А Б

Рис. 2. Группы сравнения протезов в митральной позиции. А – механический протез, Б – пластика митрального клапана кольцом

Результаты исследования и их обсуждение. *Изучение результатов протезирования аортального клапана (табл. 1).*

Из таблицы 1 видно, что к 1 месяцу после операции отмечались статистически значимые признаки обратного ремоделирования левого желудочка в виде значимого прироста фракции выброса, регресса систолического и диастолического размера левого желудочка. Также отмечалось более значимое увеличение сердечного индекса, что было связано с лучшей пропускной способностью протеза «Ozaki» в сравнении с механическим – аутоперикардиальные створки создавали минимальный транспротезный градиент, что приводило к минимизации постнагрузки и меньшим потерям энергии.

Опираясь на данные современной литературы, можно заключить, что операция «Ozaki», помимо преимуществ в виде снижения риска тромбоза, обеспечивает более физиологичную работу сердца, так как при ней сохраняется естественная анатомия корня аорты, с сохранением его свойств упруго-эластической деформации [6].

Таблица 1

Результаты протезирования аортального клапана через 1 месяц по данным ультразвукового исследования, Me [Q1; Q3]

Показатель	Механический створчатый протез (n=10)		Бескаркасный протез «Ozaki» (n=10)		P< (межгрупповое)	
	До	После	До	После	До	После
Регургитация на протезе, степень	2,5 [2,0; 3,0]	1,0 [0,5; 1,5]	2,7 [2,2; 3,2]	0,5 [0,0; 1,0]	0,18	0,042
Средний трансклапанный градиент, мм рт. ст.	45,0 [40,0; 50,0]	12,0 [10,0; 15,0]	47,0 [42,0; 52,0]	7,0 [5,0; 9,0]	0,21	0,001
Пиковый трансклапанный градиент, мм рт. ст.	85,0 [75,0; 90,0]	28,0 [24,0; 32,0]	88,0 [80,0; 92,0]	18,0 [15,0; 22,0]	0,15	0,001
Скорость потока через протез, м/с	4,2 [3,8; 4,5]	2,1 [1,9; 2,4]	4,4 [4,0; 4,7]	1,7 [1,5; 1,9]	0,12	0,003
Фракция выброса ЛЖ, %	52,0 [48,0; 55,0]	58,0 [55,0; 62,0]	50,0 [46,0; 53,0]	63,0 [60,0; 65,0]	0,09	0,018
КДО ЛЖ, мл	165,0 [155,0; 180,0]	140,0 [130,0; 155,0]	170,0 [160,0; 185,0]	125,0 [115,0; 135,0]	0,11	0,021
КСО ЛЖ, мл	85,0 [75,0; 95,0]	60,0 [55,0; 70,0]	90,0 [80,0; 100,0]	50,0 [45,0; 58,0]	0,08	0,034
Сердечный индекс, л/(мин·м²)	2,2 [2,0; 2,4]	2,6 [2,4; 2,9]	2,1 [1,9; 2,3]	2,9 [2,7; 3,2]	0,14	0,0001

Примечание: ЛЖ – левый желудочек; КДО – конечно-диастолический объем, КСО – конечно-систолический объем.

Таблица 2

Результаты протезирования митрального клапана через 1 месяц по данным ультразвукового исследования, Me [Q1; Q3]

Показатель	Механический протез митрального клапана (n=10)		Аннулопластика на опорном кольце (n=10)		P< (межгрупповое)	
	До	После	До	После	До	После
Степень митральной регургитации, баллы	3,5 [3,0; 4,0]	0 [0; 0]	3,7 [3,2; 4,0]	1,0 [0,5; 1,5]	0,18	0,001
Давление в легочной артерии, мм рт. ст.	42,0 [38,0; 46,0]	28,0 [25,0; 32,0]	44,0 [40,0; 48,0]	24,0 [21,0; 27,0]	0,21	0,002
Фракция выброса ЛЖ, %	54,0 [50,0; 58,0]	59,0 [56,0; 63,0]	52,0 [48,0; 56,0]	62,0 [59,0; 65,0]	0,15	0,017
КДО ЛЖ, мл	180,0 [170,0; 195,0]	155,0 [145,0; 170,0]	185,0 [175,0; 200,0]	140,0 [130,0; 150,0]	0,12	0,008
КСО ЛЖ, мл	82,0 [75,0; 90,0]	65,0 [60,0; 72,0]	85,0 [78,0; 93,0]	55,0 [50,0; 60,0]	0,14	0,006
Размер левого предсердия, мм	52,0 [49,0; 55,0]	46,0 [43,0; 49,0]	54,0 [51,0; 57,0]	42,0 [39,0; 45,0]	0,09	0,004
Сердечный индекс, л/(мин·м²)	2,3 [2,1; 2,5]	2,7 [2,5; 3,0]	2,2 [2,0; 2,4]	2,9 [2,7; 3,2]	0,11	0,023
Наличие фибрилляции предсердий, %	40	30	40	10	1,00	0,031

Примечание: ЛЖ – левый желудочек; КДО – конечно-диастолический объем, КСО – конечно-систолический объем.

В частности, деформационная способность корня аорты обеспечивает большую площадь открытия створок и лучшую пропускную способность, что позволяет обеспечить больший минутный объем крови. В настоящее время данное физиологическое обоснование позволяет рекомендовать операцию «Ozaki» пациентам, которые планируют вести активный образ жизни [7].

Изучение результатов протезирования митрального клапана (табл. 2).

Из таблицы 2 видно, что к 1 месяцу после операции выявлены значимые различия в результатах пластики и протезирования. В частности, пластика клапана обеспечивала более физиологичную гемодинамику, что выражалось в меньшем транспротезном градиенте.

С точки зрения физиологии сохранение собственных подклапанных структур и аннуло-папиллярной непрерывности является значимым фактором профилактики дилатации камер сердца в результате потери «опоры» для верхушки.

Безусловно, пластика митрального клапана является приоритетом современной кардиохирургии, однако в тех случаях, когда она невозможна и требуется протезирование, наиболее физиологичным является протезирование с сохранением подклапанных структур [8].

Заключение. Полученные результаты работы свидетельствуют о том, что общепринятое протезирование аортального и митрального клапанов механическими протезами характеризуется значимыми изменениями эхокардиографических параметров в виде более медленного обратного ремоделирования камер сердца.

В митральной позиции механические протезы характеризуются более высокими градиентами давления в сравнении с клапансохраняющим вмешательством.

В аортальной позиции при операции «Ozaki» демонстрируются лучшие показатели транспротезной гемодинамики в сравнении с механическим протезированием.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. История разработки и применения бескаркасного митрального аллографта для протезирования атриовентрикулярных клапанов сердца. Ч. 1. От эксперимента до разработки надежных методов консервации / Л.А. Бокерия, А.В. Царегородцев, Д.В. Бритиков, С.П. Глянцев // Сердечно-сосудистые заболевания : бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. – 2024. – Т. 25. – № 1. – С. 11-21. DOI: 10.24022/1810-0694-2024-25-1-11-21.
2. История разработки и применения бескаркасного митрального аллографта для протезирования атриовентрикулярных клапанов сердца. Ч. 2. От разработки надежных методов сохранения жизнеспособности до децеллюляризации / Л.А. Бокерия, А.В. Царегородцев, Д.В. Бритиков, С.П. Глянцев // Сердечно-сосудистые заболевания : бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. – 2024. – Т. 25. – № 2. – С. 131-140. DOI: 10.24022/1810-0694-2024-25-2-131-140.
3. Бокерия, Л.А. Замена аортального клапана механическим полнопроточным протезом «КорБит»: оценка его функциональной эффективности / Л.А. Бокерия, О.Д. Бокерия, А.А. Фадеев // Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. Сердечно-сосудистые заболевания. – 2012. – Т. 13. – № 2. – С. 57-64.
4. Применение криосохраненных гомографтов в клапанной хирургии – опыт одной клиники / Р.Н. Комаров, А.В. Царегородцев, И.М. Васалатий [и др.] // Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины. – 2024. – Т. 39. – № 2. – С. 78-85. DOI: 10.29001/2073-8552-2024-39-2-78-85.
5. Комаров, Р.Н. Митральный гомографт при протезировании атриовентрикулярных клапанов – проблема на стыке тканевой инженерии и хирургии / Р.Н. Комаров, А.В. Царегородцев, М.Д. Нуждин // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. – 2025. – Т. 18. – № 1. – С. 34-40.
6. Комаров, Р.Н. Русский кондуит II: обоснование использования нового протеза корня аорты и доклад о первой операции / Р.Н. Комаров, А.В. Царегородцев, М.И. Ткачев // Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины. – 2024. – Т. 39. – № 2. – С. 112-121. DOI: 10.29001/2073-8552-2024-39-2-112-121.
7. Технические аспекты и результаты применения клапанных гомографтов в хирургии атриовентрикулярных клапанов сердца: систематический обзор / М.Д. Нуждин, Р.Н. Комаров, Д.А. Мацуганов [и др.] // Патология кровообращения и кардиохирургия. – 2023. – Т. 27. – № 2. – С. 42-53. DOI: 10.21688/1681-3472-2023-2-42-53.

8. Влияние геометрии протеза восходящей аорты на трансклапанную гемодинамику: экспериментальное исследование и опыт одного учреждения / А.В. Царегородцев, М.И. Ткачев, А.Н. Дзюндзя, Н.Б. Сейфатова // Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. – 2024. – Т. 13. – № 2. – С. 41-49. DOI: 10.17802/2306-12.

REFERENCES

1. Bokeriya L.A., Tsaregorodtsev A.V., Britikov D.V., Glyantsev S.P. History of development and application of frameless mitral allograft for atrioventricular heart valve prosthetics. Part 1. From experimentation to the development of reliable conservation methods. *The Bulletin of Bakoulev Center. Cardiovascular Diseases*, 2024, vol. 25, no. 1, pp. 11-21. DOI: 10.24022/1810-0694-2024-25-1-11-21. (in Russ.)
2. Bokeriya L.A., Tsaregorodtsev A.V., Britikov D.V., Glyantsev S.P. History of development and application of frameless mitral allograft for atrioventricular heart valve prosthetics. Part 2. From the development of robust viability preservation methods to decellularization. *The Bulletin of Bakoulev Center. Cardiovascular Diseases*, 2024, vol. 25, no. 2, pp. 131-140. DOI: 10.24022/1810-0694-2024-25-2-131-140. (in Russ.)
3. Bokeriya L.A., Bokeriya O.D., Fadeev A.A. Aortic valve replacement with mechanical full-flow KorBit prosthesis: assessment of its functional effectiveness. *The Bulletin of Bakoulev Center. Cardiovascular Diseases*, 2012, vol. 13, no. 2, pp. 57-64. (in Russ.)
4. Komarov R.N., Tsaregorodtsev A.V., Vasalatiy I.M. et al. Cryopreserved homografts in valve surgery – the experience of one clinic. *Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 2024, vol. 39, no. 2, pp. 78-85. DOI: 10.29001/2073-8552-2024-39-2-78-85. (in Russ.)
5. Komarov R.N., Tsaregorodtsev A.V., Nuzhdin M.D. Mitral homograft for atrioventricular valve replacement – a problem at the interface of tissue engineering and surgery. *Russian Journal of Cardiology and Cardiovascular Surgery*, 2025, vol. 18, no. 1, pp. 34-40. (in Russ.)
6. Komarov R.N., Tsaregorodtsev A.V., Tkachev M.I. Russian Conduit II: rationale for the use of a new aortic root prosthesis and first case-report. *Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 2024, vol. 39, no. 2, pp. 112-121. DOI: 10.29001/2073-8552-2024-39-2-112-121. (in Russ.)
7. Nuzhdin M.D., Komarov R.N., Matsuganov D.A., Melnikov I.Yu., Tsaregorodtsev A.V. Technical aspects and outcomes of using homografts in atrioventricular valve surgery: a systematic review. *Circulation Pathology and Cardiac Surgery*, 2023, vol. 27, no. 2, pp. 42-53. DOI: 10.21688/1681-3472-2023-2-42-53. (in Russ.).
8. Tsaregorodtsev A.V., Tkachev M.I., Dzyundzya A.N., Seyfatova N.B. Does the geometry of the ascending aortic prosthesis affect transvalvular hemodynamics? Experimental study and one clinic's experience. *Complex Problems of Cardiovascular Diseases*, 2024, vol. 13, no. 2, pp. 41-49. DOI: 10.17802/2306-1278-2024-13-2-41-49. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Юлия Александровна Маслакова – кандидат медицинских наук, доцент кафедры нормальной физиологии, Тюменский ГМУ Минздрава России, Тюмень, e-mail: doctorulia555@mail.ru.
Анна Ивановна Березенцева – кандидат педагогических наук, доцент кафедры нормальной физиологии, Тюменский ГМУ Минздрава России, Тюмень, e-mail: bereza-psy@yandex.ru.
Татьяна Анатольевна Веснина – старший преподаватель кафедры нормальной физиологии, Тюменский ГМУ Минздрава России, Тюмень, e-mail: rossa600@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Yulia A. Maslakova – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Normal Physiology, Tyumen State Medical University, Tyumen, e-mail: doctorulia555@mail.ru.
Anna I. Berezentseva – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Normal Physiology, Tyumen State Medical University, Tyumen, e-mail: bereza-psy@yandex.ru.
Tatyana A. Vesnina – Senior Lecturer of the Department of Normal Physiology, Tyumen State Medical University, Tyumen, e-mail: rossa600@mail.ru.

Для цитирования: Маслакова, Ю.А. Ультразвуковые параметры функционирования левого желудочка и протезов клапанов сердца после хирургического лечения пороков митрального и аортального клапана у взрослых пациентов / Ю.А. Маслакова, А.И. Березенцева, Т.А. Веснина // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_8

For citation: Maslakova Yu.A., Berezentseva A.I., Vesnina T.A. Ultrasound parameters of the left ventricle and prosthetic cardiac valve functioning after surgical treatment of mitral and aortic valve diseases in adult patients. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_8

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_9
УДК 615.03:616-001:616-085

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_9
UDC 615.03:616-001:616-085

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЭРИТРОЦИТОВ ПОСЛЕ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВОЙ ТРАВМЫ ПРИ КОРРЕКЦИИ ЦИТОФЛАВИНОМ И МОЛЕКУЛЯРНЫМ ВОДОРОДОМ

А.В. Полозова, Д.А. Еробкина, А.В. Дерюгина
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», г. Нижний Новгород, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Цель – изучить действие молекулярного водорода и цитофлавина на функциональные показатели эритроцитов в посттравматическом периоде черепно-мозговой травмы. ***Методы.*** У крыс с закрытой черепно-мозговой травмой анализировали динамику изменения электрофоретической подвижности эритроцитов, их агрегации и метаболического статуса по внутриклеточной концентрации аденозинтрифосфата и 2,3-дифосфоглицерата при действии молекулярного водорода и цитофлавина. ***Результаты.*** Острый посттравматический период черепно-мозговой травмы характеризовался уменьшением электрофоретической подвижности эритроцитов и повышением их агрегации, что сочеталось со снижением уровня аденозинтрифосфата и ростом концентрации 2,3-дифосфоглицерата относительно значений интактной группы. Применение 2% молекулярного водорода в виде ингаляций и цитофлавина (0,2 мл/кг в сутки) в течение 10 суток после травмы приводили к снижению агрегации эритроцитов, росту электрофоретической подвижности эритроцитов и метаболической активности клеток. Комбинированная терапия молекулярного водорода и цитофлавина определила наиболее выраженное увеличение концентрации аденозинтрифосфата в эритроцитах при сопоставимом изменении агрегации и поверхностного заряда с моновоздействием молекулярного водорода и цитофлавина. ***Заключение.*** Использование молекулярного водорода и цитофлавина при черепно-мозговой травме приводит к восстановлению агрегационных и поверхностных характеристик эритроцитов при увеличении их энергетического потенциала, что позволяет улучшить кислородтранспортную функцию крови на ранних сроках посттравматического периода.
Ключевые слова: черепно-мозговая травма, молекулярный водород, цитофлавин, эритроциты.

FUNCTIONAL STATE OF ERYTHROCYTES AFTER TRAUMATIC BRAIN INJURY WITH CORRECTION BY CYTOFLAVIN AND MOLECULAR HYDROGEN

A.V. Polozova, D.A. Erobkina, A.V. Deryugina
Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The objective is to study the effects of molecular hydrogen and cytoflavin on erythrocyte functional parameters in the post-traumatic period of traumatic brain injury. ***Methods.*** In rats with closed traumatic brain injury, changes in erythrocyte electrophoretic mobility, aggregation, and metabolic status based on intracellular adenosine triphosphate and 2.3-diphosphoglycerate concentrations were analyzed under the influence of molecular hydrogen and cytoflavin. ***Results.*** The acute post-traumatic period of traumatic brain injury was characterized by a decrease in erythrocyte electrophoretic mobility and an increase in aggregation, combined with a decrease in adenosine triphosphate levels and an increase in 2.3-diphosphoglycerate concentrations relative to the intact group. The use of 2% molecular hydrogen by inhalation and cytoflavin (0.2 ml/kg per day) for 10 days post-injury resulted in a decrease in erythrocyte aggregation, an increase in erythrocyte electrophoretic mobility, and increased cellular metabolic activity. Combination therapy with molecular hydrogen and cytoflavin resulted in the most pronounced increase in erythrocyte adenosine triphosphate concentration with comparable changes in aggregation and surface charge compared to the use of molecular hydrogen and cytoflavin alone. ***Conclusion.*** The use of molecular hydrogen and cytoflavin in traumatic brain injury restores erythrocyte aggregation and surface properties while increasing their energy potential, improving blood oxygen transport in the early post-traumatic period.
Keywords: traumatic brain injury, molecular hydrogen, cytoflavin, erythrocytes.

Введение. Черепно-мозговая травма (ЧМТ) – гетерогенная группа травматических повреждений головного мозга, представляющая серьезную социальную и экономическую проблему, актуальную для людей различного возраста и пола. ЧМТ сопровождается определенной последовательностью биохимических реакций, обусловленных клеточным повреждением с формированием тканевой гипоксии в условиях активации анаэробного гликолиза, потенцирующего энергетический дефицит [1]. В основе нарушения энергетического и метаболического обеспечения тканей головного мозга лежит снижение способности эритроцитов транспортировать кислород. Доставка кислорода к тканям зависит от их внутриклеточного метаболизма, в первую очередь от энергетического и антиоксидантного состояния эритроцитов [2]. Показано, что в посттравматическом периоде наблюдаются морфологические изменения эритроцитов [3], приводящие к снижению деформируемости, нарушению физического состояния мембранных белков [4, 5] и оксидантно-антиоксидантного равновесия клеток [6].

В связи с отмеченным, актуальными являются разработка терапевтических стратегий, обладающих антигипоксантной активностью в сочетании с антиоксидантными эффектами, и исследование их действия на эритроциты при коррекции состояния травмированного мозга.

На многих моделях церебральных заболеваний показано, что молекулярный водород (H_2) обладает антиоксидантным действием [7-15]. Изучено, что H_2 избирательно нейтрализует высокоактивный гидроксильный радикал ОН, неконтролируемо реагирующий с нуклеиновыми кислотами, липидами, протеинами, что ведет к фрагментации дезоксирибонуклеиновой кислоты, перекисному окислению липидов и инактивации белков. При этом H_2 не взаимодействует с активными формами кислорода (АФК), имеющими основные физиологические функции. H_2, благодаря своему антиоксидантному действию, способен снижать окислительный стресс и корректировать окислительно-восстановительный статус клеток [16]. H_2 модулирует митохондриальную цепь переноса электронов, уменьшает повреждения митохондрий и нейтрализует окислительный стресс. Более того, H_2 играет противовоспалительную роль, влияя на транскрипцию генов, ассоциированных с воспалением [17]. Показано, что вдыхание H_2 улучшает ишемически-реперфузионные повреждения головного мозга [18]. Однако действие H_2 на эритроциты в процессе коррекции состояния организма при ЧМТ остается неизученным.

Хотя антиоксидантная терапия может оказать эффективное действие в ограничении окислительного стресса при травме, ее результативность может быть недостаточна. Необходимо использование препаратов, действие которых направлено на предотвращение ишемии и гипоксии травмированного мозга с последующим восстановлением энергетических процессов. Одним из препаратов, стимулирующих энергообразование, активирующих метаболические процессы и ингибирующих оксидантный стресс, является цитофлавин (Общество с ограниченной ответственностью «Научно-технологическая фармацевтическая фирма «ПОЛИСАН», Россия). Этот комплексный цитопротектор состоит из двух метаболитов (янтарная кислота, рибоксин) и двух коферментов витаминов (рибофлавин – витамин В2, никотинамид – витамин РР). Механизм действия препарата обусловлен его антигипоксическим и антиоксидантным действиями. Он оказывает положительный эффект на процессы энергообразования в клетке, уменьшая продукцию свободных радикалов и восстанавливая активность ферментов антиоксидантной защиты, снижая выброс нейротрансмиттеров в условиях ишемии [19-21].

Цель исследования: изучение функциональных показателей эритроцитов в посттравматическом периоде ЧМТ в условиях действия H_2 и цитофлавина.

Методы и организация исследования. Экспериментальное исследование было выполнено на 50 белых самцах крыс линии Wistar массой 180±20 г (виварий Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского). Животных содержали в виварии, оборудованном согласно требованиям «Санитарных правил проектирования, оснащения и содержания экспериментальных и биологических клиник

(вивариев)» (СР 2.2.1.3218-14) (Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 29.08.2014 № 51). Содержание животных и проводимые с ними манипуляции осуществляли в соответствии с нормативными документами, представленными в руководстве «Guide for care and use of laboratory animals» («Руководство по содержанию и использованию лабораторных животных»), и требованиями приказа Министерства здравоохранения Российской Федерации 01.04.2016 г. № 199н «Об утверждении Правил надлежащей лабораторной практики». Протокол исследования утвержден Локальным этическим комитетом на проведение научных исследований с использованием животных в качестве объектов исследования Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского 4 июля 2014 г.

Закрытую ЧМТ моделировали без анестезии на неповрежденный череп, без предварительных манипуляций. Фиксированным животным на планшете из цилиндрической трубы (ø20 мм) с высоты 80 см на теменно-затылочную область черепа опускали металлический груз массой 100 г [22]. После нанесения травмы животных переносили в специальную пластиковую клетку и вели наблюдение вплоть до восстановления нормального режима жизни и питания.

Крысы были разделены на 5 групп (n=10 в каждой). Первая группа, «контроль» – животные, которым в течение 10 дней после моделирования ЧМТ внутрибрюшинно вводили физиологический раствор в дозе 0,2 мл/кг в сутки. Вторая группа, «цитофлавин» – животные, которым внутрибрюшинно вводили цитофлавин (ООО «Научно-технологическая фармацевтическая фирма «ПОЛИСАН», Россия) в дозе 0,2 мл/кг в сутки. Третья группа, «H_2» – животные, которые вдыхали 2% газо-водородную смесь. Четвертая группа, «цитофлавин+H_2» – животные, которым внутрибрюшинно вводили цитофлавин, а затем ингалировали 2% газо-водородной смесью. Первые терапевтические мероприятия осуществляли через 1 час после моделирования ЧМТ. Животные опытных групп вдыхали 2% газо-водородную смесь по 40 минут однократно в течение 10 дней, контрольным животным газовая смесь не подавалась. Уровень физиологической нормы определяли по группе интактных животных (n=10).

H_2 получали с помощью водородного генератора «Спутник-3» (Китай) и подавали в вентилируемый бокс, в котором содержались крысы (ROX, 44 см×74 см×23 см, Япония). Содержание H_2 контролировали газоанализатором взрывоопасных и токсичных газов и паров «Водород (H_2)» («Сигнал-4», Россия).

Забор крови производили из подъязычной вены на 1, 3, 7 и 14 сутки после нанесения травмы.

Электрофоретическую подвижность эритроцитов (ЭФПЭ) оценивали микрометодом по регистрации движения эритроцитов на расстоянии 100 мкм в трис-HCl буфере с pH 7,4 при силе тока 8 мА. Величину ЭФПЭ рассчитывали по формуле: $U = S/tH$, где S – расстояние, на которое перемещались клетки; t – время перемещения клеток на расстояние S; H – градиент потенциала. Величину градиента потенциала определяли по формуле: $H = I/qx$, где I – сила тока, q – поперечное сечение камеры, x – удельная электропроводность среды [23].

Агрегацию эритроцитов изучали методом оптической микроскопии при подсчете одиночных эритроцитов и их агрегатов [24]. В качестве стимулятора агрегации использовали раствор голубого декстрана Т-2000 (GE Healthcare, 20 мг/мл) в трис-HCl-буфере (pH=7,4).

Уровень агрегации (А) рассчитывали по формуле: А=100% – (число свободных (неагрегированных) эритроцитов × общее число эритроцитов$^{-1}$ ×100%).

Концентрацию аденозинтрифосфата (АТФ) и 2,3-дифосфоглицерата (2,3-ДФГ) определяли по уровню неорганического фосфата на спектрофотометре «СФ-2000» («ОКБ-Спектр», Россия) [25].

Сравнительный анализ данных проводили с помощью пакетов прикладных программ Statistica 6.0 и Microsoft Excel с использованием методов одномерной статистики. Полученные данные представлены в виде M±m, где M – среднее значение; m – стандартная ошибка среднего. Для проверки гипотезы о виде распределения применялся метод Шапиро-Уилка. Оценка достоверности различий средних величин

проведена с использованием парного t-критерия Стьюдента. За величину уровня статистической значимости различий принимали $p \leq 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. В ходе проведенного исследования было выявлено, что 1 сутки посттравматического периода ЧМТ в контрольной группе характеризовались повышением агрегации эритроцитов на 119,3%, концентрации 2,3 ДФГ на 87,3% на фоне снижения ЭФПЭ на 25% и концентрации АТФ на 34% ($p \leq 0,05$) относительно значений интактной группы (табл. 1). У всех групп животных в острый посттравматический период ЧМТ было обнаружено значительное отклонение референтных значений данных показателей.

Использование H_2, цитофлавина и их сочетанного применения вызывало снижение агрегации с 3 суток посттравматического периода, что составило снижение на 32,8%, 26% и 15,8% ($p \leq 0,05$) соответственно относительно значений контрольной группы (табл. 1). Восстановление показателя к значениям интактной группы наблюдали к 14 суткам исследования, тогда как в контрольной группе показатели не восстанавливались до значений интактной группы на протяжении всего срока эксперимента.

Изменение ЭФПЭ в опытных группах при действии H_2 и цитофлавина с 1 суток характеризовалось ростом показателя на 21,8% ($p \leq 0,05$) относительно значений контрольной группы (табл. 1). На 3 сутки рост ЭФПЭ регистрировался при сочетанном использовании H_2 и цитофлавина на 22,6% ($p \leq 0,05$) относительно значений контроля. К 14 суткам эксперимента повышенные значения ЭФПЭ сохранялись при действии H_2 и были выше показателей контроля на 4,7% ($p \leq 0,05$).

Таблица 1

Функциональные показатели эритроцитов крыс в посттравматическом периоде черепно-мозговой травмы, M±m

Группы		Этапы исследования, сутки			
		1	3	7	14
Агрегация эритроцитов, %					
Интактные	36,62±2,08	–	–	–	–
Контроль	–	80,32±5,37*	74,62±3,26*	66,74±1,89*	58,39±4,35*
H_2	–	73,22±2,32*	50,13±2,19*▲	43,41±3,42▲	34,92±3,98▲
Цитофлавин	–	74,12±2,54*	55,12±2,73*▲	43,76±2,77*▲	34,92±2,56▲
Цитофлавин + H_2	–	73,91±4,39*	62,85±2,56*▲	51,36±4,07*▲	39,78±2,18▲
ЭФПЭ, мкм*см*$В^{-1}$*$с^{-1}$					
Интактные	1,16±0,09	–	–	–	–
Контроль	–	0,87±0,06*	0,84±0,05*	1,14±0,02	1,28±0,08
H_2	–	1,06±0,07	0,88±0,08*	1,16±0,09	1,34±0,07*
Цитофлавин	–	1,06±0,09*	0,88±0,05*	1,17±0,08	1,18±0,04*
Цитофлавин + H_2	–	0,79±0,07*	1,03±0,05▲	1,05±0,06	1,22±0,09

Примечание: ЭФПЭ – электрофоретическая подвижность эритроцитов; H_2 – молекулярный водород; «*» – статистически значимые отличия относительно значений интактной группы, $p \leq 0,05$; «▲» – статистически значимые отличия относительно контрольной группы, $p \leq 0,05$.

Анализ метаболической активности эритроцитов выявил, что действие H_2 и цитофлавина вызывало увеличение содержания АТФ и 2,3-ДФГ в эритроцитах в динамике исследования по сравнению с контрольной группой (табл. 2). Монотерапия H_2 способствовала повышению энергетического потенциала эритроцитов: с 1 суток исследования наблюдался рост концентрации АТФ и 2,3-ДФГ на 37,9% и 11% соответственно относительно значений животных контрольной группы. Максимальное увеличение концентрации АТФ регистрировали к 7 суткам посттравматического периода (на 39%), что сочеталось с постепенным снижением концентрации 2,3-ДФГ к 14 суткам исследования ($p \leq 0,05$). При комбинированной терапии H_2 с цитофлавином наблюдали максимальное увеличение концентрации АТФ к 7 суткам исследования на 40% ($p \leq 0,05$) относительно значений контрольной группы.

Таблица 2

Концентрация АТФ и 2,3-ДФГ в эритроцитах крыс в посттравматическом периоде черепно-мозговой травмы, M±m

Группы		Этапы исследования, сутки			
		1	3	7	14
2,3-ДФГ, мкмольРн/мл клеток					
Интактные	2,91±0,13	–	–	–	–
Контроль	–	5,45±0,127*	5,06±0,057*	4,14±0,032*	3,30±0,313
H_2	–	6,06±0,075*▲	6,96±0,078*▲	5,90±2,1*▲	4,95±0,758*▲
Цитофлавин	–	4,60±0,13*▲	6,46±0,23*▲	5,58±0,23*▲	4,93 ±0,21*▲
Цитофлавин + H_2	–	5,20±0,08*▲	6,76±0,11*▲	5,25±0,063*▲	4,24±1,29*▲
АТФ, мкмольРн/мл клеток					
Интактные	1,88±0,13	–	–	–	–
Контроль	–	1,24±0,15*	1,62±0,14	2,06±0,16	2,10±0,20
H_2	–	1,71±0,15▲	2,41±0,09*▲	2,87±0,09*▲	2,56±0,28
Цитофлавин	–	1,88±0,17▲	2,01±0,19▲	2,35±0,19*	2,34±0,11*
Цитофлавин + H_2	–	1,48±0,13*	2,30±0,08*▲	3,19±0,19*▲	2,94±0,11*▲

Примечание: 2,3-ДФГ – 2,3-дифосфоглицерат; АТФ – аденозинтрифосфат; H_2 – молекулярный водород; «*» – статистически значимые отличия относительно значений интактной группы, $p \leq 0,05$; «▲» – статистически значимые отличия относительно контрольной группы, $p \leq 0,05$.

Полученные результаты свидетельствуют о нарушении как структуры мембран эритроцитов, так и их метаболизма при развитии ЧМТ, что, вероятно, обусловлено усилением процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) на фоне гипоксии. Модификация мембранных липидов сопровождается уменьшением текучести мембраны, снижением способности эритроцитов к деформации [26], что приводит к повышению агрегации эритроцитов. В свою очередь, механизм снижения агрегации эритроцитов обусловлен повышением их электроотрицательности, которая восстанавливается при действии H_2 и цитофлавина. Одним из возможных механизмов сохранения заряда при действии цитофлавина и H_2 может быть повышение стабильности структуры мембраны, которая во многом определяется процессами ПОЛ [23]. H_2 избирательно взаимодействует с такими АФК, как гидроксильный радикал, не затрагивая менее активные сигнальные молекулы [9]. В свою очередь цитофлавин обладает антигипоксическим и антиоксидантным эффектами, оказывая положительное воздействие на процессы энергообразования в клетке, уменьшая продукцию свободных радикалов и восстанавливая активность ферментов антиоксидантной защиты. Установлено, что цитофлавин улучшает окислительный метаболизм в условиях ишемии, препятствуя резкому снижению уровня АТФ, стимулирует активность аденилатциклазы, что позволяет осуществлять анаэробный метаболизм глюкозы без образования лактата. Препарат способствует синтезу и внутриклеточному накоплению АТФ и других макроэргов. Рибоксин подавляет процессы радикалообразования, усиливает анаэробный гликолиз с образованием лактата. Никотинамид защищает мембраны клеток от разрушения радикальными частицами. Рибофлавин имеет прямой антигипоксический эффект, связанный с восстановлением уровня АТФ, и оказывает антиоксидантное действие [27]. Из полученных результатов видно, что именно сочетанное действие H_2 и цитофлавина наиболее эффективно влияет на рост концентрации АТФ и 2,3-ДФГ в эритроцитах. В свою очередь, изменение содержания органических фосфатов в клетке вызывает целый ряд структурных перестроек эритроцитарных мембран. Так, АТФ служит донором фосфата для протеинкиназных реакций, осуществляющих фосфорилирование мембранных белков. Повышение содержания АТФ в эритроците ведет к фосфорилированию спектрина, анкирина и белка полосы 4.1, ослабляя белок-белковые взаимодействия.

Активация протеинкиназ и фосфорилирование белков цитоскелета увеличивают деформабильность мембран. Показано, что при высокой деформируемости происходит максимальный перенос кислорода тканям [28].

Учитывая, что при ЧМТ развивается гипоксия – состояние, при котором наблюдаются недостаточное снабжение кислородом клеток и тканей органа, регистрируемое в начале посттравматического периода увеличение концентрации 2,3-ДФГ носит адаптивный характер. 2,3-ДФГ служит важным аллостерическим регулятором связывания кислорода с гемоглобином, выраженный рост продукции 2,3-ДФГ в эритроцитах при действии H_2 и цитофлавина, вероятно, направлено на снижение сродства гемоглобина к O_2 и облегчение высвобождения кислорода в тканях, способствуя поддержанию pO_2 в крови и тканях на адекватном уровне [29].

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют о сдерживании функциональных нарушений эритроцитов при действии H_2 и цитофлавина в посттравматическом периоде ЧМТ, что выражалось в восстановлении агрегации и поверхностного заряда эритроцитов в совокупности с повышением энергетического потенциала клеток. Использование H_2 с цитофлавином вызывало синергичное действие в отношении роста концентрации АТФ при сохранении сходства эффекта на агрегационные свойства эритроцитов при моновоздействии H_2 и цитофлавина.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эффективность цитофлавина в коррекции антиоксидантного статуса у пациентов с черепно-мозговой травмой / Т.В. Кан, В.А. Доровских, Н.В. Симонова [и др.] // Дальневосточный медицинский журнал. – 2021. – № 3. – С. 40-44. DOI: 10.35177/1994-5191-2021-3-40-44.
2. The Erythrocytic Hypothesis of Brain Energy Crisis in Sporadic Alzheimer Disease: Possible Consequences and Supporting Evidence / E. Kosenko, L. Tikhonova, G. Alilova [et al.] // Journal of Clinical Medicine. – 2020. – No. 9(1). – P. 206. DOI: 10.3390/jcm9010206.
3. Состояние эритроцитов в посттравматический период черепно-мозговой травмы у крыс при действии цитофлавина. Оценка методом лазерной интерференционной микроскопии / А.В. Дерюгина, А.В. Полозова, М.Н. Иващенко [и др.] // Цитология. – 2021. – № 63(3). – С. 300-306. DOI: 10.31857/S0041377121030020.
4. Кравчук, Д.А. Модельная оценка уровня агрегации эритроцитов оптоакустическим методом / Д.А. Кравчук, И.Б. Старченко // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2017. – № 4. – С. 174-183.
5. Приходько, В.А. Молекулярные механизмы развития гипоксии и адаптации к ней. Часть I / В.А. Приходько, Н.О. Селизарова, С.В. Оковитый // Архив патологии. – 2021. – № 83(2). – С. 52-61. DOI: 10.17116/patol20218302152.
6. Крылов, В.В. Патофизиологические механизмы 4 вторичного повреждения мозга при черепно-мозговой травме / В.В. Крылов, Ю.В. Пурас // Неврологический журнал. – 2013. – № 4. – С. 4-7.
7. Hydrogen is neuroprotective against surgically induced brain injury / J.M. Eckermann, W. Chen, V. Jadhav [et al.] // Med Gas Res. – 2011. – No. 1(1). – P. 7. DOI: 10.1186/2045-9912-1-7.
8. Beneficial effects of hydrogen gas in a rat model of traumatic brain injury via reducing oxidative stress / X. Ji, W. Liu, K. Xie [et al.] // Brain Res. – 2010. – No. 1354. – P. 196-205. DOI: 10.1016/j.brainres.2010.07.038.
9. Molecular hydrogen alleviates lung injury after traumatic brain injury: pyroptosis and apoptosis / T. Li, T. Sun, Y. Wang [et al.] // European Journal of Pharmacology. – 2022. – No. 914. – P. 174664. DOI: 10.1016/j.ejphar.2021.174664.
10. Effects of a high concentration of hydrogen on neurological function after traumatic brain injury in diabetic rats / T. Li, W. Yang, Y. Wang [et al.] // Brain Research. – 2020. – No. 1730. – P. 146651. DOI: 10.1016/j.brainres.2020.146651.
11. Takada, Y. Hydrogen Gas Inhalation Prevents Erythrocyte Aggregation and Promotes Leukocyte Phagocytosis Together with Increases in Serum Antioxidant Activity / Y. Takada, N. Miwa // Hydrogen. – 2022. – No. 3. – P. 72-82. DOI: 10.3390/hydrogen3010006.
12. Hydrogen exerts neuroprotection by activation of the miR-21/PI3K/AKT/GSK-3β pathway in an in vitro model of traumatic brain injury / L. Wang, Z. Yin, F. Wang [et al.] // J Cell Mol Med. – 2020. – No. 24. – P. 4061-4071. DOI: 10.1111/jcmm.15051.

13. Hydrogen gas treatment improves the neurological outcome after traumatic brain injury via increasing miR-21 expression / L. Wang, C. Zhao, S. Wu [et al.] // Shock. – 2018. – No. 50. – P. 308-315. DOI: 10.1097/shk.0000000000001018.
14. Hydrogen inhalation inhibits microglia activation and neuroinflammation in a rat model of traumatic brain injury / Q. Zhao, F. Xie, D. Guo [et al.] // Brain Res. – 2020. – No. 1748. – P. 147053. DOI: 10.1016/j.brainres.2020.147053.
15. Hydrogen Inhalation Attenuates Oxidative Stress Related Endothelial Cells Injury After Subarachnoid Hemorrhage in Rats / K. Zhuang, Y. Zuo, P. Sherchan [et al.] // Front. Neurosci. – 2020. – No. 13. – P. 1441. DOI: 10.3389/fnins.2019.01441.
16. Молекулярный водород: биологическое действие, возможности применения в здравоохранении (обзор) / Ю.А. Рахманин, Н.А. Егорова, Р.И. Михайлова [и др.] // Гигиена и санитария. – 2019. – № 98(4). – С. 359-365. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-4-359-365
17. Molecular hydrogen inhibits neuroinflammation and ameliorates depressive-like behaviors and short-term cognitive impairment in senescence-accelerated mouse prone 8 mice / K. Nakagawa, K. Kodama, W. Nagata [et al.] // Behavioural Brain Research. – 2025. – No. 478. – P. 115330. DOI: 10.1016/j.bbr.2024.115330.
18. Hydrogen acts as a therapeutic antioxidant by selectively reducing cytotoxic oxygen radicals / I. Ohsawa, M. Ishikawa, K. Takahashi [et al.] // Nature Medicine. – 2007. – No. 13. – P. 688-694. DOI: 10.1038/nm1577.
19. Антипенко, Е.А. Влияние неспецифической цитопротективной терапии на стрессоустойчивость и компенсаторные возможности пациентов с хронической ишемией головного мозга / Е.А. Антипенко, А.В. Дерюгина, А.В. Густов // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2015. – № 115(12). – С. 74-78. DOI: 10.17116/jnevro201511511274-78.
20. Дерюгина, А.В. Влияние цитофлавина на окислительный стресс и активность Na/K-АТФазы эритроцитов после черепно-мозговой травмы / А.В. Дерюгина, А.В. Шумилова // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2017. – № 117(11). – С. 51-55. DOI: 10.17116/jnevro201711711151-55.
21. Исследование ЭЭГ-предикторов нейромедиаторной и нейроглиальной активности, особенностей перестройки межцентральных отношений мозга у пациентов с тяжелой ЧМТ / В.И. Черний, И.А. Андронова, Г.А. Городник [и др.] // Международный неврологический журнал. – 2016. – № 83(5). – С. 41-54. DOI: 10.22141/2224-0713.5.83.2016.78470
22. Цымбалюк, В.И. Экспериментальное моделирование черепно-мозговой травмы / В.И. Цымбалюк, О.В. Кочин // Украинский нейрохирургический журнал. – 2008. – № 2. – С. 10-12.
23. Трансляционные исследования электрофоретической подвижности и фазового портрета эритроцитов с учетом развития стрессовой реакции в условиях патологического процесса / А.В. Дерюгина, М.Н. Иващенко, П.С. Игнатьев, А.Г. Самоделкин // Альманах клинической медицины. – 2018. – № 46(8). – С. 765-771. DOI: 10.18786/2072-0505-2018-46-8-765-771.
24. Дерюгина, А.В. Неспецифические адаптационные реакции крови и методы их определения: Методические рекомендации для студентов ННГУ, обучающихся по направлению подготовки 06.03.01 «Биология» / А.В. Дерюгина, Е.Б. Ерофеева, А.С. Корягин. – Нижний Новгород: Издательство ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2007. – 31 с.
25. Виноградова, И.Л. Метод одновременного определения 2,3-ДФГ и АТФ в эритроцитах / И.Л. Виноградова, С.Ю. Багрянцева, Г.В. Дервиз // Лабораторное дело. – 1980. – № 7. – С. 424-426.
26. Герасимов, Л.В. Микрореологические нарушения при критических состояниях / Л.В. Герасимов, В.В. Мороз, А.А. Исакова // Общая реаниматология. – 2010. – № 6(1). – С. 74-78. DOI: 10.15360/1813-9779-2010-1-74.
27. Афанасьев, В.В. Цитофлавин в интенсивной терапии: Пособие для врачей / В.В. Афанасьев. – Санкт-Петербург: СПбМАПО, 2005. – 35 с.
28. Содержание АТФ и 2,3-ДФГ в эритроцитах при консервации и воздействии озона / В.Н. Крылов, А.В. Дерюгина, И.С. Симутис [и др.] // Биомедицина. – 2014. – № 2. – С. 37-42.
29. Hydrogen Sulfide Is a Regulator of Hemoglobin Oxygen-Carrying Capacity via Controlling 2,3-BPG Production in Erythrocytes / G. Wang, Y. Huang, N. Zhang [et al.] // Oxid Med Cell Longev. – 2021. – No. 1. DOI: 10.1155/2021/8877691.

REFERENCES

1. Kan T.V., Dorovskikh V.A., Simonova N.V. et al. Efficacy of cytoflavin in the correction of antioxidant status in patients with traumatic brain injury. *Dalnevostochyj meditsinskij zhurnal,* 2021, no. 3, pp. 40-44. DOI: 10.35177/1994-5191-2021-3-40-44. (in Russ.)
2. Kosenko E., Tikhonova L., Alilova G., Urios A., Montoliu C. The Erythrocytic Hypothesis of Brain Energy Crisis in Sporadic Alzheimer Disease: Possible Consequences and Supporting Evidence. *Journal of Clinical Medicine,* 2020, no. 9(1), p. 206. DOI: 10.3390/jcm9010206.
3. Deryugina A.V., Polozova A.V., Ivashchenko M.N., Ignatiev P.S., Metelin V.B. Erythrocyte

Condition in the Post-Traumatic Period of Cranio-cerebral Trauma under the Action of Cytoflavin. Assessment by Laser Interference Microscopy. *TSITOLOGIYA*, 2021, no. 63(3), pp. 300-306. DOI: 10.31857/S0041377121030020. (in Russ.)
4. Kravchuk D.A., Starchenko I.B. Model for estimation of erythrocytes aggregation level by optoacoustic method. *CASPIAN JOURNAL: Control and High Technologies*, 2017, no. 4, pp. 174-183. (in Russ.)
5. Prikhodko V.A., Selizarova N.O., Okovityj S.V. Molecular mechanisms for hypoxia development and adaptation to it. Part I. *Arkhiv patologii*, 2021, vol. 83(2), pp. 52-61. DOI: 10.17116/patol 20218302152. (in Russ.)
6. Krylov V.V., Puras Yu.V. Pathophysiologic mechanisms of the secondary brain damage after craniocerebral trauma. *Nevrologicheskij zhurnal*, 2013, no. 4, pp. 4-7. (in Russ.)
7. Eckermann J.M., Chen W., Jadhav V. et al. Hydrogen is neuroprotective against surgically induced brain injury. *Med Gas Res*, 2011, no. 1(1), p. 7. DOI: 10.1186/2045-9912-1-7.
8. Ji X., Liu W., Xie K. et al. Beneficial effects of hydrogen gas in a rat model of traumatic brain injury via reducing oxidative stress. *Brain Res*, 2010, no. 1354, pp. 196-205. DOI: 10.1016/ j.brainres.2010.07.038.
9. Li T., Sun T., Wang Y. et al. Molecular hydrogen alleviates lung injury after traumatic brain injury: pyroptosis and apoptosis. *European Journal of Pharmacology*, 2022, no. 914, p. 174664. DOI: 10.1016/j.ejphar.2021.174664.
10. Li T., Yang W., Wang Y. et al. Effects of a high concentration of hydrogen on neurological function after traumatic brain injury in diabetic rats. *Brain Research*, 2020, no. 1730, p. 146651. DOI: 10.1016/j.brainres.2020.146651.
11. Takada Y., Miwa N. Hydrogen Gas Inhalation Prevents Erythrocyte Aggregation and Promotes Leukocyte Phagocytosis Together with Increases in Serum Antioxidant Activity. *Hydrogen*, 2022, no. 3, pp. 72-82. DOI: 10.3390/hydrogen3010006.
12. Wang L., Yin Z., Wang F. et al. Hydrogen exerts neuroprotection by activation of the miR-21/PI3K/AKT/GSK-3β pathway in an in vitro model of traumatic brain injury. *J Cell Mol Med*, 2020, no. 24, pp. 4061-4071. DOI: 10.1111/ jcmm.15051.
13. Wang L., Zhao C., Wu S. et al. Hydrogen gas treatment improves the neurological outcome after traumatic brain injury via increasing miR-21 expression. *Shock*, 2018, no. 50, pp. 308-315. DOI: 10.1097/shk.0000000000001018.
14. Zhao Q., Xie F., Guo D. et al. Hydrogen inhalation inhibits microglia activation and neuroinflammation in a rat model of traumatic brain injury. *Brain Res*, 2020, no. 1748, p. 147053. DOI: 10.1016/j.brainres.2020.147053.
15. Zhuang K., Zuo Y., Sherchan P. et al. Hydrogen Inhalation Attenuates Oxidative Stress Related Endothelial Cells Injury After Subarachnoid Hemorrhage in Rats. *Front. Neurosci*, 2020, no. 13, p. 1441. DOI: 10.3389/fnins.2019.01441.
16. Rakhmanin Yu.A., Egorova N.A., Mikhailova R.I. et al. Molecular hydrogen: biological effects, possibilities of application in health care. Review. *Hygiene and Sanitation*, 2019, vol. 98(4), pp. 359-365. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-4-359-365 (in Russ.)
17. Nakagawa K., Kodama K., Nagata W. et al. Molecular hydrogen inhibits neuroinflammation and ameliorates depressive-like behaviors and short-term cognitive impairment in senescence-accelerated mouse prone 8 mice. *Behavioural Brain Research*, 2025, no. 478, p. 115330. DOI: 10.1016/ j.bbr.2024.115330.
18. Ohsawa I., Ishikawa M., Takahashi K. et al. Hydrogen acts as a therapeutic antioxidant by selectively reducing cytotoxic oxygen radicals. *Nature Medicine*, 2007, no. 13, pp. 688-694. DOI: 10.1038/nm1577.
19. Antipenko E.A., Derugina A.V., Gustov A.V. An effect of cytoprotective therapy on stress resistance and compensatory abilities of patients with chronic cerebral ischemia. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*, 2015, no. 115(12), pp. 74-78. DOI: 10.17116/jnevro2015 11511274-78. (in Russ.).
20. Derugina A.V., Shumilova A.V. An influence of cytoflavin on oxidative stress and activity of Na/K-ATPase of erythrocytes after brain trauma. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*, 2017, no. 117(11), pp. 51-55. DOI: 10.17116/jnevro 201711711151-55. (in Russ.)
21. Cherniy V.I., Andronova I.A., Gorodnik G.A., Nazarenko K.V., Cherniy T.V. The research of EEG predictors of neurotransmitter and neuroglial activity, the features of restructuring the brain intracentral relations in patients with severe TBI. *International neurological journal*, 2016, vol. 83(5), pp. 41-54. DOI: 10.22141/2224-0713.5. 83.2016.78470 (in Russ.)
22. Tsymbalyuk V.I., Kochin O.V. Experimental modeling of traumatic brain injury. *Ukrainian Neurosurgical Journal*, 2008, no. 2, pp. 10-12. (in Russ.)
23. Deryugina A.V., Ivashchenko M.N., Ignat'ev P.S., Samodelkin A.G. Translational studies of electrophoretic mobility and phase picture of erythrocytes with consideration of development of stress response during a pathological process. *Almanac of Clinical Medicine*, 2018, vol. 46(8), pp. 765-771. DOI: 10.18786/2072-0505-2018-46-8-765-771. (in Russ.)

24. Deryugina A.V., Yerofeeva E.B., Koryagin A.S. Nonspecific adaptive blood reactions and methods of their identification: Methodological guidelines for NNSU students studying in the field of 06.03.01 “Biology”. Nizhny Novgorod: Publishing House of the NNSU named after N.I. Lobachevsky. 2007. 31 p. (in Russ.)
25. Vinogradova I.L., Bagryantseva S.Yu., Derviz G.V. Method of simultaneous determination of 2,3-DPH and ATP in erythrocytes. *Laboratornoe delo*, 1980, no. 7, pp. 424-426. (in Russ.)
26. Gerasimov L.V., Moroz V.V., Isakova A.A. Microrheological Disorders in Critical Conditions. *General Reanimatology*, 2010, vol. 6(1), pp. 74-78. DOI: 10.15360/1813-9779-2010-1-74. (in Russ.)
27. Afanasyev V.V. Cytoflavin in intensive care: A manual for doctors. Saint Petersburg: Saint Petersburg Medical Academy of Professional Education, 2005. 35 p. (in Russ.)
28. Krylov V.N., Deryugina A.V., Simutis I.S. et al. Contents of ATP and 2,3-DPG in erythrocytes for preservation and ozone exposure. *Journal Biomed*, 2014, no. 2, pp. 37-42. (in Russ.)
29. Wang G., Huang Y., Zhang N. et al. Hydrogen Sulfide Is a Regulator of Hemoglobin Oxygen-Carrying Capacity via Controlling 2,3-BPG Production in Erythrocytes. *Oxid Med Cell Longev*, 2021, no. 1. DOI: 10.1155/2021/8877691.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Анастасия Владимировна Полозова – кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии и анатомии Института биологии и биомедицины, Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, e-mail: p0lozovaav@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-1255-9760.
Дарья Александровна Еробкина – аспирант, кафедра физиологии и анатомии Института биологии и биомедицины, Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, e-mail: daria.erobkina@yandex.ru, ORCID: 0009-0003-6896-3583.
Анна Вячеславовна Дерюгина – доктор биологических наук, профессор, завкафедрой физиологии и анатомии Института биологии и биомедицины, Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, e-mail: deryugina@ibbm.unn.ru, ORCID: 0000-0001-8812-8559.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Anastasia V. Polozova – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Physiology and Anatomy, Institute of Biomedical and Microbiological Sciences, Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, e-mail: p0lozovaav@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-1255-9760.
Daria A. Erobkina – Postgraduate Student of the Department of Physiology and Anatomy, Institute of Biomedical and Microbiological Sciences, Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, e-mail: daria.erobkina@yandex.ru, ORCID: 0009-0003-6896-3583.
Anna V. Deryugina – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Physiology and Anatomy, Institute of Biomedical and Microbiological Sciences, Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, e-mail: deryugina@ibbm.unn.ru; ORCID: 0000-0001-8812-8559.

Для цитирования: Полозова, А.В. Функциональное состояние эритроцитов после черепно-мозговой травмы при коррекции цитофлавином и молекулярным водородом / А.В. Полозова, Д.А. Еробкина, А.В. Дерюгина // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_9

For citation: Polozova A.V., Erobkina D.A., Deryugina A.V. Functional state of erythrocytes after traumatic brain injury with correction by cytoflavin and molecular hydrogen. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_9

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_10
УДК 612.43+614.2(571.122)

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_10
UDC 612.43+614.2(571.122)

МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ У ЖЕНЩИН РЕПРОДУКТИВНОГО ВОЗРАСТА С ЭУТИРЕОЗОМ В ХАНТЫ-МАНСИЙСКОМ АВТОНОМНОМ ОКРУГЕ – ЮГРЕ

М.А. Попова[1], Э.А. Масхудова[1,2], Н.А. Вологжанина[2]
[1]Бюджетное учреждение высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный педагогический университет», г. Сургут, Россия
[2]Бюджетное учреждение Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутская городская клиническая поликлиника №1», г. Сургут, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Ханты-Мансийский автономный округ – Югра – регион с умеренным йодным дефицитом. Цель: охарактеризовать метаболический профиль (антропометрические показатели, углеводный и липидный обмен) у женщин репродуктивного возраста с эутиреозом, проживающих в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре. ***Методы.*** Одноцентровое поперечное исследование (n=70, возраст – 18-45 лет, тиреотропный гормон<4,0 мкМЕ/мл). Оценивали тиреотропный гормон, свободный тироксин, глюкозу, липидограмму, индекс массы тела, аспартатаминотрансферазу, аланинаминотрансферазу, креатинин, мочевину, мочевую кислоту. Применяли корреляционный анализ Спирмена. ***Результаты.*** Нормальная масса тела выявлена у 52,9%, избыточная – у 37,1%, ожирение I степени – у 10,0% женщин. Гипергликемия натощак зарегистрирована в 8,6%, повышение липопротеинов низкой плотности – у 38,6%, снижение липопротеинов высокой плотности – у 40,0%. Тиреотропный гормон положительно коррелировал с триглицеридами (R=0,5095) и креатинином (R=0,3193); свободный тироксин отрицательно коррелировал с триглицеридами, аспартатамино-трансферазой, аланинаминотрансферазой, общим белком и массой тела (p<0,05). ***Заключение.*** У женщин репродуктивного возраста с эутиреозом в условиях йодного дефицита выявлена высокая частота метаболических нарушений, ассоциированных с тиреоидным статусом.
Ключевые слова: женщины репродуктивного возраста, йодный дефицит, эутиреоз, метаболический профиль, индекс массы тела, дислипидемия, креатинин, трансаминазы, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра.

METABOLIC PROFILE IN WOMEN OF REPRODUCTIVE AGE WITH EUTHYROIDISM IN THE KHANTY-MANSI AUTONOMOUS OKRUG – YUGRA

M.A. Popova[1], E.A. Maskhudova[1,2], N.A. Vologzhanina[2]
[1]Surgut State Pedagogical University, Surgut, Russia
[2]Surgut City Clinical Polyclinic No. 1, Surgut, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Khanty-Mansi Autonomous Okrug –Yugra is a region with moderate iodine deficiency. Objective: to characterize the metabolic profile (anthropometric parameters, carbohydrate and lipid metabolism) in euthyroid women of reproductive age residing in Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra. ***Methods.*** A single-center cross-sectional study (n=70, age – 18-45 years, thyroid-stimulating hormone<4.0 μIU/mL). We assessed thyroid-stimulating hormone, free thyroxine, glucose, lipid profile, body mass index, aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase, creatinine, urea, and uric acid. Spearman's correlation analysis was used. ***Results.*** Normal body weight was found in 52.9%, overweight in 37.1%, and class I obesity in 10.0% of women. Fasting hyperglycemia was registered in 8.6%, elevated low-density lipoproteins in 38.6%, and reduced high-density lipoproteins in 40.0%. Thyroid-stimulating hormone positively correlated with triglycerides (R=0.5095) and creatinine (R=0.3193); free thyroxine negatively correlated with triglycerides, aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase, total protein, and body weight (p<0.05). ***Conclusion.*** In euthyroid women of reproductive age living in an iodine-deficient region, a high prevalence of metabolic disorders associated with thyroid status was identified.
Keywords: women of reproductive age, iodine deficiency, euthyroidism, metabolic profile, body mass index, dyslipidemia, creatinine, transaminases, Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra.

Введение. Проблема йодного дефицита остается актуальной для многих регионов мира, включая Российскую Федерацию [1, 2]. Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (ХМАО-Югра) согласно эпидемиологическим данным относится к

территориям с умеренным йодным дефицитом, что создает предпосылки для высокой распространенности тиреоидной патологии среди населения [2, 3]. В то время, как влияние манифестного гипотиреоза на метаболические процессы изучено достаточно подробно, воздействие эутиреоидного статуса на показатели углеводного и липидного обмена у женщин фертильного возраста остается предметом активных научных дискуссий.

Тиреоидные гормоны играют ключевую роль в регуляции энергетического обмена, термогенеза и композиционного состава тела [4]. Как отмечают в своем исследовании Hajro et al. (2025), даже незначительные колебания уровней тиреотропного гормона (ТТГ) и свободного тироксина (Т4) в пределах референсных значений могут оказывать измеримое влияние на метаболический профиль. В их работе было продемонстрировано, что ТТГ имеет значимые положительные корреляции с безжировой массой тела и скоростью основного обмена, в то время как свободный Т4 показал слабые отрицательные связи с метаболическим возрастом [4]. Авторы подчеркивают, что женщины в возрасте 31-40 лет демонстрируют наиболее неблагоприятные метаболические профили, что указывает на необходимость учета возрастного фактора при оценке рисков [4].

Эти данные согласуются с результатами более ранних наблюдений о том, что даже субклинические изменения функции щитовидной железы могут быть ассоциированы с кардиометаболическим риском [5]. Исследования последних лет все чаще фокусируются на том, как вариации тиреоидных гормонов в пределах нормы влияют на липидный спектр. В проспективном исследовании Hewage et al. (2025) было установлено, что даже отклонения уровня ТТГ от оптимальных значений (в сторону как повышения, так и понижения) ассоциированы с повышенным риском развития гипергликемии, что подчеркивает важность поддержания эутиреоза для профилактики нарушений углеводного обмена [5].

В систематическом обзоре Kulkarni et al. (2025) подчеркивается, что гипотиреоз (как манифестный, так и субклинический) связан с дислипидемией, инсулинорезистентностью и компонентами метаболического синдрома [6]. Авторы обзора приходят к выводу, что скрининг тиреоидной дисфункции должен быть рекомендован женщинам с метаболическими нарушениями даже при отсутствии классических симптомов гипотиреоза [6].

Интересные данные получены в исследовании Xu et al. (2022), которые изучали липидный профиль у беременных с изолированной гипотироксинемией (снижение свободного Т4 при нормальном ТТГ) [7]. Хотя это состояние выходит за рамки строгого эутиреоза, работа демонстрирует тесную связь между уровнем свободного Т4 и метаболизмом липидов: у пациенток с низким Т4 наблюдались достоверно более высокие уровни общего холестерина, триглицеридов и липопротеинов низкой плотности. Примечательно, что обратная корреляция между свободным Т4 и триглицеридами сохранялась даже после поправки на индекс массы тела [7].

Проблема йодного дефицита как фактора, модулирующего тиреоидную функцию и метаболические риски, освещена в работе Li et al. (2023). В когортном исследовании 1540 беременных с мягким йодным дефицитом в Китае было показано, что концентрация йода в сыворотке крови является чувствительным маркером индивидуального йодного статуса и тесно коррелирует с уровнем свободного Т4 [8]. Женщины с наиболее низким уровнем сывороточного йода имели почти девятикратное повышение риска гипотироксинемии, что косвенно подтверждает роль йодной обеспеченности в поддержании адекватного метаболического фона [8].

Этнические и популяционные особенности взаимосвязи эндокринного статуса и метаболического синдрома у женщин репродуктивного возраста изучены в работе Belenkaya et al. (2024). Сравнивая русских и буряток с метаболическим синдромом, авторы выявили, что у русских женщин изменения касались преимущественно тиреоидного профиля и андрогенов (повышение ТТГ и свободного андрогенного индекса), тогда как у буряток отмечались изменения в системе пролактина и глутатиона [9]. Эти данные подчеркивают

необходимость учета региональных и этнических особенностей при оценке метаболических рисков, ассоциированных с тиреоидным статусом.

Исследования последних лет все чаще фокусируются на том, как вариации тиреоидных гормонов в пределах нормы влияют на липидный спектр. В проспективном исследовании Wang et al. (2025), проведенном в рамках крупной когорты женщин репродуктивного возраста, было установлено, что даже отклонения уровня ТТГ от оптимальных значений (как в сторону повышения, так и понижения) ассоциированы с риском бесплодия и с развитием гипергликемии [10].

В контексте прегравидарной подготовки значимыми представляются результаты исследования Shen et al. (2025), которые изучали связь тиреоидной функции до зачатия с липидным профилем во время беременности [11]. Ученые обнаружили, что более высокие уровни общего Т3 до беременности ассоциированы с более низким уровнем холестерина липопротеинов высокой плотности (ЛПВП) во время гестации [11]. Кроме того, увеличение соотношения «свободный Т3/свободный Т4» было связано с повышением уровней общего холестерина и холестерина липопротеинов низкой плотности (ЛПНП) в третьем триместре [11]. Эти данные свидетельствуют о долгосрочном программирующем влиянии тиреоидного статуса на метаболические процессы.

Анализ современной литературы, индексируемой в международных базах данных, свидетельствует о высоком интересе исследователей к проблеме взаимосвязи тиреоидной функции и метаболического здоровья женщин. Несмотря на то, что большинство работ сосредоточены на сравнении эутиреоза и манифестных дисфункций, накапливается все больше данных о том, что даже вариации гормонов в пределах референсного диапазона ассоциированы с изменениями липидного профиля, углеводного обмена и композиционного состава тела. В условиях йодного дефицита, характерного для ХМАО-Югры, эти взаимосвязи могут приобретать особую значимость, что обосновывает актуальность проведения региональных исследований метаболического профиля у женщин с эутиреозом.

Цель исследования: определить метаболический профиль у женщин репродуктивного возраста с эутиреозом в ХМАО-Югре.

Методы и организация исследования. На базе Сургутской городской клинической поликлиники №1 в период диспансеризации обследовано 234 женщины в возрасте 18-45 лет, которым для исключения гипотиреоза проводили скрининг тиреотропного гормона ТТГ и свободного тироксина Т4. В поперечное одноцентровое исследование метаболического профиля были включены 70 женщин с эутиреоидным статусом (ТТГ<4,0 мкМЕ/мл). Критерии исключения: естественная или хирургическая менопауза, заболевания эндокринной системы, хронические заболевания, онкологические процессы, беременность, антитела к тиропероксидазе. Определяли ТТГ, свободный тироксин Т4, общий холестерин, липопротеины низкой плотности (ЛПНП) и высокой плотности (ЛПВП), триглицериды, креатинин, мочевину, мочевую кислоту, аспартат-трансамназу (АСТ), аланиновую трансаминазу (АЛТ) с помощью биохимического анализатора «Olympus AU-680», (Mishima Olympus Co., Ltd, Япония), иммунохемилюминесцентного анализатора «Maglumi-X-3» (производитель Snibe, Китай), рассчитывали индекс массы тела по оценочным критериям Всемирной организации здравоохранения [12]. Эутиреоидный статус определяли согласно клиническим рекомендациям по диагностике заболеваний и состояний, связанных с йододефицитом [13], показатели липидного профиля оценивали согласно рекомендациям по нарушениям липидного обмена [14]. Также проводили ультразвуковое исследование щитовидной железы на аппарате «Mindray DC-80» (Mindray, Китай). Статистический анализ выполнен в программе Statistica 13.3. Количественные данные представлены как медиана и межквартильный размах (Me [Q1; Q3]), качественные – как абсолютные числа и проценты (n (%)). Определяли коэффициент ранговой корреляции Спирмена (R) между уровнем ТТГ, Т4, метаболическими показателями. Значимыми считали корреляции при $p<0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Среди обследованных женщин эутиреоидный статус выявлен в 28,8% случаев (у 70 из 234). Возраст женщин с эутиреозом составил 37 [29; 41] лет, длительность проживания в ХМАО-Югре – 10,0 [5; 15] лет, число беременностей – 1 [1; 2].

По данным ультразвукового исследования морфометрические показатели щитовидной железы у обследованных женщин были в пределах референсных значений: толщина перешейка – 2,5 [2,2; 3,1] см, объем щитовидной железы – 11,4 [9,2; 13,1] см^3, объем правой доли – 5,7 [4,7; 6,5] см^3, объем левой доли – 5,7 [4,6; 6,6] см^3.

В таблице приведены метаболические показатели у женщин репродуктивного возраста с эутиреоидным статусом, проживающих в ХМАО-Югре.

При оценке антропометрических данных у женщин с эутиреозом нормальная масса тела выявлена в 52,9% наблюдений (n=37), избыточная масса тела – в 37,1% (n=26), ожирение I степени – в 10,0% (n=7). Нарушение углеводного обмена в виде гипергликемии натощак диагностировано в 8,6% случаев (n=6).

Таблица

Метаболические показатели у женщин репродуктивного возраста с эутиреозом в ХМАО-Югре, Me [Q1; Q3]

Показатели	Женщины репродуктивного возраста (n=70)	Норма	Источник
ТТГ, мкМЕ/мл	2,1 [1,86; 2,36]	0,5-2,25	[13]
Т4, пмоль/л	10,5 [9,4; 12,2]	9-23	[13]
ИМТ, кг/м^2	24,4 [23,04; 28,0]	<25,0	[13]
Глюкоза натощак, ммоль/л	4,5 [4,0; 5,5]	4,1-6,6	**
ОХС, ммоль/л	4,80 [4,10; 5,30]	2,5-6,2	[14]
ЛПНП, ммоль/л	2,90 [2,50; 3,30]	1,5-4,1	[14]
ЛПВП, ммоль/л	1,30 [1,10; 1,60]	1,03-4	[14]
Триглицериды, ммоль/л	1,30 [1,20; 1,60]	0,5-2,25	[14]
АСТ, ед./л	22,0 [18,0; 28,0]	0-50	**
АЛТ, ед./л	20,0 [18,0; 25,0]	0-45	**
Общий белок, г/л	75,0 [69,4; 79,0]	65-83	**
Креатинин, мкмоль/л	70,0 [63,0; 80,0]	62-110*	**
Мочевая кислота, мкмоль/л	345,0 [299,0; 367,0]	208-428	**
Мочевина, ммоль/л	6,9 [6,5; 7,2]	2,8-7,2*	**

Примечание: ХМАО-Югра – Ханты-Мансийский автономный округ – Югра; ТТГ – тиреотропный гормон; Т4 – свободный тироксин; ИМТ – индекс массы тела; ОХС – общий холестерин; ЛПНП – липопротеины низкой плотности; ЛПВП – липопротеины высокой плотности; АСТ – аспартаттрансамнаназа; АЛТ – аланиновая трансаминаза; * – норма для женщин; ** – нормы биохимического анализатора «Olympus AU-680».

Анализ липидного спектра крови выявил следующие изменения: нормальный уровень общего холестерина (ОХС) (<5,2 ммоль/л) зарегистрирован у 67,1% пациенток (n=47), пограничный уровень (5,2-6,1 ммоль/л) – у 27,3% (n=19), гиперхолестеринемия (>6,1 ммоль/л) – у 5,7% (n=4). Показатели ЛПНП соответствовали целевым значениям (<3,0 ммоль/л) в 61,4% случаев (n=43), превышение данного порога зафиксировано у 38,6% (n=27). Снижение уровня ЛПВП ≤1,2 ммоль/л наблюдалось у 40,0% обследованных (n=28), тогда как нормальный уровень (>1,2 ммоль/л) – у 60,0% (n=42).

Проведенный корреляционный анализ Спирмена позволил установить ряд статистически значимых взаимосвязей (p<0,05).

Корреляции с тиреоидными гормонами: уровень ТТГ положительно коррелировал с показателями триглицеридов (R=0,5095) и креатинина (R=0,3193). Для свободного Т4 выявлена прямая корреляция с массой тела (R=0,2794), обратные корреляции – с объемом щитовидной железы (R=-0,3288), уровнем ТТГ (R=-0,2690), триглицеридами

(R=-0,3385), АСТ (R=-0,4791), АЛТ (R=-0,4150) и общим белком (R=-0,2871).

Взаимосвязи биохимических показателей: обнаружены положительные корреляции между уровнем ОХС и активностью АСТ (R=0,2739), а также ОХС и уровнем общего белка (R=0,2985). Показатель ЛПНП был положительно связан с концентрацией мочевины (R=0,2908) и активностью АЛТ (R=0,3105).

Заключение. Проведенное исследование позволило охарактеризовать метаболический профиль женщин репродуктивного возраста с эутиреоидным статусом, проживающих в условиях йододефицитной территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Установлено, что даже на фоне лабораторно подтвержденного эутиреоза (ТТГ<4,0 мМЕ/л) у значительной части обследованных выявляются метаболические нарушения: избыточная масса тела и ожирение диагностированы у 47,1% женщин, дислипидемия различного характера (повышение ЛПНП, снижение ЛПВП) – у 38-40% случаев, гипергликемия натощак – у 8,6%.

Выявленные корреляционные взаимосвязи подтверждают влияние тиреоидного статуса на метаболические процессы даже в пределах референсных значений ТТГ и свободного Т4. Положительная связь ТТГ с триглицеридами и креатинином, а также обратная зависимость свободного Т4 с триглицеридами, печеночными ферментами и массой тела указывают на тесную интеграцию тиреоидной регуляции с липидным, белковым и энергетическим обменом.

Полученные данные свидетельствуют о необходимости более широкого скрининга метаболических нарушений у женщин с эутиреозом в регионах с йодным дефицитом, а также обосновывают важность контроля не только гормональных показателей, но и антропометрических, углеводных и липидных параметров для своевременной профилактики сердечно-сосудистой патологии в данной группе населения.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of Interest. The authors declare no conflicts of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алферова, В.И. Йодная обеспеченность в России и мире: что мы имеем на 2019 год? / В.И. Алферова, С.В. Мустафина, О.Д. Рымар // Клиническая и экспериментальная тиреоидология. – 2019 – Т. 15. – № 2. – С.73-82. DOI: 10.14341/ket10353.

2. Йододефицитные заболевания щитовидной железы в Российской Федерации: современное состояние проблемы. Аналитический обзор публикаций и данных официальной государственной статистики (Росстат) / Г.А. Мельниченко, Е.А. Трошина, Н.М. Платонова [и др.] // Consilium Medicum. – 2019. – Т. 21. – № 4. – С. 14-20. DOI: 10.26442/20751753.2019.4.190337.

3. Профилактика йодного дефицита в Тюменской области: успех или неудача? / Л.А. Суплотова, О.Б. Макарова, Л.С. Ковальжина, Г.В. Шарухо // Клиническая и экспериментальная тиреоидология. – 2015. – Т. 11. – № 3. – С. 39-46. DOI: 10.14341/ket2015339-46.

4. Association of Thyroid Hormones with Basal Metabolism and Body Composition in Women of Reproductive Age / S. Hajro, A. Sivić, E. Hašić [et al.] // Medical Archives. – 2025. – Vol. 79. – No. 4. – P. 314-319. DOI: 10.5455/medarh.2025.79.314-319.

5. Hewage, N. Prevalence of Subclinical Hypothyroidism in a Non-Diabetic Young Female Population and Its Impact on Diabetes and Cardiometabolic Risk / N. Hewage, U. Wijesekara, R. Perera // Endocrinology and Metabolism. – 2024. – Vol. 39. – No. 6. – P. 864-876. DOI: 10.3803/EnM.2024.2015.

6. Kulkarni, A.C. The Impact of Thyroid Disorders on Women‘s Reproductive and Metabolic Health: A Systematic Review / A.C. Kulkarni, M. Thakur, P. Patil // The Journal of Contemporary Clinical Practice. – 2025. – Vol. 11. – No. 6. – P. 808-816. DOI: 10.61336/jccp/25-06-115.

7. Serum lipid profile in relation to free thyroxine and the effect of levothyroxine treatment on lipids in patients with isolated hypothyroxinemia during pregnancy: a single-center retrospective study / Y. Xu, Y. Zhao, X. Xu [et al.] // Lipids in Health and Disease. – 2022. – Vol. 21. – No. 1. – P. 142. DOI: 10.1186/s12944-022-01744-5.

8. Serum Iodine as a Potential Individual Iodine Status Biomarker: A Cohort Study of Mild Iodine Deficient Pregnant Women in China / X. Li, Z. Pan, T. Cui [et al.] // Nutrients. – 2023. – Vol. 15. – No. 16. – P. 3555. DOI: 10.3390/nu15163555.

9. Metabolic Syndrome in Reproductive Age Women of Various Ethnic Groups. Neuroendocrine

Status and Lipid Peroxidation System / L.V. Belenkaya, M.A. Darenskaya, S.I. Kolesnikov [et al.] // Bulletin of Experimental Biology and Medicine. – 2024. – Vol. 177. – No. 6. – P. 705-710. DOI: 10.1007/s10517-024-06254-1.
10. The associations between maternal glycolipid metabolism and fetal growth in term births / J. Wang, Y. Zhang, X. Ma, [et al.] // Scientific Reports. – 2025. – Vol. 15. – P. 38591. DOI: 10.1038/s41598-025-22411-6.
11. Preconception thyroid function in relation to pregnancy lipids among women attending a fertility center / X. Shen, T.I.M. Korevaar, T. James-Todd [et al.] // Thyroid Research. – 2025. – Vol. 18. – No. 1. – P. 32. DOI: 10.1186/s13044-025-00245-8.
12. World Health Organization. Obesity and overweight. Geneva: World Health Organization; 2025. URL: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight (дата обращения: 20.01.26).
13. Клинические рекомендации «Заболевания и состояния, связанные с дефицитом йода» / Ф.М. Абдулхабирова, О.Б. Безлепкина, Д.Н. Бровин [и др.] // Проблемы Эндокринологии. – 2021. – Т. 67. – № 3. – С. 10-25. DOI: 10.14341/probl12750.
14. Нарушения липидного обмена. Клинические рекомендации 2023 / М.В. Ежов, В.В. Кухарчук, И.В. Сергиенко [и др.] // Российский кардиологический журнал. – 2023. – Т. 28. – № 5. – С. 250-297. DOI: 10.15829/1560-4071-2023-5471.

REFERENCES

1. Alferova V.I., Mustafina S.V., Rymar O.D. Iodine status of the population in Russia and the world: what do we have for 2019? *Clinical and experimental thyroidology*, 2019, vol. 15(2), pp. 73-82. DOI: 10.14341/ket10353. (in Russ.).
2. Melnichenko G.A., Troshina E.A., Platonova N.M. et al. Iodine deficiency thyroid disease in the Russian Federation: the current state of the problem. Analytical review of publiccations and data of official state statistics (Rosstat). *Consilium Medicum*, 2019, vol. 21(4), pp. 14-20. DOI: 10.26442/20751753.2019.4.190337. (in Russ.).
3. Suplotova L.A., Makarova O.B., Kovalzhina L.S., Sharukho G.V. Prevention of iodine deficiency in the Tyumen region: success or failure? *Clinical and experimental thyroidology*, 2015, vol. 11(3), pp. 39-46. DOI: 10.14341/ket2015339-46. (in Russ.).
4. Hajro S., Sivić A., Hašić E. et al. Association of Thyroid Hormones with Basal Metabolism and Body Composition in Women of Reproductive Age. *Medical Archives*, 2025, vol. 79(4), pp. 314-319. DOI: 10.5455/medarh.2025.79.314-319.
5. Hewage N., Wijesekara U., Perera R. Prevalence of Subclinical Hypothyroidism in a Non-Diabetic Young Female Population and Its Impact on Diabetes and Cardiometabolic Risk. *Endocrinology and Metabolism*, 2024, vol. 39(6), pp. 864-876. DOI: 10.3803/EnM.2024.2015.
6. Kulkarni A.C., Thakur M., Patil P. The Impact of Thyroid Disorders on Women‘s Reproductive and Metabolic Health: A Systematic Review. *The Journal of Contemporary Clinical Practice*, 2025, vol. 11(6), pp. 808-816. DOI: 10.61336/jccp/25-06-115.
7. Xu Y., Zhao Y., Xu X. et al. Serum lipid profile in relation to free thyroxine and the effect of levothyroxine treatment on lipids in patients with isolated hypothyroxinemia during pregnancy: a single-center retrospective study. *Lipids in Health and Disease*, 2022, vol. 21(1), p. 142. DOI: 10.1186/s12944-022-01744-5.
8. Li X., Pan Z., Cui T. et al. Serum Iodine as a Potential Individual Iodine Status Biomarker: A Cohort Study of Mild Iodine Deficient Pregnant Women in China. *Nutrients*, 2023, vol. 15(16), p. 3555. DOI: 10.3390/nu15163555.
9. Belenkaya L.V., Darenskaya M.A., Kolesnikov S.I. et al. Metabolic Syndrome in Reproductive Age Women of Various Ethnic Groups. Neuroendocrine Status and Lipid Peroxidation System. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 2024, vol. 177(6), pp. 705-710. DOI: 10.1007/s10517-024-06254-1.
10. Wang J., Zhang Y., Ma X. et al. The associations between maternal glycolipid metabolism and fetal growth in term births. *Scientific Reports*, 2025, no. 15, p. 38591. DOI: 10.1038/s41598-025-22411-6.
11. Shen X., Korevaar T.I.M., James-Todd T. et al. Preconception thyroid function in relation to pregnancy lipids among women attending a fertility center. *Thyroid Research*, 2025, vol. 18(1), p. 32. DOI: 10.1186/s13044-025-00245-8.
12. World Health Organization. Obesity and overweight. Geneva: World Health Organization; 2025 Available at: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight (accessed 20.01.26).
13. Abdulkhabyrova F.M., Bezlepkina O.B., Brovin D.N. et al. Clinical practice guidelines “Management of iodine deficiency disorders”. *Problems of Endocrinology*, 2021, vol. 67(3), pp. 10-25. DOI: 10.14341/probl12750. (in Russ.).
14. Ezhov M. et al. Disorders of lipid metabolism. Clinical Guidelines 2023. *Russian Journal of Cardiology*, 2023, vol. 28(5), pp. 250-297. DOI: 10.15829/1560-4071-2023-5471. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Марина Алексеевна Попова – доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой медико-биологических дисциплин и безопасности жизнедеятельности, Сургутский государственный педагогический университет, Сургут, e-mail: m_a_popova@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0193-7973.
Элина Ахмедовна Масхудова – аспирант кафедры медико-биологических дисциплин и безопасности жизнедеятельности, Сургутский государственный педагогический университет; врач-кардиолог, Сургутская городская клиническая поликлиника №1, Сургут, e-mail: e_a_mashudova@mail.ru, ORCID: 0009-0004-8085-036X.
Нина Анатольевна Вологжанина – кандидат медицинских наук, врач функциональной диагностики высшей категории, заведующая отделением функциональной и ультразвуковой диагностики, Сургутская городская клиническая поликлиника №1, Сургут, e-mail: v.nina.a@mail.ru, ORCID: 0009-0008-7248-8144.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Marina A. Popova – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Biomedical Disciplines and Life Safety, Surgut State Pedagogical University, Surgut, e-mail: m_a_popova@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0193-7973.
Elina A. Mashudova – Postgraduate Student of the Department of Biomedical Disciplines and Life Safety; Cardiologist, Surgut State Pedagogical University; Surgut City Clinical Polyclinic No. 1, Surgut, e-mail: e_a_mashudova@mail.ru, ORCID: 0009-0004-8085-036X.
Nina A. Vologzhanina – Candidate of Medical Sciences; Physician of Functional Diagnostics of the Highest Category; Head of the Department of Functional and Ultrasound Diagnostics. Surgut City Clinical Polyclinic No. 1, Surgut, e-mail: v.nina.a@mail.ru, ORCID: 0009-0008-7248-8144.

Для цитирования: Попова, М.А. Метаболический профиль у женщин репродуктивного возраста с эутиреозом в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре / М.А. Попова, Э.А. Масхудова, Н.А. Вологжанина // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_10

For citation: Popova M.A., Maskhudova E.A., Vologzhanina N.A. Metabolic profile in women of reproductive age with euthyroidism in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_10

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_11
УДК 796.814; 612

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_11
UDC 796.814; 612

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОЛИТНОГО СОСТАВА СЛЮНЫ И МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ЮНЫХ СПОРТСМЕНОВ 14-16 ЛЕТ, РЕГУЛЯРНО ВОВЛЕЧЕННЫХ В ФИЗИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

А.А. Псеунок[1], А.Я. Чамокова[2], Н.Р. Бжецева[2], М.А. Муготлев[1]
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Адыгейский государственный университет», г. Майкоп, Россия
[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет», г. Майкоп, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Изучение адаптивных изменений регуляторных систем организма юных спортсменов является актуальной задачей возрастной физиологии. Цель исследования – выявить особенности вегетативной регуляции сердечного ритма и электролитного состава слюны у подростков 14-16 лет, специализирующихся в велоспорте и самбо. ***Методы.*** Обследованы 60 юношей (спортсмены и школьники). Регистрировали показатели вариабельности сердечного ритма в покое и после нагрузки; концентрацию ионов калия и натрия в слюне определяли фотоколориметрическим методом. ***Результаты.*** У велосипедистов обнаружен экономичный тип регуляции с низким индексом напряжения, у самбистов – реактивный тип с достоверным приростом индекса напряжения после нагрузки. У школьников выявлены низкие значения вариационного размаха и устойчиво высокий индекс напряжения. ***Заключение.*** Определена необходимость дифференцированного подхода к оценке функционального состояния юных спортсменов в зависимости от вида спорта.
Ключевые слова: самбисты, велосипедисты, сердечный ритм, адаптация, тренировочный процесс, электролиты, школьники.

ELECTROLYTE COMPOSITION OF SALIVA AND MECHANISMS OF HEART RATE REGULATION IN 14-16-YEAR-OLD ATHLETES OF DIFFERENT SPORTS

A.A. Pseunok[1], A.Ya. Chamokova[2], N.R. Bzhetseva[2], M.A. Mugotlev[1]
[1]Adyghe State University, Maykop, Russia
[2]Maykop State Technological University, Maykop, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The study of adaptive changes in the regulatory systems of the body of young athletes is a relevant task of developmental physiology. The objective of the study was to identify the features of the heart rate autonomic regulation and the electrolyte composition of saliva in 14-16-year-old adolescents specializing in cycling and sambo. ***Methods.*** A total of 60 young men (athletes and schoolchildren) were examined. Heart rate variability indicators were recorded at rest and after exercise; the concentration of potassium and sodium ions in saliva was identified using the photocolorimetric method. ***Results.*** It has been found that cyclists have an economical type of regulation with a low stress index; sambo wrestlers have a reactive type with a reliable increase in the stress index after exercise. Schoolchildren had low values of the variation range and a consistently high stress index. ***Conclusion.*** A differentiated approach to assessing the functional state of young athletes depending on the type of sport is necessary.
Keywords: sambo wrestlers, cyclists, heart rate, adaptation, training process, electrolytes, schoolchildren.

Введение. Адаптация сердечно-сосудистой системы к систематическим мышечным нагрузкам реализуется через сложные нейрогуморальные механизмы, ключевую роль в которых играет вегетативная нервная система [1, 2]. Вегетативные влияния на синусный узел осуществляются через холинергические (блуждающий нерв, медиатор ацетилхолин) и адренергические (симпатические волокна, медиатор норадреналин) пути. Активация парасимпатической системы снижает частоту сердечных сокращений (ЧСС) за счет увеличения калиевой проводимости и угнетения пейсмекерных токов, тогда как симпатическая стимуляция, напротив, повышает ЧСС [3, 4].

В спортивной физиологии особое внимание уделяется поиску информативных маркеров, позволяющих оценивать текущее функциональное состояние и прогнозировать адаптационные резервы организма [3-5]. Одним из наиболее валидных неинвазивных методов признается анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР), отражающий баланс симпатических и парасимпатических влияний на синусовый узел [6-9].

Наряду с кардиоритмографическими показателями, перспективным направлением является исследование электролитного состава биологических жидкостей, в частности ротовой жидкости. Концентрация ионов K^+ и Na^+ в слюне зависит от активности симпатоадреналовой системы и уровня минералокортикоидов: в протоках слюнных желез под влиянием альдостерона усиливается реабсорбция натрия, тогда как симпатическая стимуляция (через β-адренорецепторы) повышает секрецию калия и белка [3, 10].

Таким образом, электролитный состав слюны может косвенно отражать нейрогуморальный статус организма при физических нагрузках.

Однако комплексная оценка вегетативной регуляции и электролитного баланса у юных спортсменов, представляющих разные по биоэнергетической направленности виды спорта, проведена недостаточно.

Цель настоящего исследования – установить особенности электролитного состава слюны и механизмов регуляции сердечного ритма у юных спортсменов 14-16 лет и их сверстников, не вовлеченных в физическую активность.

Методы и организация исследования. С целью выявления особенностей вегетативной регуляции сердечного ритма и электролитного состава слюны обследованы 60 юношей в возрасте от 14 до 16 лет. Были сформированы три группы: первую группу составили 17 спортсменов, специализирующихся в шоссейном велоспорте (тренировочный стаж – 3-4 года, квалификация – I-II взрослые разряды); вторую группу – 25 самбистов (стаж – 4 года, квалификация – I-II взрослые разряды и кандидаты в мастера спорта); контрольную группу – 18 учащихся общеобразовательной школы, не занимающихся спортом, а посещающих только уроки физической культуры 2 раза в неделю. Все спортсмены имели тренировочный стаж не менее трех лет и регулярно участвовали в соревнованиях. Исследование проведено в течение одного календарного года с регистрацией показателей в начале и в конце годичного цикла подготовки.

Исследования проводились в соответствии с принципами Хельсинкской декларации и требованиями других действующих нормативных документов, регламентирующих проведение исследований с участием несовершеннолетних в качестве субъекта, в том числе исследований биологических материалов или данных, допускающих идентификацию лица, от которого они были получены. Соблюдались этические стандарты, гарантирующие уважение ко всем субъектам исследований и защиту их здоровья и прав.

Оценку вегетативной регуляции сердечного ритма проводили методом кардиоинтервалографии с использованием аппаратно-программного комплекса «Поли-Спектр-12» (Россия).

Регистрация кардиоинтервалограмм осуществлялась в положении сидя после 5-минутного отдыха (фон) и сразу после стандартизированной функциональной пробы (30 приседаний за 45 с). Анализировались следующие параметры ВСР по Р.М. Баевскому [11]: вариационный размах (ВР), мода распределения интервалов (Мо), амплитуда моды (АМо), индекс напряжения (ИН). Выполнялась стандартизированная физическая нагрузка (30 приседаний).

Концентрацию ионов калия и натрия определяли методом фотоколориметрии с использованием фотоэлектроколориметра «КФК-3» (Россия) и стандартных реактивов [12]. Забор смешанной слюны осуществлялся у спортсменов (самбистов и велосипедистов) в утренние часы натощак; у лиц контрольной группы данный вид анализа не проводился.

Статистическая обработка полученных данных выполнялась посредством программного пакета Microsoft Excel 2019.

Для описания выборок рассчитывались среднее арифметическое (M) и стандартная ошибка среднего (m).

Проверка нормальности распределения осуществлялась по критерию Шапиро-Уилка. При нормальном распределении для оценки динамики показателей внутри групп использовался парный t-критерий Стьюдента; для межгрупповых сравнений – независимый t-критерий. При распределении, отличном от нормального, применялся U-критерий Манна-Уитни. Различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$ [13].

Результаты исследования и их обсуждение. В состоянии относительного покоя исходные значения ЧСС у всех трех групп статистически значимо не различались. У велосипедистов в течение годичного наблюдения не выявлено существенной динамики ЧСС ни в покое, ни после нагрузки, что расценивается как признак стабильного функционирования синусового узла и сформированной адаптации к аэробным нагрузкам [14].

В группе самбистов к концу года зафиксировано достоверное снижение постнагрузочной ЧСС (с 105,6±13,9 до 91,7±8,2 уд/мин, $p \leq 0,05$) при отсутствии значимых изменений в покое. Подобная динамика отражает повышение экономичности деятельности сердца: снижение хронотропной реакции на стандартную нагрузку может быть следствием увеличения ударного объема и усиления парасимпатического торможения в восстановительном периоде (феномен «вагусной паузы») [15]. Это свидетельствует о росте тренированности и оптимизации вегетативного баланса (рис. 1).

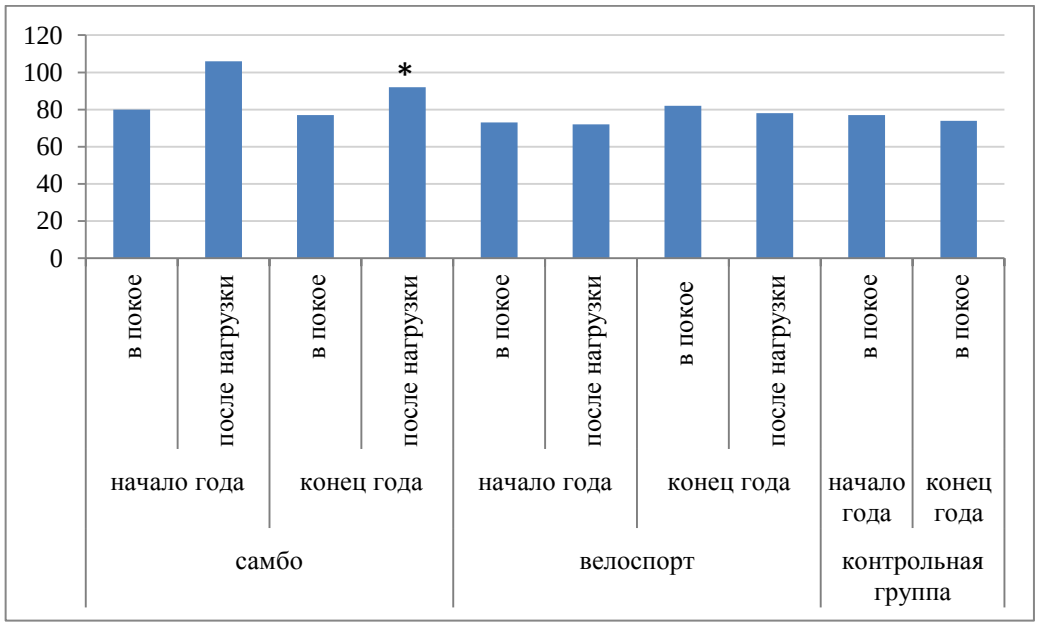


Рис. 1. Динамика частоты сердечных сокращений (ЧСС) на протяжении годичного цикла подготовки, уд/мин

Примечание: достоверность различий – $p \leq 0,05$; * – достоверность различий между показателями в покое и после нагрузки.

Анализ характеристик вариационной кривой по значению показателя моды выявил его закономерное увеличение в покое по сравнению с нагрузкой во всех группах ($p \leq 0,05$), что отражает классическую реакцию перераспределения вегетативного тонуса. У самбистов в покое значения показателя Мо к концу года имели тенденцию к возрастанию, однако различия не достигли статистической значимости. У велосипедистов показатели Мо отличались высокой стабильностью на протяжении всего исследования (рис. 2).

Анализ полученных результатов позволяет заключить, что особенности тренировочных режимов и специфика двигательной активности оказывают существенное влияние на формирование физиологических механизмов регуляции сердечного ритма, что подчеркивает важность учета конкретного вида спорта при изучении процессов адаптации сердечно-сосудистой системы [16].

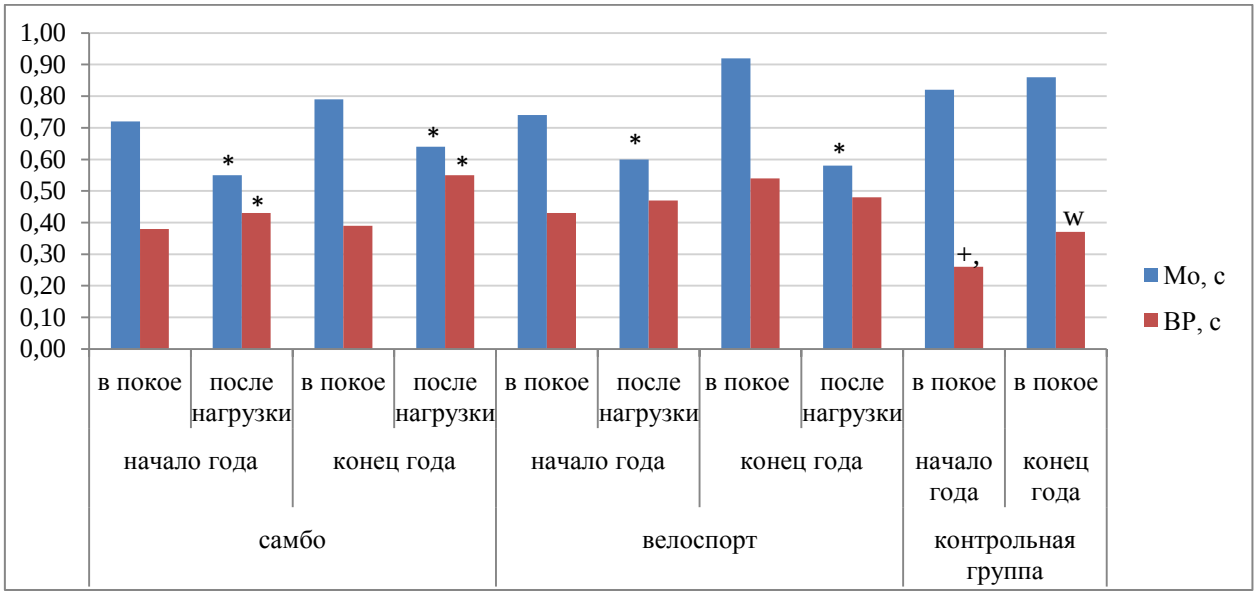


Рис. 2. Динамика показателей моды распределения интервалов (Mo) и вариационного размаха (BP) на протяжении годичного цикла подготовки

Примечание: достоверность различий – $p \leq 0,05$; * – достоверность различий между показателями в покое и после нагрузки; + – достоверность различий между показателями самбистов и школьников; w – достоверность различий между велосипедистами и школьниками.

Амплитуда моды у самбистов значимо возрастала после нагрузки только в начале года ($p \leq 0,05$); в конце года прирост AMo был менее выражен. Уменьшение прироста AMo у самбистов к концу года указывает на снижение централизации управления ритмом и частичный переход на автономный контур регуляции. У велосипедистов в состоянии покоя в конце года AMo была достоверно ниже, чем в контрольной группе (27,3±2,7% против 36,8±1,8%, $p \leq 0,05$), что свидетельствует об устойчивом преобладании парасимпатических влияний, характерном для долговременной адаптации к циклическим нагрузкам (рис. 3).

Отмечаемые изменения демонстрируют влияние тренировочного режима и интенсивности физической нагрузки на состояние автономной регуляции сердца, т.е. способность поддерживать стабильность синусового узла и адекватно реагировать на стрессорные воздействия путем перераспределения энергетических ресурсов и улучшения внутрисердечной проводимости [17].

Вариационный размах у самбистов демонстрировал статистически значимое увеличение после нагрузки ($p \leq 0,05$) как в начале, так и в конце года. Поскольку BP тесно связан с дыхательной аритмией и отражает активность n. vagus, его рост после нагрузки указывает на быстрое восстановление холинергического контроля синусного узла. Это может быть следствием высокой чувствительности барорефлекса, необходимой для демпфирования колебаний артериального давления после кратковременных интенсивных усилий, характерных для самбо. У велосипедистов подобной реакции не выявлено, что согласуется с представлениями об узком диапазоне вариабельности сердечного ритма при высоком уровне адаптации к циклической работе [18, 19].

Наиболее информативным показателем, дифференцирующим группы, явился ИН. В контрольной группе зарегистрирован устойчиво более высокий уровень ИН (98,2±13,7 усл.ед.), что характерно для лиц с низкой физической активностью и относительным преобладанием симпатических влияний. Высокий ИН у школьников по отношению к спортсменам может быть связан как с гиподинамией, так и с психоэмоциональным напряжением, обусловленным учебной нагрузкой. У велосипедистов ИН был минимальным как в покое, так и после нагрузки (41,8±4,6 усл.ед.), причем значимой реакции на пробу не отмечалось.

Низкий ИН у велосипедистов соответствует «экономичному» типу регуляции с высокой активностью парасимпатического отдела и является маркером хорошо адаптированного сердца [20]. У самбистов в покое ИН был достоверно ниже, чем в контроле, но выше, чем у велосипедистов, при этом после нагрузки наблюдался выраженный прирост ИН ($p \leq 0,05$), свидетельствующий о мобилизации симпатического звена.

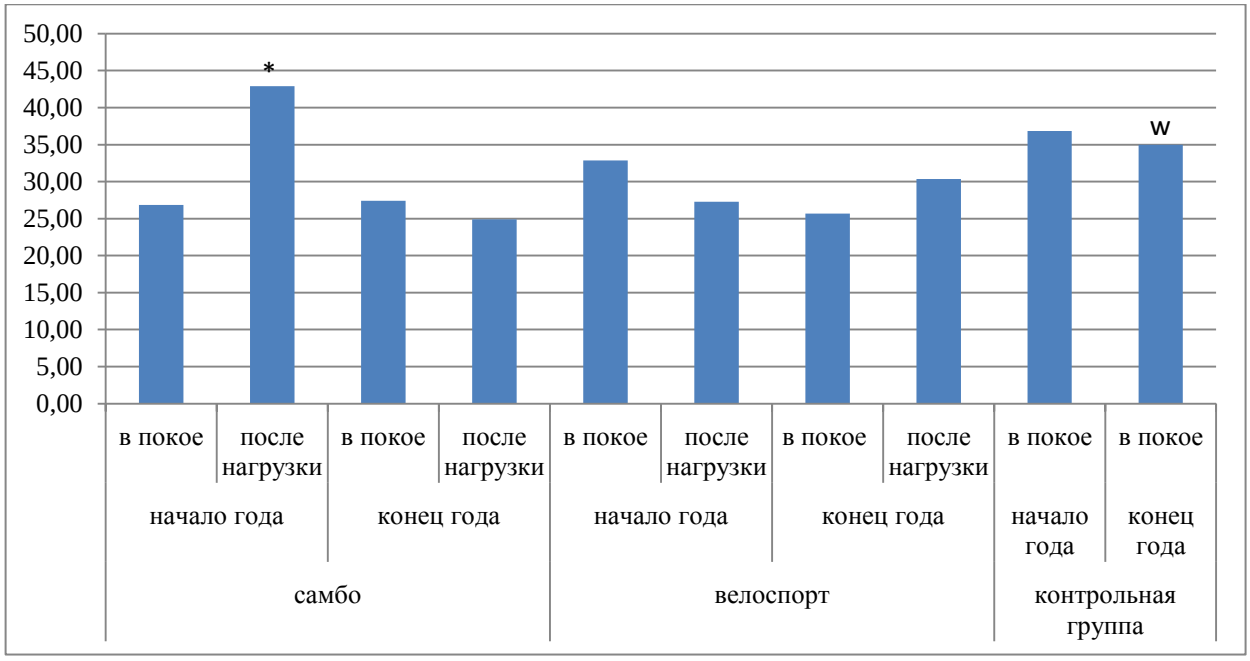


Рис. 3. Динамика амплитуды моды (АМо) на протяжении годичного цикла подготовки, %
Примечание: достоверность различий – $p \leq 0,05$; * – достоверность различий между показателями в покое и после нагрузки; w – достоверность различий между велосипедистами и школьниками.

Таким образом, велосипедисты демонстрируют «экономичный» тип регуляции с высокой парасимпатической активностью и низкой реактивностью на кратковременную нагрузку. Самбисты характеризуются «реактивным» типом: умеренный тонус покоя сменяется интенсивной симпатической активацией в ответ на физический стимул. У школьников контрольной группы преобладает «напряженный» тип регуляции: устойчиво высокий ИН в покое в сочетании с низким ВР свидетельствуют о преобладании симпатических влияний и централизации управления сердечным ритмом, что является следствием гиподинамии и хронического психоэмоционального напряжения, связанного с учебной деятельностью (рис. 4) [13, 18].

Анализ электролитного состава слюны выявил следующие значения: у самбистов концентрация калия составила 4,62±0,51 ммоль/л, натрия – 10,27±1,34 ммоль/л; у велосипедистов – 4,18±0,44 ммоль/л и 9,15±1,18 ммоль/л соответственно; в контрольной группе – 4,05±0,39 ммоль/л и 8,96±1,25 ммоль/л. Межгрупповые различия по обоим показателям не достигли уровня статистической значимости ($p > 0,05$), что, вероятно, обусловлено высокой индивидуальной вариабельностью электролитного состава ротовой жидкости [15]. Тем не менее, выявленная тенденция к повышению концентрации ионов калия и натрия у самбистов может отражать более высокий уровень активации симпатоадреналовой системы в данном виде спорта. Симпатическая стимуляция слюнных желез усиливает выделение калия. Кроме того, при интенсивных и эмоционально напряженных тренировках возможно повышение активности ренин-ангиотензин-альдостероновой системы, что способствует задержке натрия и может влиять на его содержание в слюне [3, 16]. Несмотря на отсутствие достоверных различий направленность сдвигов согласуется с данными литературы о влиянии стрессорных нагрузок на электролитный гомеостаз [10, 15].

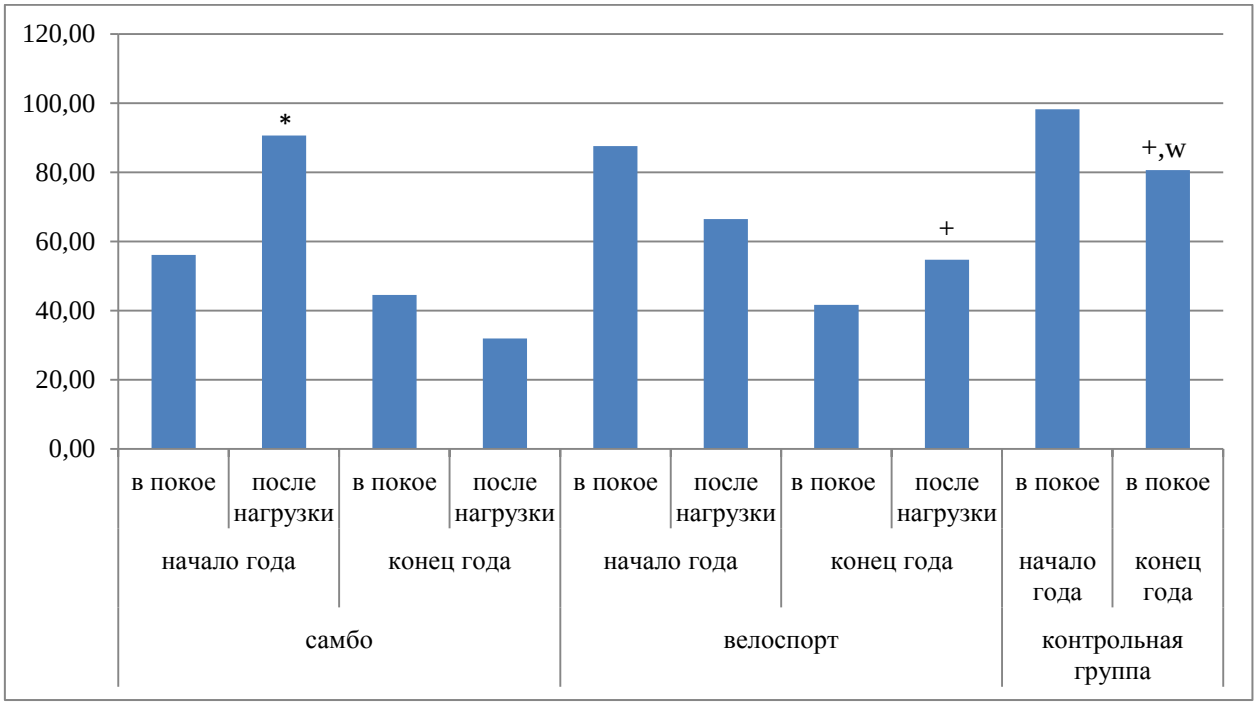


Рис. 4. Динамика индекса напряжения (ИН) на протяжении годичного цикла подготовки, усл. ед.

Примечание: достоверность различий ($p \leq 0,05$); * – достоверность различий между показателями в покое и после нагрузки; + – достоверность различий между показателями самбистов и школьников; w – достоверность различий между велосипедистами и школьниками.

Заключение. Проведенное исследование позволило установить, что специфика тренировочного процесса у юных спортсменов 14-16 лет определяет формирование различных стратегий вегетативного обеспечения сердечного ритма. У велосипедистов, систематически выполняющих длительные аэробные нагрузки, наблюдается устойчивый «экономичный» вегетативный профиль, характеризующийся низкими значениями ИН и отсутствием выраженной реакции на стандартизированную пробу, что является следствием долговременной адаптации к циклической работе и преобладания парасимпатических влияний. У самбистов, напротив, адаптационный процесс сопровождается сохранением высокой реактивности симпатического звена – «реактивный» тип, при котором достоверное увеличение ИН после физической нагрузки свидетельствует о мобилизации центральных контуров регуляции и более напряженной гуморально-метаболической деятельности. Выявленная тенденция к повышению концентрации ионов калия и натрия в слюне у самбистов может рассматриваться как дополнительное подтверждение более высокой активности симпатоадреналовой системы в условиях тренировочной деятельности в видах спорта с повышенной физической активностью и высоким эмоциональным фоном.

Принципиально иной характер вегетативной регуляции выявлен у подростков контрольной группы, не занимающихся спортом. У обследованных школьников на протяжении всего периода наблюдения отсутствовала положительная динамика показателей ВСР, характерная для тренирующихся сверстников. Достоверно более низкие значения ВР в сочетании с устойчиво высокими величинами ИН, превышающими показатели обеих групп спортсменов, отражают сниженную ВСР и напряжение регуляторных систем. Выявленные особенности свидетельствуют о менее экономичном типе вегетативного обеспечения и ограниченных функциональных резервах кардиореспираторной системы у физически неактивных подростков, что обусловлено отсутствием систематической мышечной тренировки. Длительное ограничение двигательной активности может рассматриваться как фактор,

способствующий дисбалансу вегетативной регуляции и создающий предпосылки для повышения риска нарушений деятельности сердечно-сосудистой системы в подростковом возрасте.

Полученные результаты обосновывают необходимость дифференцированного подхода к оценке функционального состояния юных спортсменов с учетом специфики вида спорта. Показатели ВСР, в первую очередь ИН, могут рассматриваться как высокоинформативные критерии для контроля переносимости нагрузок и своевременной коррекции тренировочного процесса. Несмотря на высокую межиндивидуальную вариативность электролитный состав слюны может служить дополнительным маркером нейрогуморальной активации, особенно при динамическом наблюдении.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брук, Т.М. Возрастно-половые особенности вариабельности сердечного ритма в ортостатической пробе у шорт-трековиков / Т.М. Брук, Ф.Б. Литвин // Физическое воспитание и спортивная тренировка. – 2025. – № 2(52). – С. 77-82.
2. Иорданская, Ф.А. Мониторинг функциональной подготовленности юных спортсменов – резерва спорта высших достижений: монография / Ф.А. Иорданская. –Москва: Спорт, 2021. – 176 с.
3. Водно-электролитный баланс у юных спортсменов / А.С. Самойлов, Н.В. Рылова, А.В. Жолинский, И.В. Большаков // Практическая медицина. – 2021. – Т. 19. – № 5. – С. 49-53.
4. Шкляренко, А.П. Физиология физического воспитания и спорта (курс лекций): учебное пособие / А.П. Шкляренко. – Ульяновск: Зебра, 2025. – 212 с.
5. Нормирование нагрузок при занятиях велоспортом на начальном этапе спортивного совершенствования / И.А. Криволапчук, М.Б. Чернова, В.В. Мышьяков, В.А. Иванов // Человек. Спорт. Медицина. – 2025. – Т. 25. – № 2. – С. 46-53.
6. Цекунов, С.О. Определение интенсивности тренировочных нагрузок по показателям пульсометрии / С.О. Цекунов, О.А. Цекунова // Актуальные медико-биологические проблемы спорта и физической культуры: сборник материалов Международной научно-практической конференции, Волгоград, 25-26 февраля 2025 г. – Волгоград: ВГАФК, 2025. – Ч. 2. – С. 116-119.
7. Шлык, Н.И. Вариабельность сердечного ритма и методы определения у спортсменов в тренировочном процессе / Н.И. Шлык. – Ижевск: Удмуртский университет, 2022. – 93 с.
8. Abreu, R.M. de On the significance of estimating cardiorespiratory coupling strength in sports medicine / R.M. de Abreu, B. Cairo, A. Porta // Frontiers in Network Physiology. – 2023. – Vol. 2. – P. 01-07.
9. Diagnosing overtraining syndrome: a scoping review / J. Carrard, A.-C. Rigort, C. Appenzeller-Herzog [et al.] // Sports Health: A Multidisciplinary Approach. – 2021. – Vol. 14. – No. 5. – P. 19417381211044740.
10. Жуйкова, С.Е. Роль гипоталамо-гипофизарно-адренокортикальной системы человека в адаптации к физическим нагрузкам / С.Е. Жуйкова // Интегративная физиология. – 2021. – Т. 2. – № 3. – С. 279-296.
11. Баевский, Р.М. Методы и приборы космической кардиологии на борту Международной космической станции: монография / Р.М. Баевский, И.И. Фунтова, А.П. Берсенева. – Москва: Техносфера, 2016. – 368 с.
12. Псеунок, А.А. Вариабельность сердечного ритма и электролитный состав слюны юных самбистов 12-14 лет / А.А. Псеунок, М.Н. Силантьев // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – № 11(125). DOI: 10.23670/IRJ.2022.125.23.
13.Психофизиологические особенности спортсменов-подростков разной спортивной специализации / Е.В. Ведерникова, М.А. Морозова, Е.Г. Шушканова, М.Н. Кротова // Теория и практика физической культуры. – 2023. – № 2. – С. 64-66.
14. Челышкова, Т.В. Особенности сенсомоторной реакции юных велогонщиков / Т.В. Челышкова, С.С. Гречишкина // Физическая культура и спорт. Олимпийское образование: материалы Международной научно-практической конференции. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т физ. культуры, спорта и туризма, 2020. – С. 83-85.
15. Физиологические показатели тренированности самбистов / Г. Пак, Н.Н. Захарьева, Е.И.

Малиева [и др.] // Теория и практика физической культуры. – 2023. – № 2. – С. 57-59.
16. Процесс адаптации на примере реакций кардиореспираторной системы при тестирующих нагрузках / Ю.С. Ванюшин, Р.Р. Хайруллин, Н.Ф. Ишмухаметова, С.Н. Ильин // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2024. – № 19(1). – С. 1-8.
17. Балабохина, Т.В. Индивидуально-типологические и возрастные особенности вегетативной регуляции сердечного ритма у юных футболистов / Т.В. Балабохина, Т.Ф. Абрамова // Вестник спортивной науки. – 2023. – № 4. – С. 37-43.
18. Гендерные и возрастные особенности 5-минутной кардиоинтервалографии с ортостатической пробой у школьников / И.Е. Штина, С.Л. Валина, О.А. Маклакова [и др.] // Профилактическая медицина. – 2022. – Т. 25. – № 2. – С. 49-55.
19. Михайлов, В.М. Нагрузочное тестирование под контролем ЭКГ: велоэргометрия, тредмил-тест, степ-тест, ходьба: в 2 томах. Т. 1 / В.М. Михайлов. – Иваново: Нейрософт, 2023. – 450 с.
20. Methodological approach to assess cardiovascular dynamics in elite cyclists / M. Mateo-March, A. Javaloyes, I. Pena-Gonz, M. Ramon // MethodsX. – 2025. – Vol. 15. – P. 103515.

REFERENCES

1. Brook T.M., Litvin F.B. Age-sex characteristics of heart rate variability in an orthostatic test in short-track athletes. *Physical education and sports training*, 2025, no. 2(52), pp. 77-82. (in Russ.)
2. Iordanskaya F.A. Monitoring the functional fitness of young athletes – the reserve of high-performance sports: a monograph. Moscow: Sport, 2021. 176 p. (in Russ.)
3. Samoilov A.S., Rylova N.V., Zholinsky A.V., Bolshakov I.V. Water-electrolyte balance in young athletes. *Practical medicine*, 2021, vol. 19, no. 5, pp. 49-53. (in Russ.)
4. Shklyarenko A.P. Physiology of physical education and sports (course of lectures): a textbook. Ulyanovsk: Zebra Publ., 2025. 212 p. (in Russ.)
5. Krivolapchuk I.A., Chernova M.B., Mysiakov V.V., Ivanov V.A. Training intensity planning for beginner cyclists. *Human. Sport. Medicine*, 2025, vol. 25, no. 2, pp. 46-53. (in Russ.)
6. Tsekunov S.O., Tsekunova O.A. Determination of the intensity of training loads by heart rate monitoring. Actual Medical and Biological Problems of Sports and Physical Culture: proceedings of the International Scientific and Practical Conference (Volgograd, February 25-26, 2025). Volgograd: VGAFK, 2025. Part 2. pp. 116-119. (in Russ.)
7. Shlyk N.I. Heart rate variability and methods of determination in athletes in the training process. Izhevsk: Udmurt University, 2022. 93 p. (in Russ.)
8. de Abreu R.M., Cairo B., Porta A. On the significance of estimating cardiorespiratory coupling strength in sports medicine. *Frontiers in Network Physiology*, 2023, vol. 2, pp. 01-07.
9. Carrard J., Rigort A.-C., Appenzeller-Herzog C. et al. Diagnosing overtraining syndrome: a scoping review. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 2021, vol. 14, no. 5, pp. 194173812 11044740.
10. Zhuikova S.E. The role of the human hypothalamus-pituitary-adrenocortical system in adaptation to physical exercise. *Integrative physiology*, 2021, vol. 2, no. 3, pp. 279-296. (in Russ.)
11. Baevsky R.M., Funtova I.I., Berseneva A.P. Methods and devices of space cardiology aboard the International Space Station: a monograph. Moscow: Technosphera Publ., 2016. 368 p. (in Russ.)
12. Pseunok A.A., Silantyev M.N. The variability of heart rate and electrolyte composition of saliva of young sambo wrestlers 12-14 years old. *International Research Journal*, 2022, no. 11(125). DOI: 10.23670/IRJ.2022.125.23. (in Russ.)
13. Vedernikova E.V., Morozova M.A., Shushkanova E.G., Krotova M.N. Psychophysiological peculiarities of adolescent athletes of different sports specialization. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2023, no. 2, pp. 64-66. (in Russ.)
14. Chelyshkova T.V., Grechishkina S.S. Features of sensorimotor reaction of young cyclists. Physical Culture and Sport. Olympic Education: proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Krasnodar: Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, 2020. pp. 83-85. (in Russ.)
15. Pak G., Zakharieva N.N., Malieva E.I., Astakhov D.B., Konyaev I.D. Physiological indicators of sambo wrestlers' fitness. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2023, no. 2, pp. 57-59. (in Russ.)
16. Vanyushin Yu.S., Khairullin R.R., Ishmukhametova N.F., Ilyin S.N. The process of adaptation using the example of reactions of the cardiorespiratory system under testing loads. *Russian Journal of Physical Education and Sport*, 2024, no. 19(1), pp. 1-8. (in Russ.)
17. Balabokhina T.V., Abramova T.F. Individual typological and age features of autonomic

regulation of heart rate in young football players. *Sports Science Bulletin*, 2023, no. 4, pp. 37-43. (in Russ.)
18. Shtina I.E., Valina S.L., Maklakova O.A., Ustinova O.Yu., Eisfeld D.A. Gender and age characteristics of 5-minute cardiointervalography with orthostatic test in schoolchildren. *Preventive medicine*, 2022, vol. 25, no. 2, pp. 49-55. (in Russ.)
19. Mikhailov V.M. Stress testing under ECG control: bicycle ergometry, treadmill test, step test, walking: in 2 volumes. Vol. 1. Ivanovo: Neurosoft, 2023. 450 p. (in Russ.)
20. Mateo-March M., Javaloyes A., Pena-Gonz I., Ramon M. Methodological approach to assess cardiovascular dynamics in elite cyclists. *MethodsX*, 2025, vol. 15, pp. 103515.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Аминет Аскеровна Псеунок – профессор, Адыгейский государственный университет, Майкоп, e-mail: pseunokk@mail.ru.
Ася Январовна Чамокова – доцент, Майкопский государственный технологический университет, Майкоп, e-mail: chamokova_a_ya@mail.ru.
Нуриет Рамазановна Бжецева – доцент, Майкопский государственный технологический университет, Майкоп, e-mail: bjetsevan@yandex.ru.
Мурат Аскарбиевич Муготлев – доцент, Адыгейский государственный университет, Майкоп, e-mail: mugotlev@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Aminet A. Pseunok – Professor, Adyghe State University, Maykop, e-mail: pseunokk@mail.ru.
Asya Ya. Chamokova – Associate Professor, Maykop State Technological University, Maykop, e-mail: chamokova_a_ya@mail.ru.
Nuriet R. Bzhetseva – Associate Professor, Maykop State Technological University, Maykop, e-mail: bjetsevan@yandex.ru.
Murat A. Mugotlev – Associate Professor, Adyghe State University, Maykop, e-mail: mugotlev@mail.ru.

Для цитирования: Особенности электролитного состава слюны и механизмы регуляции сердечного ритма у юных спортсменов 14-16 лет, регулярно вовлеченных в физическую активность различной направленности / А.А. Псеунок, А.Я. Чамокова, Н.Р. Бжецева, М.А. Муготлев // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_11

For citation: Pseunok A.A., Chamokova A.Ya., Bzhetseva N.R., Mugotlev M.A. Electrolyte composition of saliva and mechanisms of heart rate regulation in 14-16-year-old athletes of different sports. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_11

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_12
УДК 599.323; 591.46; 613.842

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_12
UDC 599.323; 591.46; 613.842

ОСОБЕННОСТИ ПЛАЦЕНТЫ У ПАССИВНО КУРИВШИХ КРЫС ВИСТАР С ОЦЕНКОЙ ЛАБОРАТОРНЫХ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИХ ПОТОМСТВА

Л.А. Пушкарева, А.А. Стадников, А.И. Смолягин, И.В. Мирошниченко
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский медицинский университет», г. Оренбург, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Учитывая широкое распространение пассивного курения среди беременных женщин, по-прежнему сохраняется актуальность создания моделей для комплексной оценки параметров у потомства от пассивно куривших самок. ***Методы.*** В работе исследованы физиологические и лабораторные показатели у крысят, родившихся от пассивно куривших крыс Вистар. ***Результаты.*** Установлено снижение параметров соматического и сенсомоторного развития, иммунологических показателей и активности супероксиддисмутазы у крысят опытной группы. ***Заключение.*** При пассивном курении у самок крыс отмечены негативные изменения плаценты беременных животных и нарушения физиологических, иммунологических и биохимических параметров у родившихся крысят. В основе выявленных изменений лежат активация свободно-радикального окисления и снижение уровня антиоксидантных ферментов.

Ключевые слова: крысы, пассивное курение, плацента, крысята, лимфоидные органы, физиологические параметры.

FEATURES OF THE PLACENTA IN PASSIVELY SMOKING WISTAR RATS WITH AN ASSESSMENT OF LABORATORY AND PHYSIOLOGICAL PARAMETERS IN THEIR OFFSPRING

L.A. Pushkareva, A.A. Stadnikov, A.I. Smolyagin, I.V. Miroshnichenko
Orenburg Medical University, Orenburg, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Given the widespread occurrence of passive smoking among pregnant women, the relevance of creating models for a comprehensive assessment of parameters in the offspring of passively smoking females remains. ***Methods.*** The study examined physiological and laboratory parameters in the offspring of passively smoking Wistar rats. ***Results.*** A decrease in the parameters of somatic and sensorimotor development, immunological parameters, and the activity of superoxide dismutase was observed in the offspring of the experimental group. ***Conclusion.*** Passive smoking in female rats was associated with negative changes in the placenta of pregnant animals and disturbances in the physiological, immunological, and biochemical parameters of newborn rats. These changes were caused by the activation of free radical oxidation and a decrease in the level of antioxidant enzymes.

Keywords: rats, passive smoking, placenta, newborn rats, lymphoid organs, physiological parameters.

Введение. Рождение полноценного потомства, способного эффективно адаптироваться к условиям окружающей среды, во многом зависит от становления органов и систем в процессе эмбриогенеза. В процессе эмбрионального развития всегда взаимодействуют два фактора – наследственный, обусловленный генотипом данного организма, и эпигеномный в тех случаях, когда дифференцировка происходит после воздействия на клетки (или клеточные популяции) какого-то стимула извне. Эпигеномным стимулом, вмешивающимся в процессы цитодифференцировки и обеспечивающим пожизненные структурно-метаболические перестройки развивающегося плода, может быть комплекс регуляторных молекул, несущих от матери специфическую информацию через плаценту [1].

Одним из широко распространенных экопатогенов является курение. В литературе имеется большое количество работ, посвященных изучению активного и пассивного курения на организм человека и экспериментальных животных. При пассивном курении табачный дым содержит тот же спектр токсинов, что и при активном курении, поэтому его пренатальное воздействие

на плод может быть подобно активному курению [2-4]. Литературные данные свидетельствуют о том, что воздействие табака и никотина сопровождается некоторыми общими и несколькими уникальными молекулярными и эпигеномными модификациями плаценты [5]. Биохимическая активность и молекулярные механизмы функционирования плаценты реагируют на химические вещества окружающей среды и модифицируются ими, что позволяет рассматривать плаценту как уникальный «след» последствий внутриутробного воздействия, которому подвергался плод. Поэтому считается, что плацента имеет «след», связанный с воздействием курения матери, представленный морфологическими, физиологическими, эпигеномными модификациями [6, 7]. Одним из последствий воздействия табакокурения на организм является как наличие котинина в крови, так и активация процессов свободно-радикального окисления (СРО), приводящая к развитию в организме окислительного стресса с одновременным угнетением естественных механизмов антирадикальной защиты [8]. В ранее опубликованных работах нами представлены результаты иммунологических и гормональных параметров у пассивно куривших крыс [9, 10]. Продолжением данной темы является изучение плаценты у крыс при пассивном курении, физиологических параметров и биохимических механизмов воздействия пассивного курения на их потомство.

Цель работы: определить особенности плаценты у пассивно куривших крыс Вистар с оценкой у потомства индексов лимфоидных органов, физиологических показателей, СРО и антиоксидантной защиты.

Методы и организация исследования. Исследования выполнены на 5 самцах, 20 самках крыс Вистар и 20 крысятах, полученных от пассивно куривших и некуривших самок. Для спаривания отбирались животные с массой тела 175-200 г. В эксперименте использовали потомство от первой беременности самок. Отсчет сроков беременности самок групп вели с момента обнаружения сперматозоидов в вагинальных мазках. 10 опытных крыс подвергались фумигации табачным дымом по 8 часов с 1-го по 20-й день беременности, 10 контрольных крыс в аналогичный период помещались в камеру, вентилируемую атмосферным воздухом без табачного дыма. Животные содержались в стандартных условиях при двенадцатичасовом световом режиме и свободном доступе к воде и корму. За несколько дней до ожидаемых родов (3±1 день) самок помещали в индивидуальные домашние клетки с материалом для строительства гнезда. Исследования проводили без учета пола крысят. Эвтаназию осуществляли дислокацией шейных позвонков под эфирным наркозом. Родившиеся крысята в возрасте 21 день от рождения были разделены на 2 группы: в первую контрольную группу вошли 10 крысят от некуривших самок, во вторую опытную – 10 крысят от самок, подвергавшихся пассивному табакокурению.

Эксперименты были проведены с учетом этических норм и рекомендаций по гуманизации работы с лабораторными животными, отраженными в «Европейской Конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях» (Страсбург, 1986).

Забор плаценты осуществляли на 21-й день беременности, за день до предполагаемых родов. Морфометрические исследования гистологических препаратов проводили с использованием винтового окуляр-микрометра «МОВ-1х4,5У» [11]. Используя 100-точечную сетку, в плаценте определяли удельные объемы следующих структурных компонентов: базальной (промежуточной) зоны, лабиринтного отдела, гигантских клеток, материнских сосудов, гликогеновых клеток, синцитиотрофобласта промежуточной зоны, материнских сосудов и плодовых капилляров лабиринта, а также трофобластических балок лабиринтного отдела.

Определение уровня котинина в плазме крови крысят осуществляли методом газовой хроматографии с масс-селективным детектором. Идентификацию веществ проводили по библиотекам масс-спектров (NIST 20) MPW5e (DD2019) EKBDRUGS (MS LIBRARY EKBDRUGS) SUDMED MASS SPECTRA (SUDMED MS) Cann_ Metab Pub_sav50. В исследуемых объектах идентифицировали пики с временами

удерживания следующих веществ: дифениламин внутренний стандарт – 5,36 мин., котинин – 5,69 мин. Полуколичественный расчет концентрации котинина в пробах выполняли по фактору отклика внутреннего стандарта – дифениламина (концентрация – 60 нг/мл).

Для проведения иммунологических исследований у крысят определяли массу тимуса и селезенки, количество ядросодержащих клеток в этих органах. Полученные результаты представлены в виде тимического и селезеночного индексов – масса органа/масса крысы [12].

Для тестирования потомства определяли физиологические параметры, используя набор тестов для оценки развивающего поведенческого фенотипа крыс, разработанный в Институте нормальной физиологии им. П.К. Анохина.

В период с 1 по 21 день после рождения для оценки соматического развития крысят использовали следующие признаки: «масса тела», «выделение ушных раковин», «разделение пальцев», «появление резцов», «полное обшерствление», «прозревание». Для оценки сенсомоторного развития крысят использовали следующие признаки: тесты «Переворачивание на горизонтальной поверхности», «Рутинг», «Избегание наклонной поверхности», «Избегание края (обрыва) плоскости», «Сгибание (флексия) пальцев задних конечностей», «Разгибание (экстензия) задних конечностей», «Координация передних и задних конечностей», «Удерживание на горизонтальном канате с помощью передних/задних конечностей», «Подъем/спуск по вертикальному канату», «Движение ушей», «Вибриссный плейсинг», «Зрительный плейсинг», «Аудиторный стартл», «Класпинг». Для оценки индекса своевременности соматического и сенсомоторного развития каждого крысенка период, в течение которого у крысят проявляется один из указанных признаков (см. выше), делился на три части: раннее, среднее и позднее время появления признака. Своевременность развития каждого признака регистрировали в баллах (2, 1 и 0 баллов, соответственно). Суммарный индекс своевременности соматического и сенсомоторного развития крысенка рассчитывался путем сложения баллов всех исследуемых признаков.

Для оценки активности перекисного окисления липидов (ПОЛ) и антиоксидантной защиты в эритроцитарной массе определяли уровень антиоксидантного фермента супероксиддисмутазы (СОД) по скорости аутоокисления адреналина в адренохром в щелочной среде [13]. В гомогенатах печени и селезенки исследовали содержание продуктов свободно-радикального окисления диенового конъюгата (ДК) и малонового диальдегида (МДА) [14].

Статистическая обработка проводилась с помощью параметрических и непараметрических методов. При нормальном распределении, которое оценивалось с помощью критерия Шапиро-Уилка, результаты представлены в виде M±m, сравнение групповых показателей рассчитывали с помощью критерия Стьюдента. При отсутствии нормального распределения использовали U-критерий Манна-Уитни, результаты представлены в виде медианы (Me) и интерквартильного размаха (процентили Q1 и Q3). Знаком * обозначены достоверные отличия ($p \leq 0,05$) показателей опытной и контрольной групп.

Результаты исследования и их обсуждение. В качестве биомаркера пассивного табакокурения, отражающего уровень воздействия курения на организм, в плазме крови был определен уровень котинина, основного метаболита никотина *in vivo*. Так, у самок, подвергавшихся пассивному курению, уровень котинина составил 17 [9; 25] нг/мл, тогда как у крыс Вистар, не подвергавшихся пассивному курению, в плазме крови котинин не определялся. У крысят, родившихся от пассивно куривших самок, уровень котинина составил 11,5 [4; 18] нг/мл, тогда как у потомства от некуривших самок котинин не тестировался.

Проведенное исследование плаценты у пассивно курящих самок показало, что в условиях пассивного табакокурения ограничивается эволюционно приобретенный компенсаторный механизм васкуляризации плацентарных ворсин. Так, у контрольных животных количество гемокапилляров на одну терминальную ворсинку составило 3,7±0,2, а в опытной группе – 1,6±0,1*. При

этом синцитиокапиллярный барьер, представленный симплатотрофабластом, единичными клетками цитотрофобласта, стромой ворсин, имел признаки отека и дезорганизации. Ядра симплато- и цитотрофобластов были пикнатизированы, и некоторые из них при иммуно-гистохимической окраске давали p53 позитивную реакцию на апоптоз. Выявлено уменьшение Ki 67 позитивных клеток цитотрофобласта (7,6±0,2)* в плаценте пассивно куривших крыс по сравнению с контролем (12,3±0,2). Напротив, было повышено p53 позитивных клеток симпластотрофобласта (3,1±0,1)* по сравнению с контрольной группой (1,7±0,1), увеличен уровень Bcl-2 позитивных клеток цитотрофобласта у куривших крыс (3,2±0,1)* по сравнению с контролем (1,4±0,01). В сосудистых лакунах отмечались явления стаза форменных элементов крови и образование красных тромбов. Полученные данные говорят о снижении процессов клеточного обновления плаценты у крыс опытной группы на фоне возрастания апоптоза. Кроме того, выявлено снижение количества сохранных трофобластов у крыс, подвергавшихся пассивному курению (5,1±0,6%)*, по сравнению с их уровнем у контрольных крыс (16,7±2,8%), напротив, было увеличено содержание гемокапилляров с признаками сладживания и микротромбоза у крыс при пассивном курении (62,1±7,2%)* по сравнению с аналогичными параметрами контрольной группы (41,6±6,1%). Таким образом, в плаценте крыс, подвергнутых пассивному курению, установлен целый ряд морфологических изменений, которые способствовали нарушению лабораторных и физиологических показателей у потомства.

Определение параметров тимуса и селезенки показало, что на 7 день от рождения на фоне достоверного снижения массы тимуса на 44% и количества спленоцитов на 34% отмечалось значимое уменьшение тимического индекса 2,60 [2,31; 3,04] у опытных крысят, тогда как в контроле он был 3,47 [3,07; 3,53]. На 14 день в опытной группе сохранялось достоверное снижение тимического индекса – 3 [2,78; 3,27], при этом в контроле он был у крысят 3,93 [3,17; 4,12]. Кроме того, на 14 день в опытной группе отмечалось уменьшение селезеночного индекса – 3,29 [2,98; 3,64] по сравнению с контролем – 3,61 [3,41; 3,08]. На 21 день у крысят опытной группы сохранялось достоверное снижение тимического индекса – 3,18 [2,9; 3,5] по сравнению с контролем – 3,71 [3,36; 3,93]. Полученные результаты свидетельствовали об иммуносупрессивном действии пассивного курения самок на тимус – один из главных органов иммунной системы рожденных крысят.

Далее в работе изучено влияние пассивного табакокурения беременных самок на соматическое развитие крысят в гнездовой период. С 1-го по 21-е дни определены основные признаки соматического развития крысят, такие как масса тела, появление шерсти, выделение ушных раковин, появление шерсти, прозревание, разделение пальцев, появление нижних и верхних резцов. Результаты представлены в баллах в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Динамика массы тела (г) у крысят, родившихся от пассивно куривших самок в гнездовой период, M±m

День эксперимента	Контроль	Опыт	P<
2 день	8±0,24	6±0,38*	0,01
7 день	15±0,35	12±0,65*	0,01
21 день	35±1,27	30±1,40*	0,05

Примечание: здесь и далее в таблицах * обозначены достоверные отличия показателей контрольной и опытной групп.

Установлено логичное увеличение массы тела с учетом возраста у крысят обеих групп. В то же время у опытных крысят на 2, 7, 21 дни достоверно снижена масса тела по сравнению с показателями контрольной группы.

Таким образом, установлено снижение соматического развития крысят от пассивно куривших самок, которое выражалось в уменьшении массы тела и в сроках появления шерсти, нижних и верхних резцов, а также в суммарном индексе.

Таблица 2

Средние показатели соматического развития контрольных и опытных крысят в период с 1 по 21 дни от рождения, M±m

Признаки	Контроль	Опыт	P<
Появление шерсти	0,91±0,05	0,76±0,05*	0,043
Прозревание	0,34±0,04	0,46±0,04*	0,027
Разделение пальцев	1,53±0,04	1,65±0,04*	0,022
Появление нижних резцов	1,11±0,05	0,80±0,05*	0,001
Появление верхних резцов	1,41±0,04	1,19±0,04*	0,002
Суммарный индекс	7,47±0,16	6,97±0,14	0,019

Проведенное исследование выявило снижение сенсомоторного развития крысят от пассивно куривших самок, которое выражалось в признаках: рутинг, переворачивание на горизонтальной поверхности (ПГП), избегание наклонной поверхности (ИНП), сгибание пальцев передних конечностей (СППК), удерживание на горизонтальном канате передних конечностей (УКПК), класпинг, вибриссный плейсинг (ВП), зрительный плейсинг (ЗП), суммарный индекс (табл. 3)

Таблица 3

Влияние пассивного табакокурения на сенсомоторное развитие крысят, M±m

Признаки	Контроль	Опыт	P<
Рутинг	1,77±0,04	1,64±0,03*	0,001
ПГП	1,55±0,05	1,21±0,04*	0,001
ИНП	1,29±0,05	0,77±0,05*	0,001
СППК	1,12±0,06	0,86±0,05*	0,002
УКПК	0,82±0,05	0,63±0,05*	0,012
Класпинг	1,34±0,06	1,14±0,05*	0,014
ВП	1,36±0,05	1,09±0,05*	0,001
ЗП	0,85±0,06	0,65±0,05*	0,01
Суммарный индекс	16,7±0,37	13,8±0,33*	0,001

Примечание: ПГП – переворачивание на горизонтальной поверхности; ИНП – избегание наклонной поверхности; СППК – сгибание пальцев передних конечностей; УКПК – удерживание на горизонтальном канате передних конечностей; ВП – вибриссный плейсинг; ЗП – зрительный плейсинг.

Для выявления механизмов изменений физиологических и иммунологических показателей у крысят на следующем этапе проведено определение интенсивности свободно-радикального окисления и активности ферментов антиоксидантной защиты.

У крысят, родившихся от самок, подвергнутых пассивному табакокурению, установлено выраженное повышение уровня ДК в печени в 3 раза и в селезенке в 1,75 раз, а также увеличение содержания МДА в селезенке в 1,33 раз. Напротив, уровень СОД в эритроцитах опытных крысят был достоверно снижен в 1,51 раз.

Обобщая полученные результаты, необходимо отметить, что пассивное табакокурение самок крыс приводило к негативным изменениям плаценты беременных животных, а затем выражалось в нарушении физиологических, иммунологических и биохимических параметров у родившихся крысят.

При обсуждении работы необходимо учитывать литературу и ранее полученные нами результаты. В исследованиях, проведенных как *in vitro*, так и *in vivo*, установлены нарушения морфологии плаценты после воздействия табака, которые характеризовались снижением общей васкуляризации, васкулосинцитиальной мембраны и пролиферации цитотрофобластов, а также увеличением синцитиальных узлов и некроза синцитиотрофобластов, возникающих в результате курения сигарет [15].

В настоящей работе показано, что плацента крыс, подвергнутых пассивному

курению, характеризуется комплексом гистологических особенностей, свидетельствующих о нарастании признаков «постарения» структур, деструкции цито- и симпластотрофобластов, стромы ворсин, сосудов микроциркуляторного русла. К компенсаторно-приспособительным процессам относятся: расширение и усиление полнокровия фетальных сосудов, гипертрофия симпластотрофобластов. Дегенеративные изменения характеризуются стазом форменных элементов крови, образованием красных тромбов в сосудах терминальных ворсин, отеком эндотелиоцитов и повышением их пиноцитозной активности, усилением коллагенизации стромы ворсин, локальной деструкцией трофобласта, увеличением содержания фибриноида в участках лизированных трофобластических структур. Все эти изменения потенциально могут приводить к развитию плацентарной недостаточности, которая уменьшает обмен питательных веществ между кровообращением матери и плода, а также приводит к нарушению иммунологических и биохимических показателей у потомства. Полученные результаты подтверждают данные литературы о том, что плацента имеет связь с эпигеномным стимулом, которым является никотин [1].

Важно отметить, что эндогенная интоксикация самок крыс, вызываемая пассивным табакокурением, обладает отрицательным воздействием на соматическое развитие (снижение массы тела, задержка сроков появления признаков зрелости) и приводит к нарушению сенсомоторного развития, обусловленному формированием церебральных дисфункций. В основе выявленных изменений иммунологических параметров могут лежать внутриутробная гипоксия и фетоплацентарная недостаточность [7, 8]. В пользу данного предположения свидетельствуют данные литературы о том, что внутриутробная гипоксия связана с повышением концентрации карбоксигемоглобина, содержащегося в табачном дыме, и с вазоконстрикторным действием никотина, вызывающим снижение плацентарного кровотока [7]. Фетоплацентарная недостаточность, возникающая под действием табачного дыма, способствует задержке внутриутробного развития, что проявляется в будущем снижением массы тела у потомства [9]. Выявленное снижение тимического индекса у опытных крысят также обусловлено гипоплазией тимуса под действием метаболитов никотина.

Известно, что при воздействии токсикантов табачного дыма в наибольшей степени страдает лимфоидная линия клеток [16], так как их полигидроокисленные метаболиты аккумулируются в костном мозге и лимфоидных органах, вызывая гипоплазию центральных и периферических органов иммунитета [2, 15].

Кроме того, гипоксия, возникающая у плодов, способствует выявленной активации СРО, что, в свою очередь, приводит к усилению процессов апоптоза и некроза в лимфоидных органах. Данный эффект на плаценту и иммунную систему обусловлен как токсическим эффектом никотина, так и развитием стрессорной реакции в ответ на воздействие данного экопатогена. В пользу этого говорит установленное на аналогичной модели у крысят повышение уровня стрессорных гормонов кортизола и адренокортикотропного гормона при воздействии никотина [10]. Подводя итоги исследования, необходимо отметить, что пассивное курение самок крыс Вистар приводило к нарушению параметров плаценты, лимфоидных органов и физиологических показателей у потомства. В основе выявленных изменений лежат стрессорная активация СРО и снижение уровня антиоксидантных ферментов.

Заключение. Установлено, что эндогенная интоксикация самок крыс, вызываемая пассивным табакокурением, характеризуется комплексом гистологических особенностей, свидетельствующих о нарастании признаков «постарения» структур, деструкции цито- и симпластотрофобластов, стромы ворсин, сосудов микроциркуляторного русла в плаценте. Данные изменения приводят к развитию плацентарной недостаточности с последующим нарушением физиологических, иммунологических и биохимических показателей у потомства. С учетом данных литературы в основе выявленных изменений могут лежать внутриутробная гипоксия и фетоплацентарная

недостаточность. Пассивное табакокурение приводило как к снижению массы тела, задержке сроков появления признаков зрелости, так и к нарушениям сенсомоторного развития, обусловленного формированием церебральных дисфункций. Кроме того, гипоксия, возникающая у плодов, способствует активации свободнорадикального окисления и снижению уровня супероксиддисмутазы, что, в свою очередь, приводило к гипоплазии тимуса под действием метаболитов никотина.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колесников, С.И. Импритинг действия токсикантов в эмбриогенезе / С.И. Колесников, А.В. Семенюк, С.В. Грачев. – Москва: Медицинское информационное агентство, 1999. – 263 с.
2. Zacharasiewicz, A. Maternal smoking in pregnancy and its influence on childhood asthma / A. Zacharasiewicz // ERJOpenRes. – 2016. – No. 2(3). – P. 00042.
3. Горбач, Т.В. Уровень интоксикации организма и эластичность сосудов новорожденных крысят – потомков крыс, подвергавшихся действию табачного дыма / Т.В. Горбач, В.Ю. Юнусов, С.Н. Мартынова // Буковинський медичний вісник. – 2014. – Т. 18. – № 4(72). – С. 20-24.
4. McEvoy, C.T. Pulmonary effects of maternal smoking on the fetus and child: effects on lung development, respiratory morbidities, and life long lung health / C.T. McEvoy, E.R. Spindel // Paediatr. Respir. – 2017. – No. 21. – P. 27-33.
5. Jauniaux, E. Morphological and biological effects of maternal exposure to tobacco smoke on the feto-placental unit / E. Jauniaux, E. Burton // Early Hum Dev. – 2007. – No. 83. – P. 699-706.
6. Suter, M. Maternal tobacco use modestly alters correlated epigenome-wide placental DNA methylation and gene expression / M. Suter, J. Ma, A.S. Harris // Epigenetics. – 2011. – Vol. 6. – No. 11. – P. 1284-1294.
7. Suter, M.A. Maternal smoking as a model for environmental epigenetic changes affecting birthweight and fetal programming / M.A. Suter, A.M. Anders, K.M. Aagaard // Molecular human reproduction. – 2013. – Vol. 19. – No. 1. – P. 1-6.
8. Sbrana, E. Maternal tobacco use is associated with increased markers of oxidative stress in the placenta / E. Sbrana, M.A. Suter, A.R. Abramovici // Am J Obstet Gynecol. – 2011. – Vol. 205. – No. 3. – P. 246-247.
9. Воздействие пассивного курения на иммунологические параметры крыс Вистар и их потомства / Н.А. Кузьмичева, И.В. Михайлова, И.Н. Чайникова [и др.] // Российский иммунологический журнал. – 2021. – Т. 24. – № 2. – С. 215-220.
10. Сравнительная характеристика содержания стрессорных гормонов в крови у пассивно куривших крыс и их потомства в гнездовой период / Л.А. Пушкарева, Н.А. Кузьмичева, И.В. Филиппова [и др.] // Ученые записки Крымского федерального университет имени В.И. Вернадского Биология. Химия. – 2023. – Т. 9(75). – № 2. – С. 149-157.
11. Автандилов, Г.Г. Морфометрия в патологии / Г.Г. Автандилов. – Москва, Медицина, 1973. – 248 с.
12. Волчегорский, И.А. Экспериментальное моделирование и лабораторная оценка адаптивных реакций организма / И.А. Волчегорский, И.И. Долгушин, О.Л. Колесников. – Челябинск, 2000. – 167 с.
13. Сирота, Т.В. Новый подход в исследовании процесса аутоокисления адреналина и использование его для измерения активности супероксиддисмутазы / Т.В. Сирота // Вопросы медицинской химии. – 1999. – Т. 45. – № 3. – С. 263-272.
14. Ohkawa, H. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction / H. Ohkawa, N. Ohishi, K. Vagi // Analyt. Biohem. – 1979. – Vol. 95. – P. 351-358.
15. Suter, M.A. The impact of tobacco chemicals and nicotine on placental development / M.A. Suter, K.M. Aagaard // Prenat Diagn. – 2020. – Vol. 40. – No. 9. – P. 1193-1200.
16. Early postnatal exposure to cigarette smoke impairs the antigen-specific T-cell responses in the spleen / S.P. Singh, S. Razani-Boroujerdi, J.C. Pena-Philippides [et al.] // ToxicologyLetters. – 2006. – Vol. 167. – No. 3. – P. 231-237.

REFERENCES

1. Kolesnikov S.I., Semenyuk A.V., Grachev S.V. Imprinting the effects of toxicants in embryogenesis. Moscow: Medical Information Agency, 1999. 263 p. (in Russ.)
2. Zacharasiewicz A. Maternal smoking in pregnancy and its influence on childhood asthma. *ERJOpenRes*, 2016, no. 2(3), p. 00042.
3. Gorbach T.V. Yunusov V.Yu., Martynova S.N. The level of intoxication of the body and the elasticity of the vessels of newborn rat pups – descendants of rats exposed to tobacco smoke. *Bukovynsky Medical News*, 2014, vol. 18, no. 4(72), pp. 20-24. (in Russ.)
4. McEvoy C.T., Spindel E.R. Pulmonary effects of maternal smoking on the fetus and child: effects on lung development, respiratory morbidities, and life long lung health. *Paediatr. Respir*, 2017, no. 21, pp. 27-33.
5. Jauniaux E., Burton E. Morphological and biological effects of maternal exposure to tobacco

smoke on the feto-placental unit. *Early Hum Dev*, 2007, no. 83, pp. 699-706.
6. Suter M., Ma J., Harris A.S. Maternal tobacco use modestly alters correlated epigenome-wide placental DNA methylation and gene expression. *Epigenetics*, 2011, vol. 6, no. 11, pp. 1284-1294.
7. Suter M.A., Anders A.M., Aagaard K.M. Maternal smoking as a model for environmental epigenetic changes affecting birthweight and fetal programming. *Molecular human reproduction*, 2013, vol. 19, no. 1, pp. 1-6.
8. Sbrana E., Suter M.A., Abramovici A.R. Maternal tobacco use is associated with increased markers of oxidative stress in the placenta. *Am J Obstet Gynecol*, 2011, vol. 205, no. 3, pp. 246-247.
9. Kuzmicheva N.A., Mikhailova I.V., Chaynikova I.N. et al. Effect of second-hand smoke on the immunological parameters of Wistar rats and their offspring. *Russian Journal of Immunology*, 2021, vol. 24, no. 2, pp. 215-220. (in Russ.)
10. Pushkareva L.A., Kuzmicheva N.A., Filippova Yu.V., Smolyagin A.I., Miroshnichenko I.V. Comparative characteristics of the content of stress hormones in the blood of passive smoking rats and their offspring during the breeding season. *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, 2023, vol. 9(75), no. 2, pp. 149-157. (in Russ.)
11. Avtandilov G.G. Morphometry in pathology. Moscow: Meditsina, 1973. 248 p. (in Russ.)
12. Volchegorskij I.A., Dolgushin I.I., Kolesnikov O.L. Experimental modeling and laboratory evaluation of the body's adaptive reactions. Chelyabinsk, 2000. 167 p. (in Russ.)
13. Sirota T.V. A new approach to the investigation of adrenaline autooxidation and its application for determination of superoxide dismutase activity. *Voprosy meditsinskoi khimii*, 1999, vol. 45, no. 3, pp. 263-272. (in Russ.)
14. Ohkawa H., Ohishi N., Vagi K. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Analyt. Biohem*, 1979, vol. 95, pp. 351-358.
15. Suter M.A., Aagaard K.M. The impact of tobacco chemicals and nicotine on placental development. *Prenat Diagn*, 2020, vol. 40, no. 9, pp. 1193-1200.
16. Singh S.P., Razani-Boroujerdi S. et al. Early postnatal exposure to cigarette smoke impairs the antigen-specific T-cell responses in the spleen. *ToxicologyLetters,* 2006, vol. 167, no. 3, pp. 231-237.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Людмила Анатольевна Пушкарева – ассистент кафедры нормальной физиологии, Оренбургский государственный медицинский университет, Оренбург, e-mail: pushkarevamila@mail.ru.
Александр Абрамович Стадников – доктор биологических наук, профессор кафедры гистологии, цитологии и эмбриологии, Оренбургский государственный медицинский университет, Оренбург, e-mail: k_histology@orgma.ru.
Александр Иванович Смолягин – доктор медицинских наук, профессор кафедры инфекционных болезней и эпидемиологии, Оренбургский государственный медицинский университет, Оренбург, e-mail: a.i.smolyagin@mail.ru.
Игорь Васильевич Мирошниченко – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой нормальной физиологии, Оренбургский государственный медицинский университет, Оренбург, e-mail: k_normphys@orgma.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Lyudmila A. Pushkareva – Assistant of the Department of Normal Physiology, Orenburg State Medical University, Orenburg, e-mail: pushkarevamila@mail.ru.
Aleksandr A. Stadnikov – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Histology, Cytology and Embryology, Orenburg State Medical University, Orenburg, e-mail: k_histology@orgma.ru.
Aleksandr I. Smolyagin – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Infectious Diseases and Epidemiology, Orenburg State Medical University, Orenburg, e-mail: a.i.smolyagin@mail.ru.
Igor V. Miroshnichenko – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Normal Physiology, Orenburg State Medical University, Orenburg, e-mail: k_normphys@orgma.ru.

Для цитирования: Особенности плаценты у пассивно куривших крыс Вистар с оценкой лабораторных и физиологических параметров их потомства / Л.А. Пушкарева, А.А. Стадников, А.И. Смолягин, И.В. Мирошниченко // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_12

For citation: Pushkareva L.A., Stadnikov A.A., Smolyagin A.I., Miroshnichenko I.V. Features of the placenta in passively smoking Wistar rats with an assessment of laboratory and physiological parameters in their offspring. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_12

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_13
УДК 575.112; 575.832; 591.826

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_13
UDC 575.112; 575.832; 591.826

СТРУКТУРА ОБЛУЧЕННОЙ НАНОСЕКУНДНЫМИ МИКРОВОЛНОВЫМИ ИМПУЛЬСАМИ ЖИРОВОЙ ТКАНИ *IN VIVO* С ПОЗИЦИЙ БИОИНФОРМАТИКИ

А.В. Самойлова[1,2], М.А. Большаков[3]
[1]Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук», г. Томск, Россия
[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Томск, Россия
[3]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», г. Томск, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Методы биоинформатики – удобный инструмент для количественной оценки структурных изменений в биологических тканях. Цель исследования: используя метод расчета дивергенций Кульбака-Лейблера, определить степень расхождения морфометрических показателей адипоцитов после воздействия наносекундными микроволновыми импульсами. ***Методы.*** Оценка структурной перестройки в жировой ткани лабораторных мышей проводилась с помощью анализа расхождения вероятностей распределений адипоцитов по размерам и последующего расчета величин дивергенций Кульбака-Лейблера. ***Результаты.*** Количественная оценка морфометрических изменений адипоцитов выявила разные типы реагирования ткани (гипертрофический, гиперпластический, смешанный) на воздействие наносекундным микроволновым излучением. ***Заключение.*** Метод дивергенции позволяет количественно оценить степень структурного изменения в жировой ткани и может быть использован в биомедицинской практике.
Ключевые слова: адипоциты, наносекундные импульсы, микроволновое излучение, эффект, дивергенция Кульбака-Лейблера.

EVALUATION OF ADIPOSE TISSUE STRUCTURE IN VIVO FROM THE POINT OF VIEW OF BIOINFORMATICS AFTER IRRADIATION WITH NANOSECOND MICROWAVE PULSES

A.V. Samoylova[1,2], M.A. Bolshakov[3]
[1]Institute of High Current Electronics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia
[2]Siberian State Medical University, Tomsk, Russia
[3]National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Bioinformatics methods are a convenient tool for quantitatively assessing structural changes in biological tissues. The aim of this study was to determine the degree of divergence in adipocyte morphometric parameters after exposure to nanosecond microwave pulses using the Kullback-Leibler divergence method. ***Methods.*** Structural changes in adipose tissue in laboratory mice were assessed using an analysis of the divergence of probabilities of adipocyte size distributions and subsequent calculation of the Kullback-Leibler divergence values. ***Results.*** Quantitative assessment of adipocyte morphometric changes revealed different types of tissue response (hypertrophic, hyperplastic, and mixed) after exposure to microwave radiation. ***Conclusion.*** The divergence method allows for quantitative assessment of the degree of structural change in adipose tissue and can be used in biomedical practice.
Keywords: adipocytes, nanosecond pulses, microwave radiation, effect, Kullback-Leibler divergence.

Введение. Актуальность количественной оценки структурных изменений биологических тканей в современных биомедицинских исследованиях не вызывает сомнений. Особое значение это имеет при изучении особенностей жировой ткани, морфометрические параметры которой являются ключевыми маркерами в диагностике различных метаболических нарушений [1, 2]. Традиционно используемые

методы анализа основаны, в частности, на вычислении среднего диаметра адипоцитов и их распределения по размерам, представляют исследователю описательную статистику, но не позволяют строго количественно оценить степень отклонения клеточной популяции от нормального (референтного) значения [3]. В связи с этим, внедрение методов биоинформатики, в частности, вычисления дивергенции Кульбака-Лейблера (Kullback-Leibler divergence, DKL), открывает новые возможности для получения полной картины морфологических изменений в тканях. DKL, будучи мерой информационного расхождения между двумя вероятностными распределениями [4], представляет собой удобный и эффективный инструмент для объективной оценки направленности и выраженности морфологических перестроек, выраженных в битах информации [5]. Этот метод позволяет перейти от визуальной констатации факта изменения параметров тканей к строгой количественной характеристике направления полученных изменений.

Применение данного подхода представляется перспективным для анализа ранее полученных данных о локальном влиянии наносекундного импульсно-периодического микроволнового излучения (ИПМИ) на эпидидимальную жировую ткань мышей [6, 7]. В предыдущих работах было показано изменение размеров адипоцитов в зависимости от параметров воздействующего фактора (пиковой плотности потока мощности излучения (пППМ) и частоты повторения импульсов), однако строгой количественной оценки этих сдвигов в структуре всей клеточной популяции проведено не было.

Цель настоящего исследования: используя метод DKL, определить степень расхождения морфометрических показателей адипоцитов после воздействия наносекундным импульсно-периодическим микроволновым излучением.

Методы и организация исследования. В экспериментах использовались образцы эпидидимальной жировой ткани лабораторных мышей, полученных после локального воздействия ИПМИ согласно методикам, подробно описанным в [6, 7]. Морфометрическая обработка гистологических срезов жировой ткани проводилась с использованием компьютерной программы ImageJ 1.46 [3].

Для оценки структурной перестройки в эпидидимальной жировой ткани мышей был проведен анализ расхождения вероятностей распределений адипоцитов по размерам с помощью расчета DKL [4, 8]. DKL является мерой того, насколько одно вероятностное распределение P отличается от эталонного распределения Q. Основной смысл расчета DKL – обнаружение дополнительной семантической информации (в единицах бит). Для случаев интерпретации полученных результатов можно использовать сравнение эталонных исходных данных, описываемых распределением Q относительно распределения P, характеризующего экспериментально полученные данные. Формула (для дискретных распределений) имеет следующий вид:

$DKL(P||Q) = \Sigma\ (x \in X)\ P(x) * \log_2(P(x) / Q(x))$,

где P – вероятность попадания клеток в i-й бин для сравниваемых распределений размеров (полученных данных в опытных группах);

Q – вероятность попадания клеток в i-й бин для исходного эталонного значения вероятностей адипоцитов по размеру;

X – возможные значения размеров адипоцитов, попадающие в тот или иной бин.

Суммирование при этом ведется только по тем x, где $P(x)>0$. По определению, если $P(x)=0$, то вклад этого члена в расхождение равен 0 (даже если $Q(x)=0$). Если для какого-то x $P(x)>0$, но $Q(x)=0$, тогда дивергенция стремится к бесконечности (Q абсолютно не предсказывает возможное событие P). Поэтому на практике часто применяют сглаживание Лапласа, добавляя очень маленькое значение (например, 0,00001) ко всем 0-м значениям Q и P перед нормировкой, что позволяет избежать бесконечности и считается оценкой с поправкой. При этом к каждому элементу данных всех массивов по всем бинам добавляется бесконечно малое поправочное значение ε ($\varepsilon=10^{-5}$), а затем массивы повторно нормируются. Это гарантирует отсутствие нулевых вероятностей, что обеспечивает реально устойчивый расчет.

В настоящей статье все вычисления выполнены в среде статистического программирования (версия 4.3.1; R Core Team, 2023). Для расчета дивергенции использован пакет «Philentropy» (версия 0.8.0; Drost, 2024), реализующий вычисление DKL между вероятностными распределениями Q и P [8, 9]. При оценке доверительных интервалов для истинных значений дивергенции были рассчитаны стандартные ошибки (m). Статистическую значимость различий между распределениями размеров адипоцитов в опытных группах и соответствующим контролем оценивали с помощью непараметрического U-критерия Манна-Уитни. Статистически значимыми считали различия при уровне $p<0,05$.

В представленной работе использовались три эталонных распределения A (ложнооблученные образцы жировой ткани, или контроль) и пятнадцать вероятностных распределений B из экспериментальных групп, подвергавшихся воздействию ИПМИ *in vivo*:

A1 – ложнооблученная группа в эксперименте № 1, где опытные группы лабораторных мышей локально на область эпидидимальной жировой ткани подвергались воздействию ИПМИ с пППМ 70 Вт/см2; выбранные частоты повторения импульсов в опытных группах – 8, 13, 16, 22 и 25 Гц соответственно составили группы распределений (B1, B2, B3, B4, B5);

A2 – ложнооблученная группа в эксперименте № 2, где опытные группы лабораторных мышей локально на область эпидидимальной жировой ткани подвергались воздействию ИПМИ с пППМ 700 Вт/см2; выбранные частоты повторения импульсов в опытных группах – 8, 13, 16, 22 и 25 Гц соответственно составили группы распределений (B6, B7, B8, B9, B10);

A3 – ложнооблученная группа в эксперименте № 3, где опытные группы лабораторных мышей локально на область эпидидимальной жировой ткани подвергались воздействию ИПМИ с пППМ 1500 Вт/см2; выбранные частоты повторения импульсов в опытных группах – 8, 13, 16, 22 и 25 Гц соответственно составили группы распределений (B11, B12, B13, B14, B15).

Результаты исследования и их обсуждение. В ходе исследования были проанализированы распределения размеров адипоцитов в трех экспериментальных сериях, соответствующих различным режимам воздействия по интенсивности излучения: 70, 700 и 1500 Вт/см². Для каждой серии использовался собственный ложнооблученный контроль (A1, A2, A3), что позволило корректно оценить эффекты воздействия внутри каждой экспериментальной группы (табл. 1-3). При анализе всех полученных распределений размеров адипоцитов было выявлено, что диапазон значений клеток находится в пределах от 10 до 100 мкм.

Для расчета дивергенций были определены основные ключевые характеристики бинов – ширина бина (10 мкм, диапазон значений размеров адипоцитов, которые в него попадают), границы бина (нижняя и верхняя границы интервала), частота бина (вероятность попадания размеров адипоцитов в данный бин). Для формирования бинов все числовые значения размеров адипоцитов выражались в относительных единицах применительно к 9 полученным в ходе расчета интервалам размеров клеток. Каждый бин соответствовал определенному диапазону значений размеров клеток, выраженных в мкм (табл. 1-3).

Ложнооблученные образцы ткани в распределениях A1, A2 и A3 характеризовались типичной для здоровой жировой ткани унимодальной формой с выраженным пиком, однако их параметры различались между сериями, что отражает нормальную биологическую вариабельность и различные исходные состояния экспериментальных животных (табл. 1-3). Полученные различия между всеми ложнооблученными распределениями подчеркивают важность использования индивидуальных контролей для каждой экспериментальной серии и не позволяют проводить прямое сравнение образцов из разных групп между собой без учета исходных различий.

Распределение A1 (ложнооблученный контроль, эксперимент с воздействием пППМ 70 Вт/см²) характеризовалось максимальным пиком в бине 4 (41-50 мкм; 30,3%) и высокой концентрацией клеток с размерами в диапазоне от 41 до 60 мкм (бины 4 и 5, суммарно 58%). Доли мелких (<30 мкм) и

крупных (>70 мкм) клеток составили соответственно 3,8% и 6,6% (табл. 1).

В облученных группах (B1-B5) наблюдалась более широкая вариабельность морфометрических параметров адипоцитов. Образцы B1 и B2 показали статистически значимые отличия от ложнооблученного контроля. Кроме того, B1, B2 и B3 характеризовались сдвигом распределения размеров влево, т.е. в сторону более мелких клеток, с увеличением доли клеток с размерами в диапазоне от 31 до 40 мкм (30-36%) по сравнению с 18,8% в A1. В образце B3 было отмечено накопление клеток в диапазоне размеров от 21 до 30 мкм (18,3%). Распределения B4 и B5, напротив, продемонстрировали смещение пика размеров клеток вправо с концентрацией клеток в бинах 4 и 5 (41-60 мкм), достигающей в сумме 49,8 и 55,8% соответственно, при одновременном снижении доли мелких клеток (табл. 1).

Таблица 1

Результаты распределений адипоцитов по размерам в ложнооблученной группе и опытных группах после воздействия ИПМИ (эксперимент № 1, пППМ 70 Вт/см^2), %

Бин (диапазон размеров, мкм)	A1	B1	B2	B3	B4	B5
1 (<20)	0,0	0,3	0	0,5	0	0
2 (21-30)	3,8	10 p=0,0083	12,5 p=0,0009	18,3 p=0,0002	10,4 p=0,0095	10,5
3 (31-40)	18,8	30 p=0,0083	36 p=0,0009	33 p=0,0002	31,6 p=0,0095	27
4 (41-50)	30,3	29,3	26,5	26,5	34,6	35,5
5 (51-60)	27,7	17,5	18,5	14	15,2	20,3
6 (61-70)	12,8	9,8	5	5	4,8	5
7 (71-80)	4,7	2	0,5	1,5	2	0,8
8 (81-90)	1,7	1	0	1	1	1
9 (>91)	0,2	0,3	0,5	0,3	0,2	0

Примечание: ИПМИ – импульсно-периодическое микроволновое излучение; пППМ – пиковая плотность потока мощности излучения; A1 – ложнооблученный контроль; B1-B5 – опытные образцы после воздействия ИПМИ с частотами повторения импульсов 8, 13, 16, 22 и 25 Гц соответственно; p – уровень статистической значимости различий между распределениями в опытных группах относительно ложнооблученного контроля.

В распределении A2 (ложнооблученный контроль, эксперимент с воздействием пППМ 700 Вт/см²) также с пиком в бине 4 (41-50 мкм; 29,2%) в большей степени были представлены мелкие клетки (бины 1-3, суммарно 33,0%), регистрировалось умеренное повышение количества клеток больших размеров (бины 5-9, суммарно 37,8%) (табл. 2).

После воздействия ИПМИ изменения размеров адипоцитов в этой группе носили более выраженный характер. В образцах B6 и B7 так же, как и при воздействии с меньшей мощностью, наблюдался гипертрофический сдвиг с преобладающим пиком в бине 4 (41-50 мкм). Образец B8 показал значительное увеличение пула мелких клеток: доля адипоцитов в бинах 2 и 3 (21-40 мкм) составила 59,5%, что более чем в два раза превышает контрольный показатель (22,8%). Наиболее существенные отклонения были зафиксированы в образце B9, где доля клеток в бинах 2 и 3 достигла 63,7% при резком сокращении числа крупных клеток (бины 5-7). B10 статистически не отличался от контроля, напротив, продемонстрировал возврат к более сбалансированной структуре с пиком в бине 4 (41-50 мкм; 35,5%) (табл. 2).

В распределении A3 (ложнооблученный контроль, эксперимент с воздействием пППМ 1500 Вт/см²) был установлен наиболее выраженный острый пик в бине 4 (41-50 мкм; 40,5%) среди всех ложнооблученных образцов, что свидетельствует о высокой степени однородности размеров клеток и минимальной вариабельности в данной экспериментальной группе. Доля мелких клеток (<30 мкм) составила 7,3%, а крупных (>70 мкм) – лишь 0,8% (табл. 3).

Таблица 2

Результаты распределений адипоцитов по размерам в ложнооблученной группе и опытных группах после воздействия ИПМИ (эксперимент № 2, пППМ 700 Вт/см^2) [7, 8], %

Бин (диапазон размеров, мкм)	A2	B6	B7	B8	B9	B10
1 (<20)	0,2	0,3	0,3	0,5	2	0
2 (21-30)	10,6	10	7,7	18,3	28,7 p=0,0001	10,5
3 (31-40)	22,2	30	23,3	33	35	27
4 (41-50)	29,2	29,3	36,3	26,5	23,3	35,5
5 (51-60)	24,6	17,5	22,3	14	8,3 p=0,0001	20,3
6 (61-70)	9,2	9,8	5,7	5	2,2 p=0,0001	5
7 (71-80)	3,6	2	3,3	1,5	0,5	0,8
8 (81-90)	0,4	1	1	1	0	1
9 (>91)	0	0,3	0	0,3	0	0

Примечание: ИПМИ – импульсно-периодическое микроволновое излучение; пППМ – пиковая плотность потока мощности излучения; А2 – ложнооблученный контроль; В6-В10 – опытные образцы после воздействия ИПМИ с частотами повторения импульсов 8, 13, 16, 22 и 25 Гц соответственно; p – уровень статистической значимости различий между распределениями в опытных группах относительно ложнооблученного контроля.

Таблица 3

Результаты распределений адипоцитов по размерам в ложнооблученной группе и опытных группах после воздействия ИПМИ (эксперимент № 3, пППМ 1500 Вт/см^2) [7, 8], %

Бин (диапазон размеров, мкм)	A3	B11	B12	B13	B14	B15
1 (<20)	0	0	1,3	0	1	0,5
2 (21-30)	7,3	4,3	12,5	4,3	17,3 p=0,0001	12,5 p=0,0016
3 (31-40)	30	19 p=0,001	22,5	18 p=0,0001	38	20,3
4 (41-50)	40,5	39,3	18,8 p=0,0001	27,3	21 p=0,0001	34
5 (51-60)	14,8	17,8	19,3	24,5	15	23,8
6 (61-70)	6,8	12,5 p=0,001	13,3 p=0,0001	17,5 p=0,0001	6,3	7,3
7 (71-80)	0,8	5,8	9	6,3	1,3	1,5
8 (81-90)	0	1,3	2,3	1	0	0,3
9 (>91)	0	0	1	1	0	0

Примечание: ИПМИ – импульсно-периодическое микроволновое излучение; пППМ – пиковая плотность потока мощности излучения; А3 – ложнооблученный контроль; В11-В15 – опытные образцы после воздействия ИПМИ с частотами повторения импульсов 8, 13, 16, 22 и 25 Гц соответственно; p – уровень статистической значимости различий между распределениями в опытных группах относительно ложнооблученного контроля.

В опытных группах после воздействия на жировую ткань с максимальной интенсивностью ИПМИ была выявлена наиболее выраженная гетерогенность морфометрических изменений адипоцитов. Если образец В11 сохранил одномодальную форму распределения с пиком в бине 4, близким к контрольному значению, при умеренном увеличении доли крупных клеток, что позволяет классифицировать его как физиологическую норму с признаками начальной гипертрофии, то в образце В12, напротив, продемонстрирована частичная дезорганизация структуры ткани, со снижением пика до 22,5% и значительным смещением распределения влево. Доля

клеток крупнее 70 мкм в образце B12 возросла в 11 раз по сравнению с контролем, появились гигантские клетки (>90 мкм; 1,0%). Образец B13 характеризовался значительным расширением правого хвоста распределения: суммарная доля клеток в бинах 5-8 (51-90 мкм) достигла 49,3%, что более чем вдвое превышает контрольный показатель. B14 продемонстрировал критический избыток мелких клеток (бины 2 и 3; 55,3%) при практически полном отсутствии крупных форм адипоцитов. B15, напротив, показал наиболее сбалансированное распределение, близкое к эталонному A3, с пиком в бине 4 (41-50 мкм; 34%) и умеренным правым хвостом (табл. 3).

Таким образом, визуальный анализ распределений выявил зависимость характера и степени морфологических изменений адипоцитов от интенсивности воздействия, а также показал наличие различных типов реагирования жировой ткани на микроволновое излучение (гипертрофический, гиперпластический, смешанный) в пределах каждой группы.

Количественный анализ с использованием DKL позволил выявить скрытые закономерности и объективно оценить степень отклонения каждого образца от соответствующего контроля. Анализ значений DKL выявил неоднородность ответа жировой ткани на облучение как в зависимости от интенсивности воздействия, так и в пределах каждой экспериментальной группы. Величины DKL рассчитывались по логарифму с основанием 2, что позволяет интерпретировать их как изменение семантической структурной информации. По этой причине, наблюдавшиеся отклонения распределений DKL могут объективно характеризовать изменение клеточной структуры жировой ткани относительно ее исходного состояния (табл. 4).

Таблица 4

Величины дивергенций Кульбака-Лейблера в распределениях адипоцитов по размерам после воздействия на жировую ткань наносекундными микроволновыми импульсами, DKL±m

Образец	DKL (B‖A1), бит	Образец	DKL (B‖A2), бит	Образец	DKL (B‖A3), бит
B1	0,51±0,03* p=0,0087	B6	0,27±0,01* p=0,0476	B11	0,25±0,01
B2	0,71±0,04* p=0,0043	B7	0,31±0,02* p=0,0317	B12	1,05±0,05* p=0,0024
B3	0,29±0,01	B8	0,54±0,03* p=0,0079	B13	0,47±0,02* p=0,0087
B4	0,2±0,01	B9	2,26±0,11* p=0,0016	B14	0,53±0,03* p=0,0079
B5	0,27±0,01	B10	0,24±0,01	B15	0,24±0,01

Примечание: DKL – дивергенция Кульбака-Лейблера; m – стандартная ошибка среднего; *p – уровень статистической значимости различий между распределениями в опытных группах и соответствующим ложнооблученным контролем.

Для большей наглядности и детализации эффектов изменения DKL были построены графики зависимости величин DKL от режимов воздействующего на жировую ткань ИПМИ (рис.).

График распределения значений DKL (B‖A1) демонстрирует четкое разделение образцов на два кластера (рис. А). Три образца (B3, B4, B5) характеризуются низкими значениями дивергенции (DKL<0,3 бит), что свидетельствует об их максимальной близости к контрольному распределению A1 и позволяет классифицировать их как физиологическую норму или состояние с незначительными, статистически неразличимыми отклонениями. Минимальное значение DKL зафиксировано для образца B4 (0,20±0,01 бит), что демонстрирует его наилучшим с точки зрения сохранения исходной морфологической структуры жировой ткани. Два образца (B1 и B2) со значениями DKL>0,5 бит указывают на выраженные изменения в перераспределении размеров клеток в этих группах после облучения. Образец B2 является максимально отличающимся от A1, его дивергенция более чем в 3,5 раза превышает минимальное значение.

Анализ графика распределения значений DKL (B||A2) (рис. Б) показывает, что в образцах B6, B7 и B10 сформировался кластер относительно низких значений дивергенции, что указывает на незначительные изменения размеров адипоцитов после облучения и близость к контрольному распределению A2. Образец B8 по своему показателю DKL (0,54±0,03 бит) занимает промежуточное положение. Особое внимание заслуживает образец B9, в котором имеет место максимальное, более чем в 9 раз, увеличение дивергенции относительно эталонного уровня. Столь высокая величина DKL свидетельствует об увеличении структурного различия клеточных размеров в данной группе, которое может указывать о выходе за пределы адаптационных возможностей ткани и, вероятно, необратимых изменениях в популяции адипоцитов после воздействия ИПМИ с указанными параметрами излучения (пППМ 700 Вт/см2, 22 Гц).

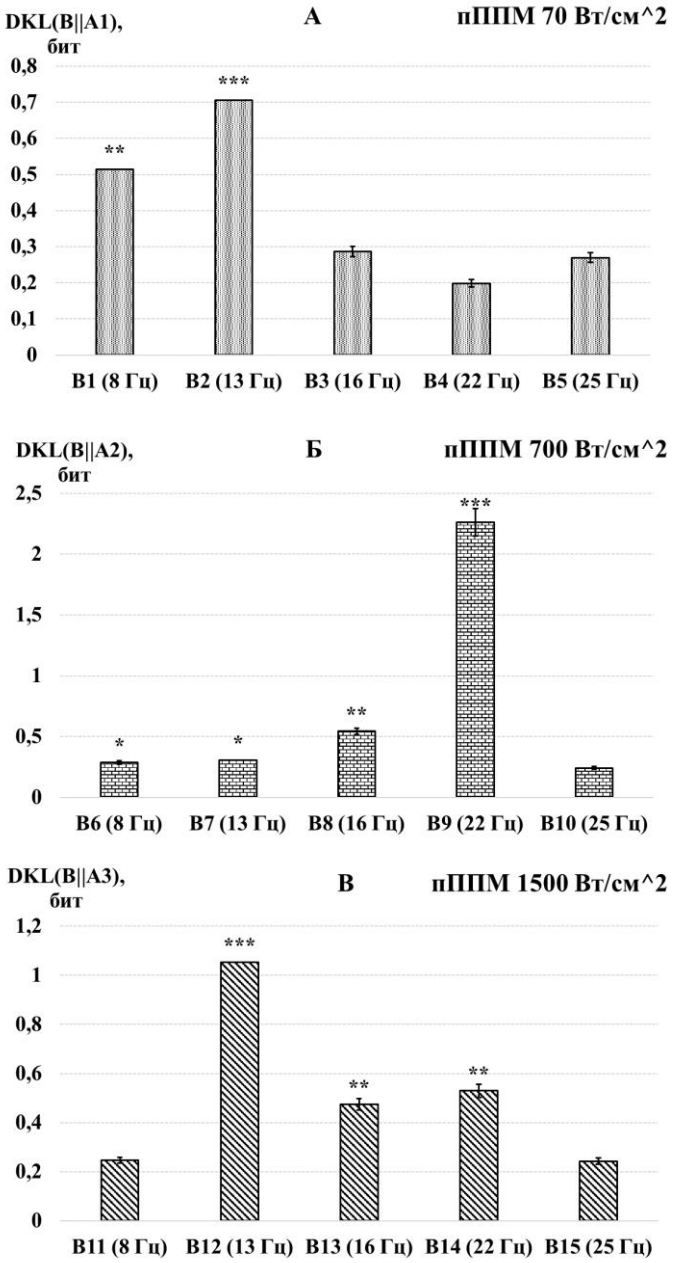


Рис. Дивергенция Кульбака-Лейблера между распределениями адипоцитов по размерам после воздействия на жировую ткань наносекундным ИПМИ с разными частотами повторения импульсов и интенсивностями

Примечание: ИПМИ – импульсно-периодическое микроволновое излучение; * – $p<0,05$; ** – $p<0,01$; *** – $p<0,001$ – различия статистически значимы по отношению к показателям в ложнооблученном контроле.

Наибольшая вариабельность морфологических изменений адипоцитов и, соответсвенно, показателей DKL зафиксирована после воздействия с максимальной интенсивностью (рис. В). Несмотря на то, что в образцах В11 и В15 показатели DKL<0,25 бит, что свидетельствует о сохранении структуры ткани близкой к ложнооблученому контролю в пределах физиологической нормы, в образцах В12, В13 и В14 продемонстрированы выраженные сдвиги показетелей DKL относительно А3. Причем образец В12 представляет собой случай значительной дезорганизации тканевой структуры жировой ткани, хотя и меньшей по величине, чем в случае с В9.

Обращает на себя внимание то, что во всех трех опытных группах присутствуют образцы, сохранившие относительно нормальную структурную организацию жировой ткани (В4, В5, В6, В10, В11, В15) и образцы с выраженными отклонениями размеров адипоцитов (В1, В2, В8, В12, В13, В14). В группе с воздействием пППМ 700 Вт/см² зафиксирован случай максимальной дезорганизации ткани (В9), что может указывать на существование критических параметров воздействия, при которых с высокой вероятностью реализуются необратимые изменения морфометрических параметров жировой ткани.

Обобщение данных во всех проанализированных экспериментальных группах на основе рассчитанных значений DKL позволило не только подтвердить ранее полученные результаты о влиянии ИПМИ на структуру жировой ткани, а также выявить скрытые закономерности влияния, но и количественно оценить степень структурного изменения, предложить объективные критерии для дифференциации состояний жировой ткани и выделить возможные уровни функционального состояния после воздействий микроволновым излучением с разными параметрами:

1. Норма (физиологическая вариация DKL<0,30 бит);
2. Группа риска, в которой присутствуют признаки начального отклонения от нормальных значений (ранние изменения DKL=0,30-0,45 бит);
3. Выраженные отклонения DKL=0,45-0,70 бит;
4. Тотальная дезорганизация (критическое состояние DKL=0,70-1,50 бит);
5. Экстремальная дезорганизация (необратимые изменения DKL>1,50 бит).

В проведенном анализе данных выявлены структурные изменения отклонений жировой ткани от нормы в направлении экстремальной дезорганизации и необратимых изменений, что соответствует современным представлениям о метаболических нарушениях [10]. Полученные результаты указывают на фенотипическую пластичность, когда один и тот же образец может соответствовать разным эталонам в зависимости от референтной популяции.

В данном случае, применительно к использованным режимам излучения, фенотипическая пластичность характеризуется чувствительностью жировой ткани к разным частотам воздействующего ИПМИ, и ранее подтвержденной зависимостью биологических эффектов ИПМИ от частоты повторения импульсов и интенсивности воздействия.

Заключение. Применение DKL в анализе морфометрических данных жировой ткани представляет собой новый подход, позволяющий перейти от описательной статистики к количественной диагностике. Преимуществами такого подхода являются объективный характер и инвариантность в масштабе оценки для самых различных объектов, поскольку DKL измеряет именно расхождения распределений, а не абсолютные значения. Кроме того, информационная интерпретация рассчитанного результата в битах показывает, насколько изменилась структурная информация объектов, а чувствительность к малым отклонениям (метод улавливает изменения, невидимые при визуальном анализе) дает возможность автоматизации, что можно легко реализовать в программном обеспечении при проведении морфометрии. Аналогичный подход может быть использован также в клинической практике для дифференциальной диагностики ожирения, мониторинга терапии и прогнозирования метаболических осложнений. Дальнейшие исследования должны быть направлены на валидацию метода на других объектах и установление корреляций с клинически значимыми параметрами.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (FWRM-2026-0011).

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Financing. The work was carried out according to the state task of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (FWRM-2026-0011).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ghaben, A.L. Adipogenesis and metabolic health / A.L. Ghaben, P.E. Scherer // Nat Rev Mol Cell Biol. – 2019. – Vol. 20(4). – P. 242-258.
2. Hypertrophy and/or hyperplasia: dynamics of adipose tissue growth / J. Jo, O. Gavrilova, S. Pack [et al.] // PLoS Comput Biol. – 2009. – Vol. 5(3). – P. 1000324.
3. Quantifying size and number of adipocytes in adipose tissue / S.D. Parlee, S.I. Lentz, H. Mori, O.A. MacDougald // Methods Enzymol. – 2014. – No. 537. – P. 93-122.
4. Kullback, S. On information and sufficiency / S. Kullback, R.A. Leibler // Ann Math Statist. – 1951. – Vol. 22(1). – P. 79-86.
5. Burnham, K.P. Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach / K.P. Burnham, D.R. Anderson. – Springer, 2002. – 515 p.
6. Эффект воздействия наносекундного импульсно-периодического микроволнового излучения на эпидидимальную жировую ткань мышей / А.В. Керея, М.А. Большаков, Л.П. Жаркова [и др.] // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2014. – Т. 54. – № 6. – С. 606-612. [In English] Kereya A.V., Bolshakov M.A., Zharkova L.P. et al. The epididymal adipose tissue of mice after nanosecond pulse-periodic microwave irradiation. *Radiation biology. Radioecology,* 2014, vol. 54, no 6, pp. 606-612. (in Russ.)
7. Morphometry of the response of mice epididymal adipose tissue to nanosecond repetitive pulsed microwaves / A.V. Kereya, M.A. Bolshakov, L.P. Zharkova [et al.] // Research Journal of International Studies. – 2014. – No. 12(31). – P. 32-36.
8. Bulinski, A. Statistical Estimation of the Kullback–Leibler Divergence / A. Bulinski, D. Dimitrov // Mathematics. – 2021. – Vol. 9. – 36 p. DOI: 10.3390/math9050544.
9. Tschopp, M.A. Quantifying similarity and distance measures for vector-based datasets: histograms, signals, and probability distribution functions / M.A. Tschopp, E. Hernández-Rivera // US Army Research Laboratory. – 2017.
10. Smith, U. Adipose tissue regulates insulin sensitivity: role of adipogenesis, de novo lipogenesis and novel lipids / U. Smith, B.B. Kahn // J Intern Med. – 2016. – Vol. 280(5). – P. 465-475.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Анна Викторовна Самойлова – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела физической электроники, Институт сильноточной электроники СО РАН; доцент кафедры нормальной физиологии, ФГБОУ ВО «СибГМУ» Минздрава России, Томск, e-mail: kereya21@yandex.ru.
Михаил Алексеевич Большаков – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры физиологии человека и животных, ФГОУ ВО «НИ ТГУ», Томск, e-mail: mbolshk@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Anna V. Samoylova – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Department of Physical Electronics, Institute of High Current Electronics; Associate Professor of the Department of Normal Physiology, Siberian State Medical University, Tomsk, e-mail: kereya21@yandex.ru.
Mikhail A. Bol'shakov – Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Human and Animal Physiology, National Research Tomsk State University, Tomsk, e-mail: mbolshk@yandex.ru.

Для цитирования: Самойлова, А.В. Структура облученной наносекундными микроволновыми импульсами жировой ткани *in vivo* с позиций биоинформатики / А.В. Самойлова, М.А. Большаков // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_13

For citation: Samoylova A.V., Bolshakov M.A. Evaluation of adipose tissue structure *in vivo* from the point of view of bioinformatics after irradiation with nanosecond microwave pulses. *Modern Issues of Biomedicine,* 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_13

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_14
УДК 616.62-008.221; 616.631; 612.01; 612.084

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_14
UDC 616.62-008.221; 616.631; 612.01; 612.084

КЛИНИКО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ДИАГНОСТИКИ ДОНОЗОЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ МОЧЕОБРАЗОВАНИЯ И МОЧЕВЫВЕДЕНИЯ

Е.В. Сапоженкова, Е.А. Томилова, В.В. Колпаков
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Тюмень, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Ранняя диагностика функциональных нарушений мочевыделительной системы является актуальной задачей для определения групп риска по развитию симптомов нижних мочевых путей. ***Методы.*** У 288 лиц мужского пола (средний возраст – 19±2,8 лет) была проведена оценка ультразвуковых и клинико-физиологических параметров работы мочевого пузыря. Метаболическая активность головного мозга в разные фазы работы мочевого пузыря была установлена по данным совмещенной позитронной-эмиссионой и компьютерной томографии с применением фтордезоксиглюкозы. ***Результаты.*** Выявлено значимое снижение физиологического и максимального объема мочевого пузыря, а также индекса чувствительности у лиц с учащенным ритмом мочеиспускания. По данным совмещенной позитронной-эмиссионой и компьютерной томографии установлено, что задняя поясная извилина активна в фазу наполнения мочевого пузыря и в постмикционный период, передняя – во время мочеиспускания. ***Заключение.*** Полученные клинико-физиологические и нейровизуализационные параметры могут служить основой для разработки критериев донозологической диагностики нарушений мочеиспускания.
Ключевые слова: мочевой пузырь, диурез, совмещенная позитронная-эмиссионая и компьютерная томография, регуляция мочеиспускания.

CLINICAL AND PHYSIOLOGICAL CRITERIA FOR THE DIAGNOSIS OF PRENOSOLOGICAL CONDITIONS OF URINATION AND URINARY EXCRETION

E.V. Sapozhenkova, E.A. Tomilova, V.V. Kolpakov
Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Early diagnosis of functional disorders of the urinary system is an urgent task for determining risk groups and criteria for early prenosological diagnosis of lower urinary tract symptoms. ***Methods.*** In 288 males aged 19-25 years, ultrasound, clinical and physiological parameters of bladder function were evaluated. Combined positron emission tomography and computed tomography using fluorodeoxyglucose were performed to determine the metabolic activity of the brain during various phases of bladder function. ***Results.*** A significant decrease in the physiological and maximum volume of bladder, as well as the sensitivity index have been revealed in individuals with frequent urination. According to combined positron emission tomography and computed tomography, the following has been found: the posterior cingulate gyrus is active during filling and after post micturition dribble, and the anterior cingulate gyrus is active during urination. ***Conclusion.*** The obtained clinical, physiological and neuroimaging parameters can serve as a basis for the development of criteria for the prenosological diagnosis of urinary disorders.
Keywords: bladder, diuresis, combined positron emission tomography and computed tomography, regulation of urination.

Введение. В последние годы все большее внимание в клинической медицине уделяется проблеме ранней диагностики функциональных нарушений органов и систем, предшествующих развитию клинически выраженной патологии [1]. Это особенно важно для мочевыделительной системы – комплекса органов, ответственных за поддержание гомеостаза, регулирование водно-электролитного баланса и выведение метаболитов. Даже минимальные отклонения в процессах мочеобразования и мочевыведения могут стать первыми проявлениями дисфункции, представляющей в дальнейшем риск развития органических изменений и формирование хронических заболеваний почек и мочевыводящих путей [2-4].

Оценка клинико-физиологических параметров включает не только стандартные лабораторные данные, но и современные методы выявления уродинамических и биохимических сдвигов, позволяющих судить о резервных возможностях почек и адаптационных механизмах урогенитального тракта. Это особенно актуально для скрининга групп риска и мониторинга пациентов с пограничными функциональными показателями. Среди инструментальных и лабораторных методов оценки таких состояний активно используются новые биомаркеры, функциональные пробы, показатели уродинамики, а также анализ концентрационных, фильтрационных и канальцевых функций почек [5].

Также одним из перспективных направлений в определении ранних маркеров формирования нарушений мочеиспускания является изучение мозговой активности различных отделов головного мозга в процессе реализации накопительно-эвакуаторной функции мочевого пузыря (МП) [6-11]. Изучение основных параметров и паттернов центрального звена регуляции накопительно-эвакуаторной функции МП может послужить основой для создания референсной модели исследования патогенеза различных форм нарушений мочеиспускания (гиперактивный мочевой пузырь, недержание мочи, нейрогенная дисфункция) и стать базой для разработки критериев донозологической диагностики [12, 13].

Целью настоящего исследования является определение клинико-физиологических критериев диагностики ранних нарушений симптомов нижних мочевых путей.

Методы и организация исследования. В исследовании приняли участие лица мужского пола, средний возраст – 19±2,8 лет. По результатам заполнения дневников мочеиспускания все исследуемые (n=288) были разделены на 3 группы: условно здоровые лица с нормальным ритмом мочеиспускания – 7,21±0,91 раз в сутки (I группа, n=183), пациенты с начальными признаками дисфункции МП – 9,67±1,29 раз в сутки (II группа, n=52) и пациенты с диагностированным гиперактивным мочевым пузырем (ГАМП) – 12,4±0,91 раз в сутки (III группа, n=53). Выраженность симптомов нижних мочевых путей (НМП) определяли по шкале I-PSS (International Prostate Symptom Score – международная система суммарной оценки заболеваний предстательной железы), а степень беспокойства от этих симптомов по опроснику QOL (Quality of Life – качество жизни) [14].

Определение физиологического объема (ОМПф) и максимального (ОМПм) объема МП выполняли на ультразвуковом сканере «Toshiba-Xario SSA-600A» (Япония) с помощью конвексного датчика с частотой 3,5-4 МГц; индекс чувствительности (ИЧ) рассчитывали по формуле ОМПф/ОМПм.

Уровень метаболизма головного мозга в процессе реализации накопительно-эвакуаторной функции МП оценивали с помощью совмещенной позитронной-эмиссионой и компьютерной томографии (ПЭТ/КТ) визуальным методом с реконструкцией изображения на аппарате «Biograph» (Siemens). Проводили количественную оценку изотопа фтордезоксиглюкозы (^{18}F-ФДГ) (SUVmax – максимальный стандартизованный показатель накопления, мг/л) в различных зонах головного мозга (задняя и передняя поясная извилина, парацентральная долька, таламус, островок) в фазу накопления и удержания мочи, во время мочеиспускания и в постмикционный период у добровольцев I группы (n=15).

Статистическая обработка данных выполнена с использованием программы IBM SPSS Statistics (версия 26). Проверку распределения количественных данных на нормальность осуществляли с помощью критерия Шапиро-Уилка. В случае отсутствия нормального распределения для сравнения независимых групп применяли непараметрический U-критерий Манна-Уитни, а для оценки взаимосвязей между признаками – коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Различия и корреляционные связи считали статистически значимыми при уровне $p<0,05$. Для показателей с нормальным распределением результаты исследования представлены в виде M±m.

Результаты исследования и их обсуждение. Полученные результаты исследования позволили количественно оценить ультразвуковые и клинико-физиологические параметры работы МП у молодых лиц в

норме и при формировании дисфункции НМП. Полученные данные представлены в таблицах 1 и 2.

По сравнению со здоровыми юношами ОМПф (245,3±12,9 мл), при котором возникает первый устойчивый позыв к мочеиспусканию, значимо уменьшался у лиц II (223,5±26,8 мл) и III (125,1±7,29 мл) групп. Это свидетельствует о снижении резервуарной функции МП и более ранней активации афферентных сигналов уже на начальной стадии дисфункции. При оценке ОМПм наблюдалась та же динамика, что говорит о значительном ограничении адаптационной способности детрузора к растяжению. При этом ИЧ, характеризующий эффективность использования резервуарной емкости МП, оставался стабильным в группах I и II – 0,55, но достоверно снижался в группе III – 0,48 ($p<0,05$). Это указывает на то, что при ГАМП не только снижаются абсолютные объемы, но и нарушается физиологический паттерн его наполнения: позыв возникает при заполнении менее половины от его сниженной максимальной емкости, что может отражать дисфункцию механорецепторов или нарушение центрального тормозного контроля [15, 16].

Учащение ритма мочеиспускания закономерно сопровождалось снижением разового диуреза ($p<0,05$), что является прямым следствием уменьшения функциональной емкости МП. При этом суточный диурез оставался статистически неизменным во всех группах ($p>0,05$), что исключает полиурию как первичную причину полакиурии и подтверждает, что учащенное мочеиспускание обусловлено именно нарушением функции МП, а не увеличением продукции мочи. Наиболее значимые изменения выявлены в оценке выраженности симптомов НМП и качества жизни. Баллы по шкале I-PSS минимальны в группах I и II (3,36±1,08 и 3,92±1,47) и резко возрастают в группе III (8,92±1,6). Аналогичная динамика наблюдается для шкалы QOL, оценивающей степень беспокойства от симптомов: от 1,19±0,43 (в I группе) до 3,43±1,39 (в III группе). Это четко демонстрирует, что переход от пограничных значений к клинически выраженному учащенному мочеиспусканию сопряжен с существенным ухудшением субъективного состояния пациентов.

Таблица 1

Показатели УЗИ мочевого пузыря у лиц молодого возраста здоровой популяции (I группа), пациентов на начальной стадии дисфункции МП (II группа) и пациентов с ГАМП (III группа), M±m

Показатели	I группа, n=183	II группа, n=52	III группа, n=53
Ритм мочеиспускания	7,21±0,91	9,67±1,29*	12,4±0,91
ОМПф, мл	245,3±12,9	223,5±26,8*	125,1±7,29
ОМПм, мл	443,4±18,8	403,2±18,2*	263,1±18,2
ОМПф/ОМПм	0,55±0,037	0,55±0,062	0,48±0,042*

Примечание: * – статистически достоверные различия по сравнению с I группой, $p<0,05$; УЗИ – ультразвуковое исследование; МП – мочевой пузырь; ГАМП – гиперактивный мочевой пузырь; ОМПф – физиологический объем мочевого пузыря; ОМПм – максимальный объем мочевого пузыря.

Согласно работам ведущих специалистов [17-19], в основе ГАМП может лежать повышенная афферентная активность на фоне дисфункции уротелиального сигналинга или изменения свойств детрузорных миоцитов, что приводит к преждевременным и интенсивным позывам при меньшем объеме наполнения. Снижение ИЧ при ГАМП является количественным отражением этого феномена [20, 21].

Выявленная сильная ($p<0,05$) корреляция между объективными ультразвуковыми параметрами и субъективными оценками по шкалам I-PSS и QOL подчеркивает, что даже у молодых пациентов учащение микций, связанное со снижением резервуарной функции, напрямую определяет снижение качества жизни. Такая закономерность позволяет рассматривать нижние мочевые пути как интегрированную систему, где периферические изменения неизбежно влияют на центральные процессы восприятия и формирование поведенческих реакций [22, 23].

Таблица 2

Ритм мочеиспускания, качество жизни и уровень привычной двигательной активности у лиц с нормальным (I группа), пограничным (II группа) и повышенным (III группа) ритмом уродинамики, M±m

Показатели	Исследуемые группы		
	I группа, n=183	II группа, n=52	III группа, n=53
Ритм мочеиспускания	7,2±0,9	9,7±1,3*	12,4±0,9*
Разовый диурез, мл	203,9±3,8	159,5±3,9*	114,8±8,9*
Суточный диурез, мл	1478,5±186,5	1545,25±218,9	1428,4±163,5
I-PSS, баллы	3,36±1,08	3,92±1,47	8,92±1,6*
QOL, баллы	1,19±0,43	1,26±0,83	3,43±1,39*

Примечание: * – статистически достоверные различия по сравнению с I группой, $p<0,05$; ** – статистически достоверные различия по сравнению со II группой, $p<0,05$; I-PSS – Международная система суммарной оценки заболеваний предстательной железы (International Prostate Symptom Score); QOL – качество жизни (Quality of Life).

Кроме того, в настоящем исследовании методом позитронно-эмиссионной томографии с ^{18}F-ФДГ была количественно оценена метаболическая активность (SUVmax) ключевых регионов головного мозга, вовлеченных в контроль мочеиспускания, у 15 здоровых лиц мужского пола в разные фазы мочеиспускания: наполнения, собственно мочеиспускания (микции) и постмикционный период. Количественные показатели ПЭТ/КТ головного мозга представлены в таблице 3.

Цингулярная область продемонстрировала наиболее выраженную и статистически значимую ($p<0,05$) активацию, причем с четкой функциональной латерализацией – задняя поясная извилина (ЗПИ) показала пик активности в фазах наполнения (4,5±0,5) и после микции (4,6±0,5), тогда как во время мочеиспускания ее активность снижалась до 2,8±0,3. Передняя поясная извилина (ППИ), напротив, была максимально активна именно в фазу мочеиспускания (4,7±0,5), при снижении активности в фазах наполнения (3,3±0,4) и после опорожнения (3,4±0,4). Парацентральная долька (сенсомоторная кора, ответственная за мышцы тазового дна), таламус (ключевой сенсорный ретранслятор) и островковая кора (интероцептивный центр) демонстрировали менее вариабельную, умеренную активность на всех фазах, с суммарными значениями SUVmax 8,0±0,6, 7,5±0,5 и 4,1±0,4 мг/л соответственно.

В фазу наполнения МП при сравнительном анализе различных регионов головного мозга ЗПИ демонстрирует достоверно более высокие показатели уровня захвата изотопа ^{18}F-ФДГ (SUVmax в мг/л) по сравнению с парацентральной долькой, таламусом и островком ($p_{1-3}<0,05$; $p_{1-4}<0,05$; $p_{1-5}<0,05$), при этом между цингулярными зонами достоверных различий не наблюдается ($p_{1-2}>0,05$). В фазу мочеиспускания достоверно повышается активность ППИ в сравнении с другими регионами ($p_{1-2}<0,05$; $p_{2-3}<0,05$; $p_{2-4}<0,05$; $p_{2-5}<0,05$). В постмикционный период наблюдается восстановление исходных закономерностей, при этом сохраняется отсутствие различий между цингулярными зонами ($p_{1-2}>0,05$).

Полученные результаты визуализируют сложную пространственно-временную организацию центрального контроля акта мочеиспускания у здоровых лиц и согласуются с современной нейрофизиологической моделью переключения между режимами накопления и эвакуации мочи. Высокая активность ЗПИ в фазах наполнения и после микции подтверждает ее роль в непрерывном мониторинге вегетативного состояния и процессов торможения микционного рефлекса до наступления социально приемлемых условий. Снижение ее активности в момент мочеиспускания отражает снятие этого тормозного контроля. Напротив, пик активности ППИ во время микции подчеркивает ее исполнительную роль в инициации и поддержании волевого акта мочеиспускания, что соответствует ее известным функциям в когнитивном контроле, принятии решений и модуляции вегетативных ответов. Эта динамика идеально

вписывается в концепцию «переключателя», где ППИ играет роль активатора, а ЗПИ – модулятора/супрессора [24].

Умеренная, но стабильная активация парацентральной дольки на всех фазах свидетельствует о ее постоянном участии в тонком соматическом контроле мышц тазового дна и уретры как для поддержания континенции, так и для эффективного опорожнения. При этом таламус выполняет функцию интегративного центра, обрабатывающего и передающего афферентные сигналы от МП к коре больших полушарий. Относительно низкая активность островка может указывать на его более специфическую роль в осознанном восприятии позывов (интероцепции) и эмоциональной окраске акта, которая в условиях эксперимента у здоровых лиц может быть минимальной.

Таблица 3

Показатели уровня захвата изотопа ^{18}F-ФДГ (SUVmax в мг/л) регионами головного мозга в процессе реализации накопительно-эвакуаторных функций мочевого пузыря у здоровых лиц, M±m, n=15

Фаза мочеиспускания	Регионы головного мозга, SUVmax в мг/л				
	Задняя поясная извилина	Передняя поясная извилина	Пара-центральная долька	Таламус	Островок
	1	2	3	4	5
Наполнение	4,5±0,5*	3,3±0,4	2,7±0,3	2,4±0,3	1,4±0,2
Мочеиспускание	2,8±0,3	4,7±0,5*	2,4±0,3	2,6±0,3	1,5±0,2
После микции	4,6±0,5*	3,4±0,4	2,9±0,4	2,5±0,3	1,2±0,2
Всего	11,9±0,8*	11,4±0,8*	8,0±0,6	7,5±0,5	4,1±0,4

Примечание: ^{18}F-ФДГ – фтордезоксиглюкоза; SUVmax – Standardized Uptake Value maximum – максимальный стандартизованный показатель накопления; * – различия SUVmax статистически достоверны между показателями цингулярной области (передней и задней поясной извилиной) и другими регионами головного мозга в пределах одной фазы мочеиспускания, $p<0,05$.

По мнению многих авторов с помощью функциональной магнитно-резонансной томографии и ПЭТ установлена ключевая роль передней и средней поясной извилины, префронтальных областей и островка в регуляции накопительно-эвакуаторной функции МП [8, 18]. Настоящее исследование дополняет эти данные, предоставляя четкие количественные маркеры метаболической активности (SUVmax) для каждой фазы, что позволяет более точно оценить энергетические затраты мозга на выполнение конкретных функций.

Заключение. На донозологическом этапе морфологических изменений МП или сфинктерного аппарата может не быть, тогда как метаболическая активность нейронных сетей уже претерпевает функциональные сдвиги. Это делает мозговые метаболические показатели потенциально более чувствительными маркерами ранней дисрегуляции, чем стандартные уродинамические тесты. Однако на сегодняшний день нельзя говорить о проведении ПЭТ/КТ как рутинного метода исследования функциональных изменений НМП ввиду высокой стоимости и ограничения доступности. Наиболее перспективным остается комплексный подход, при котором показатели мозгового метаболизма сочетаются с оценкой уродинамических данных и анализом вариабельности вегетативных функций.

Таким образом, разработка и обоснование клинико-физиологических критериев диагностики донозологических состояний мочеобразования и мочевыведения является современной задачей клинической нефрологии и урологии, направленной на повышение эффективности профилактики, раннего вмешательства и сохранения функционального здоровья мочевыделительной системы.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Beyond urodynamics: non-invasive approaches to diagnosing detrusor underactivity in men with lower urinary tract symptoms – a systematic review / K. Garbas, Ł. Zapała, A. Ślusarczyk [et al.] // BMC Urol. – 2025. – P. 44. DOI: 10.1186/s12894-025-01722-w.
2. Частота и характер симптомов нарушения функции нижних мочевых путей у лиц старше 40 лет / И.С. Шорманов, А.С. Соловьев, С.А. Жигалов, М.И. Азизов // Экспериментальная и клиническая урология. – 2023. – Т. 16. – № 2. – С. 10-15. DOI: 10.29188/2222-8543-2023-16-2-10-15.
3. Claudel, S.E. Systematic Review of Kidney Injury Biomarkers for the Evaluation of CKD of Uncertain Etiology / S.E. Claudel, S.S. Waikar // Kidney Int Rep. – 2024. – Vol. 9. – No. 6. – P. 1614-1632. DOI: 10.1016/j.ekir.2024.03.013.
4. Долгих, В.Т. Нефрология. Клинико-патофизиологические аспекты: учебник / В.Т. Долгих, В.В. Мороза, А.Н. Кузовлева. – Москва: Издательство «Юрайт», 2025. – 309 с.
5. Старцев, В.Ю. Оценка новых биомаркеров нарушений функции почек при симптомах нижних мочевых путей у мужчин с гиперплазией простаты / В.Ю. Старцев, В.А. Дударев // Вестник урологии. – 2024. – Т. 12. – № 5. – С. 33-44. DOI: 10.21886/2308-6424-2024-12-5-33-44.
6. Пилотное исследование проявлений синхронности анатомо-метаболического и функционального состояний головного мозга, почек и мочевого пузыря / В.Б. Бердичевский, Б.А. Бердичевский, В.В. Колпаков [и др.] // Урология. – 2022. – № 6. – С. 66-70. DOI: 10.18565/urology.2022.6.66-70.
7. Ретроспективный анализ результатов ПЭТ/КТ всего тела как возможный инструмент для диспансеризации населения на предмет выявления субклинических проявлений хронической болезни почек (пилотное исследование) / Б.А. Бердичевский, В.Б. Бердичевский, Е.В. Сапоженкова [и др.] // Урология. – 2022. – № 1. – С. 23-27. DOI: 10.18565/urology.2022.1.23-27.
8. Preliminary Report on the Use of Functional Magnetic Resonance Imaging with Simultaneous Urodynamics to Record Brain Activity During Micturition / J. Krhut, J. Tintera, P. Holý [et al.] // The Journal of Urology. – 2012. – Vol. 188. – No. 2. – P. 474-479. DOI: 10.1016/j.juro.2012.04.004.
9. Griffiths, D.J. Neural control of micturition in humans: a working model / D.J. Griffiths // Nat Rev Urol. – 2015. – Vol. 12. – No. 12. – P. 695-705. DOI: 10.1038/nrurol.2015.266.
10. Supraspinal Control of Urine Storage and Micturition in Men – An fMRI Study / L. Michels, B.F. Blok, F. Gregorini [et al.] // Cerebral Cortex. – 2015. – Vol. 25. – No. 10. – P. 3369-3380. DOI: 10.1093/cercor/bhu140.
11. Santoso, A.D. A sensation driven functional MRI study on brain activation during bladder filling in healthy participants / A.D. Santoso, S. Sunaert, D. De Ridder // Sci Rep. – 2025. – No. 15. – P. 22491. DOI: 10.1038/s41598-025-05447-6.
12. Трухан, Д.И. Недержание мочи: в фокусе гиперактивный мочевой пузырь. Актуальные аспекты клиники, диагностики и лечения на амбулаторно-поликлиническом этапе / Д.И. Трухан, Д.А. Калиниченко // Клинический разбор в общей медицине. – 2025. – Т. 6. – № 1. – С. 50-60. DOI: 10.47407/kr2024.6.01.00p543.
13. Нейрогенная дисфункция нижних мочевыводящих путей: клинические рекомендации / Общероссийская общественная организация «Российское общество урологов»; одобрены Научно-практическим Советом Минздрава России, утв. Минздравом РФ 22.04.2025. – Москва, 2025. – 38 с.
14. Дударев, В.А. Клиническая оценка использования опросников симптомов нижних мочевых путей у мужчин / В.А. Дударев, В.Ю. Старцев, Е.Г. Бакшеева // Вестник урологии. – 2020. – Т. 8. – № 4. – С. 23-31. DOI: 10.21886/2308-6424-2020-8-4-23-31.
15. Данилов, В.В. Феномен детрузорной гиперактивности как проявление патологического вегетативного рефлекса / В.В. Данилов // Фарматека. – 2021. – Т. 28. – № 3. – С. 113-119. DOI: 10.18565/pharmateca.2021.3.113-119.
16. Исмаилова, У.А. Нейрогенная дисфункция мочевого пузыря / У.А. Исмаилова, Б.Б. Кулов, Д.М. Каскеев // Бюллетень науки и практики. – 2022. – Т. 8. – № 6. – С. 435-440. DOI: 10.33619/2414-2948/79/43.
17. Campbell-Walsh Urology: Expert Consult Premium Edition: Enhanced Online Features and Print, 4-Volume Set / A.J. Wein, L.R. Kavoussi, A.C. Novick [et al.] – Philadelphia: Elsevier Health Sciences, 2011. – 2729 p.
18. Griffiths, D.J. The micturition switch and its forebrain influences / D.J. Griffiths, C.J. Fowler // Acta Physiol (Oxf). – 2013. – Vol. 207. – No. 1. – P. 93-109. DOI: 10.1111/apha.12019.
19. Detrusor underactivity and the underactive bladder: Symptoms, function, cause-what do we mean? ICI-RS thinktank 2014 / P.P. Smith, L.A. Birder, P. Abrams [et al.] // Neurourol. Urodyn. – 2016. – No. 35(2). – P. 312-317.
20. Южакова, Е.В. Диабетическая цистопатия: роль вегетативной нервной системы в ее формировании и возможности диагностики / Е.В. Южакова // Инновации. Наука. Образование. – 2020. – № 23. – С. 2734-2738.
21. Борисов, В.В. Гиперактивный мочевой пузырь – особенности патогенеза и выбора

медикаментозной терапии / В.В. Борисов // Урология. – 2021. – № 2. – С. 120-127. DOI: 10.18565/urology.2021.2.120-127.
22. Симптомы нижних мочевых путей у мужчин Северо-Западного региона Российской Федерации: анализ результатов популяционного исследования / И.А. Корнеев, Т.А. Алексеева, С.Х. Аль-Шукри, Д.Ю. Пушкарь // Урологические ведомости. – 2016. – № 1. – С. 5-9.
23. The AUA/SUFU guideline on the diagnosis and treatment of idiopathic overactive bladder / A.P. Cameron, D.E. Chung, E.J. Dielubanza [et al.]// Journal of Urology. – 2024. – Vol. 212. – No. 1. – P. 11-20. DOI: 10.1097/JU.0000000000003985.
24. Системные механизмы образования и транспорта мочи. Сообщение 1. Особенности функциональной активности головного мозга при реализации накопительно-эвакуаторной функции мочевого пузыря у лиц молодого возраста с различным ритмом мочеиспускания / Е.В. Сапоженкова, В.В. Колпаков, В.Б. Бердичевский, Е.А. Томилова // Физиология человека. – 2025. – Т. 51. – № 1. – С. 97. DOI: 10.31857/S0131164625010092.

REFERENCES

1. Garbas K., Zapała Ł. et al. Beyond urodynamics: non-invasive approaches to diagnosing detrusor underactivity in men with lower urinary tract symptoms – a systematic review. *BMC Urol*, 2025, p. 44. DOI: 10.1186/s12894-025-01722-w.
2. Shormanov I.S., Solovyov A.S., Zhigalov S.A., Azizov M.I. Frequency and nature of symptoms of dysfunction of the lower urinary tract in persons over 40 years old. *Experimental and clinical urology*, 2023, vol. 16, no. 2, pp. 10-15. DOI: 10.29188/2222-8543-2023-16-2-10-15. (in Russ.)
3. Claudel S.E., Waikar S.S. Systematic Review of Kidney Injury Biomarkers for the Evaluation of CKD of Uncertain Etiology. *Kidney Int Rep*, 2024, vol. 9, no. 6. pp. 1614-1632. DOI: 10.1016/j.ekir. 2024.03.013.
4. Dolgikh V.T., Moroza V.V., Kuzovleva A.N. Nephrology. Clinical and pathophysiological aspects: textbook. Moscow: “Yurait” Publishing House, 2025. 309 p. (in Russ.)
5. Startsev V.Yu., Dudarev V.A. Assessment of novel biomarkers of renal dysfunction associated with lower urinary tract symptoms in men with benign prostatic hyperplasia. *Urology Herald*, 2024, vol. 12, no. 5, pp. 33-44. DOI: 10.21886/ 2308-6424-2024-12-5-33-44. (in Russ.)
6. Berdichevsky V.B., Berdichevsky B.A., Kolpakov V.V. et al. Pilot study of the manifestations of synchronicity of anatomical, metabolic and functional states of the brain, kidneys and bladder. *Urologiia*, 2022, no. 6, pp. 66-70. DOI: 10.18565/urology.2022.6.66-70. (in Russ.)
7. Berdichevsky B.A, Berdichevsky V.B., Sapozhenkova E.V. et al. A retrospective analysis of the results of PET/CT of the whole body as a possible tool for medical examination of the population to identify subclinical manifestations of chronic kidney disease (pilot study). *Urologiia*, 2022, no. 1, pp. 23-27. DOI: 10.18565/urology. 2022.1.23-27. (in Russ.)
8. Krhut J., Tintera J., Holý P., Zachoval R., Zvara P. A Preliminary Report on the Use of Functional Magnetic Resonance Imaging with Simultaneous Urodynamics to Record Brain Activity During Micturition. *The Journal of Urology*. 2012, vol. 188, no. 2, pp. 474-479. DOI: 10.1016/j.juro. 2012.04.004.
9. Griffiths D.J. Neural control of micturition in humans: a working model. *Nat Rev Urol*, 2015, vol. 12, no. 12, pp. 695-705. DOI: 10.1038/ nrurol.2015.266.
10. Michels L., Blok B.F., Gregorini F. et al. Supraspinal Control of Urine Storage and Micturition in Men – An fMRI Study. *Cerebral Cortex*, 2015, vol. 25, no. 10, pp. 3369-3380. DOI: 10.1093/cercor/bhu140.
11. Santoso A.D., Sunaert S., De Ridder D. A sensation driven functional MRI study on brain activation during bladder filling in healthy participants. *Sci Rep*, 2025, no. 15, p. 22491. DOI: 10.1038/s41598-025-05447-6.
12. Trukhan D.I., Kalinichenko D.A. Urinary incontinence: focus on overactive bladder. Topical aspects of clinical features, diagnosis, and treatment at the outpatient stage. *Clinical analysis for general medicine*, 2025, vol. 6, no. 1, pp. 50-60. DOI: 10.47407/kr2024.6.01. 00p543. (in Russ.)
13. Neurogenic dysfunction of the lower urinary tract: clinical recommendations. All-Russian public organization “Russian Society of Urologists”; approved by the Scientific and Practical Council of the Ministry of Health of Russia, approved by Ministry of Health of the Russian Federation 22.04.2025. Moscow, 2025. 38 p. (in Russ.)
14. Dudarev V.A., Startsev V.Yu., Baksheeva E.G. Clinical implications of using questionnaires in elderly men with urinary disorders. *Urology Herald*, 2020, vol. 8, no. 4, pp. 23-31. DOI: 10.21886/2308-6424-2020-8-4-23-31. (in Russ.)
15. Danilov V.V. The phenomenon of detrusor hyperactivity as a manifestation of a pathological vegetative reflex. *Pharmateka*, 2021, vol. 28, no. 3, pp. 113-119. DOI: 10.18565/pharmateca. 2021.3.113-119. (in Russ.)
16. Ismailova U.A., Kuklov B.B, Kaskeev D.M. Neurogenic bladder dysfunction. *Bulletin of Science and Practice*, 2022, vol. 8, no. 6, pp. 435-440. DOI: 10.33619/2414-2948/79/43. (in Russ.)

17. Wein A.J., Kavoussi L.R., Novick A.C., Partin A.W., Peters C.A. Campbell-Walsh Urology: Expert Consult Premium Edition: Enhanced Online Features and Print, 4-Volume Set. Philadelphia: Elsevier Health Sciences, 2011. 2729 p.
18. Griffiths D.J., Fowler C.J. The micturition switch and its forebrain influences. *Acta Physiol (Oxf)*, 2013, vol. 207, no.1, pp. 93-109. DOI: 10.1111/apha.12019.
19. Smith P.P., Birder L.A., Abrams P., Wein A.J., Chapple C.R. Detrusor underactivity and the underactive bladder: Symptoms, function, cause-what do we mean? ICI-RS thinktank 2014. *Neurourol. Urodyn*, 2016, vol. 35, no. 2, pp. 312-317.
20. Yuzhakova E.V. Diabetic cystopathy: the role of the autonomic nervous system in its formation and diagnostic possibilities. *Innovation. Science. Education*, 2020, no. 23, pp. 2734-2738. (in Russ.)
21. Borisov V.V. Hyperactive bladder – features of pathogenesis and choice of drug therapy. *Urologiia*, 2021, no. 2, pp. 120-127. DOI: 10.18565/urology.2021.2.120-127. (in Russ.)
22. Korneev I.A., Alekseeva T.A., Al-Shukri S.H., Pushkar D.Yu. Lower urinary tract symptoms in male population of the Russian Federation North-Western Region: analysis of population study results. *Urology reports*, 2016, no. 1, pp. 5-9. (in Russ.)
23. Cameron A.P., Chung D.E., Dielubanza E.J. et al. The AUA/SUFU guideline on the diagnosis and treatment of idiopathic overactive bladder. *Journal of Urology*, 2024, vol. 212, no. 1, pp. 11-20. DOI: 10.1097/JU.0000000000003985.
24. Sapozhenkova E.V., Kolpakov V.V., Berdichevsky V.B., Tomilova E.A. Systemic mechanisms of urine formation and transport. Report 1. Features of the functional activity of the brain during the implementation of the accumulative evacuation function of the bladder in young people with different urination rhythms. *Human Physiology*, 2025, vol. 51, no. 1, p. 97. DOI: 10.31857/-S0131164625010092. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Екатерина Валерьевна Сапоженкова – кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры нормальной физиологии; Тюменский ГМУ Минздрава России, Тюмень, e-mail: Ekaterina_chibulaeva@mail.ru.
Евгения Александровна Томилова – доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой нормальной физиологии; Тюменский ГМУ Минздрава России, Тюмень, tomilovaea@mail.ru.
Виктор Васильевич Колпаков – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры нормальной физиологии; Тюменский ГМУ Минздрава России, Тюмень, e-mail: kolpakov661@rambler.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Ekaterina V. Sapozhenkova – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Normal Physiology, Tyumen State Medical University, Tyumen, e-mail: ekaterina_chibulaeva@mail.ru.
Evgenia A. Tomilova – Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Normal Physiology, Tyumen State Medical University, Tyumen, e-mail: tomilovaea@mail.ru.
Viktor V. Kolpakov – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Normal Physiology, Tyumen State Medical University, Tyumen, e-mail: kolpakov661@rambler.ru.

Для цитирования: Сапоженкова, Е.В. Клинико-физиологические критерии диагностики донозологических состояний мочеобразования и мочевыведения / Е.В. Сапоженкова, Е.А. Томилова, В.В. Колпаков // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_14

For citation: Sapozhenkova E.V., Tomilova E.A., Kolpakov V.V. Clinical and physiological criteria for the diagnosis of prenosological conditions of urination and urinary excretion. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_14

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_15
УДК 577.161.2; 616-092.9; 616.71-003.96

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_15
UDC 577.161.2; 616-092.9; 616.71-003.96

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ ПРИ ГИПО-, НОРМО- И ГИПЕРВИТАМИНОЗЕ D У ТРЕХ ПОКОЛЕНИЙ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ

К.С. Светлицкий, Т.П. Бондарь
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Ставрополь, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Значительный научный интерес представляют исследования, посвященные изучению воздействия гипо- и гипервитаминоза D на клеточные структуры организма, включая ткани и органы, оснащенные специфическими рецепторами витамина D. ***Методы.*** Изучены морфологические изменения гистологической структуры миокарда, печени, почек и селезенки у 144 лабораторных животных, из которых 18 (12,5%) – особи первого, 72 (50,0%) – второго, а 54 (37,5%) – третьего поколения. Животные содержались на элиминационной диете в зависимости от дотации холекальциферола. ***Результаты*** исследования показывают, что оптимальный уровень витамина D в крови обеспечивает нормальное строение внутренних органов, тогда как гиповитаминоз D нарушает тканевой гомеостаз, вызывая интерстициальный отек стромальных элементов, гидропические изменения кардиомиоцитов, белково-жировую дистрофию печеночной паренхимы, выраженный диффузный отек мозгового слоя почки с очаговым некрозом, расширение сосудов селезенки и интенсивное разрастание лимфоидной ткани. Гипервитаминоз D провоцирует патологическую кальцификацию сосудов, тканей печени, почек и миокарда, жировую инфильтрацию цитоплазмы гепатоцитов и массивную трансмуральную инфильтрацию селезенки лимфоидной тканью. ***Заключение.*** Морфологические изменения внутренних органов при гиповитаминозе D отличались меньшей гетерогенностью и отсутствием выраженной системности по сравнению с группой с гипервитаминозом D.
Ключевые слова: витамин D, лабораторные животные, миокард, печень, почки, селезенка, гиповитаминоз D, гипервитаминоз D, морфология, патология.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF PATHOHISTOLOGICAL CHANGES IN THE STRUCTURE OF INTERNAL ORGANS IN THREE GENERATIONS OF LABORATORY ANIMALS IN RELATION TO VITAMIN D INTAKE

K.S. Svetlitskij, T.P. Bondar
Stavropol State Medical University, Stavropol, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Significant scientific interest is represented by studies devoted to investigating the effects of hypo- and hypervitaminosis D on cellular structures of the body, including tissues and organs equipped with specific vitamin D receptors. ***Methods.*** In order to conduct a detailed analysis of vitamin D's effects on cells, morphological changes in the histological structure of myocardium, liver, kidneys, and spleen were studied in 144 laboratory animals, among which 18 (12.5%) belonged to the first generation, 72 (50.0%) to the second, and 54 (37.5%) to the third generations. The animals were kept on an elimination diet depending on the dose of cholecalciferol. ***The study results*** indicate that optimal blood levels of vitamin D ensure normal internal organ structure, whereas vitamin D deficiency disrupts tissue homeostasis, causing interstitial edema of stromal elements, hydroptic changes in cardiomyocytes, protein-fatty degeneration of hepatic parenchyma, pronounced diffuse edema of renal medulla with focal necrosis, dilated vessels in the spleen, and intense proliferation of lymphoid tissue. Hypervitaminosis D provokes pathological calcification of blood vessels, liver, kidney, and heart muscle tissues, fatty infiltration of hepatocyte cytoplasm, and massive transmural infiltration of the spleen by lymphoid tissue. ***Conclusion.*** Morphological changes in internal organs during vitamin D deficiency were characterized by lower heterogeneity and lack of marked systemic nature compared to the group with hypervitaminosis D.
Keywords: vitamin D, laboratory animals, myocardium, liver, kidney, spleen, hypovitaminosis D, hypervitaminosis D, morphology, pathology.

Введение. Современные научные представления, основанные на результатах многочисленных экспериментальных и крупномасштабных эпидемиологических исследований, однозначно подтверждают существенную роль биологически активных метаболитов витамина D в поддержании и оптимизации физиологического статуса индивида [1, 2]. Особое внимание уделяется исследованиям, рассматривающим последствия гипо- и гипервитаминоза D на клеточном уровне различных тканей и органов, обладающих рецепторами к этому витамину, а также геномные и внегеномные эффекты, преимущественно в перинатальном периоде развития [3, 4]. Так, ранее проведенные исследования доказали факт неблагоприятного влияния высоких доз витамина D на морфофункциональное состояние почечной паренхимы, характеризующегося развитием структурной дегенерации гломерулярного аппарата и проксимальных отделов канальциевой системы, нарушением концентрационной способности почек и угнетением фильтрующей функции нефрона вплоть до формирования хронической патологии выделительной системы [5].

Таким образом, целью настоящего исследования явилось изучение в условиях эксперимента характера и степени гистологических изменений в тканях миокарда, печени, почек и селезенки у трех поколений лабораторных постлактирующих самок крыс и их потомства в различные критические периоды постнатального онтогенеза, в условиях гипо-, нормо- и гипервитаминоза D.

Методы и организация исследования. Работа выполнена в рамках межкафедрального научного исследования – «Адаптационные особенности и интегративные показатели функциональных систем организма человека» (регистрационный номер 122072100044-9 от 21.07.2022 г.). Исследование одобрено локальным этическим комитетом Ставропольского государственного медицинского университета (протокол № 114 от 15.12.2022 г.); животных декапитировали под действием эфирного наркоза. Объектом исследования стали 144 белые крысы линии Wistar. В условиях эксперимента у 18 самок крыс первого поколения моделировали гиповитаминоз D путем изъятия из стандартного (общепринятого) рациона питания продуктов, содержащих кальций и витамин D – мяса, мела, мясокостной муки, рыбьего жира и молока. После спаривания лабораторных животных рандомизированно разделили на три группы: 1 группа – без дотаций витамина D (n=6), группа 2 – с ежедневной дотацией витамина D 1000МЕ в сутки (n=6), группа 3 – с дотацией витамина D 4000МЕ в сутки (n=6). У всех животных, находящихся на элиминационной диете, установили дефицитный уровень суммарного 25(OH)D, характерный для гиповитаминоза D (6,8 нг/мл) [6].

После подтверждения беременности (обнаружение сперматозоидов во влагалищных мазках) и выявления гиповитаминоза D животным второй и третьей групп на протяжении беременности и лактации ежедневно давали холекальциферол [7]. В качестве источника холекальциферола использовали препарат «Аквадетрим ®, 15 000 МЕ, капли для приема внутрь» (АО «АКРИХИН» (Россия)). Дозу препарата рассчитывали индивидуально с учетом массы тела каждой особи, используя коэффициент пересчета доз с отдельно взятых животных на человека согласно методическим указаниям [8]. Для крысы массой 200 граммов коэффициент пересчета составляет 6,5. Две капли (профилактическая доза – 1000МЕ) или восемь капель (терапевтическая доза – 4000МЕ) водного раствора «Аквадетрим ®» разводили в 10 мл молока. Так, для крыс массой 200 г ежедневно давали по 1,5 мл молока с кусочком белого хлеба (15 г) на протяжении всего эксперимента.

Содержание 25(OH)D в крови животных определяли методом прямой конкурентной «FLASH»-иммунохемилюминесценции (CLIA-технология) с использованием анализатора LIAISON XL (DiaSorin, Италия).

Для гистологического исследования из первого поколения отобрали 18 лабораторных животных, из второго – 72 особи, из третьего – 54. Исследование проводилось после завершения лактации, а у потомства – спустя один месяц (в период грудного вскармливания), два (при переходе на самостоятельное питание) и три месяца

(период полового созревания) после рождения. Характер и степень морфологических изменений гистологической структуры миокарда, печени, почек и селезенки изучались стандартными методами взятия, фиксации, изготовления срезов и окрашивания гистологических препаратов гематоксилином и эозином.

Статистический анализ проводился с использованием специализированного программного обеспечения STATISTICA 10 (StatSoft Inc). Оценка соответствия эмпирического распределения исследуемых признаков проводилась с применением критерия Шапиро-Уилка, согласно которому проверялась нулевая гипотеза об отсутствии значимого отклонения фактического распределения от нормального закона распределения вероятностей. В случае подтверждения нормальности распределения и равенства дисперсии использовался t-критерий Стьюдента для независимых выборок. Данные представлены как средняя величина ± ошибка средней (M±m). Различия считались статистически значимыми при $p<0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Подтверждение экспериментальной модели осуществлялось путем проведения сравнительного анализа содержания витамина D у лабораторных животных, который оценивался через определение уровня суммарного 25-гидроксивитамина D (25(OH)D) в плазме крови. Во всех поколениях уровень витамина D в крови у лабораторных животных первой группы соответствовал значениям дефицита (25(OH)D <20 нг/мл). Прием профилактической дозы витамина D (1000МЕ в сутки) поддерживал нормальный уровень (30-100 нг/мл), терапевтическая доза (4000 МЕ в сутки) приводила к повышению нормы у всех животных (> 100 нг/мл), создавая риск токсического эффекта [9]. На фоне ежедневного приема терапевтической дозы концентрация 25(OH)D достигла предельно допустимого уровня чувствительности используемого измерительного прибора (150 нг/мл). Данный факт препятствует проведению количественного анализа динамики изменения статуса витамина D, вместе с тем однозначно свидетельствует о значительном превосходстве концентрации указанного метаболита и формировании выраженного состояния гипервитаминоза D. Таблица содержит результаты сравнительного анализа концентрации суммарного витамина D в крови первой и второй групп.

Таблица демонстрирует статистически значимые различия в уровне обеспеченности витамином D у всех животных трех поколений. Так, первое поколение лабораторных животных второй группы превосходит показатели первой группы в 5,4 раз, второе поколение в грудном возрасте – в 4,2 раза, на втором месяце – 9,3 раз, на третьем – 5,2 раз, в постлактацию – 6,2 раз. У третьего поколения разница составляет 4,5 раза в первый месяц, 7,7 раз во второй и 5,6 раз в третий.

Таблица

Уровень суммарного 25(OH)D у трех поколений лабораторных животных, нг/мл, M±m

Поколение	Возраст	Кол-во животных	Первая группа (ХКФ –)	Вторая группа (ХКФ 1000МЕ/сут)
I	Постлактирующие самки крыс	12	6,8±3,2*	36,7±2,6
II	Потомство в возрасте 1 месяц	12	14,8±4,8*	62,7±11,8
II	Потомство в возрасте 2 месяца	12	5,8±3,0*	54,0±9,7
II	Потомство в возрасте 3 месяца	12	12,2±3,7*	63,1±12,5
II	Постлактирующие самки крыс	12	8,1±3,4*	50,2±14,8
III	Потомство в возрасте 1 месяц	12	13,8±5,9*	62,6±11,8
III	Потомство в возрасте 2 месяца	12	7,6±1,9*	58,8±12,2
III	Потомство в возрасте 3 месяца	12	11,1±3,6*	62,3±9,5

Примечание: ХКФ – холекальциферол; * – значимые изменения показателей при сравнении показателей первой и второй групп между собой, $p<0,05$.

С целью детального анализа характера и степени воздействия витамина D на клетку проведен сравнительный анализ морфологических изменений структуры миокарда, печени, почек и селезенки у трех поколений лабораторных животных экспериментальных групп. В частности, в миокарде у постлактирующих самок крыс первого и второго поколений с гиповитаминозом D регистрировались отек стромы, сосудистые нарушения, гидропическая и «баллонная» дистрофия кардиомиоцитов с очагами фиброза. Во втором поколении в возрасте одного и двух месяцев лишь умеренно выражены отек и полнокровие сосудов. Позже возникали вакуолярные изменения клеток, прогрессировавшие до некроза. В третьем поколении структурные изменения начинались гораздо раньше, и уже на втором месяце после рождения в единичных кардиомиоцитах визуализировались мелкие вакуоли, то есть появлялись первые признаки дистрофии. Поддержание оптимального уровня витамина D в плазме крови у трех поколений лабораторных животных второй группы характеризовалось сохранением нормальной гистологической структуры миокарда. Лишь у небольшой части особей после лактации наблюдался легкий интерстициальный отек. Длительное течение гипервитаминоза D вызывает выраженные морфологические изменения в миокарде, начиная с трехмесячного возраста (гиалиново-капельная дистрофия кардиомиоцитов, контрактурные нарушения миофибрилл, фрагментация волокон, кальциноз), тогда как до этого возраста регистрируются лишь небольшие дициркуляторные изменения и незначительный отек ткани без существенных нарушений структуры. Дифференциальные признаки морфологических изменений миокарда представлены на рисунке 1.

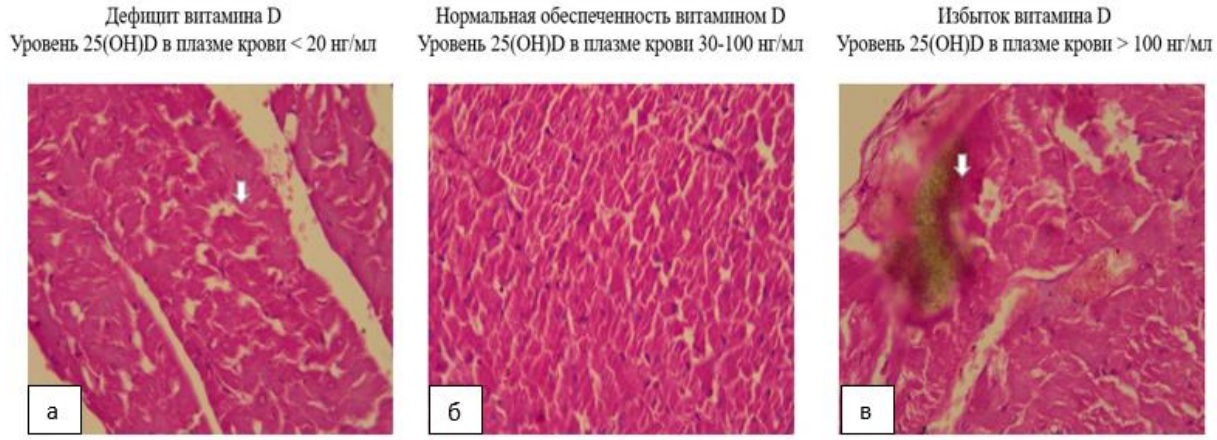


Рис. 1. Дифференциальные признаки морфологических изменений миокарда у трех поколений лабораторных животных при гипо-, нормо- и гипервитаминозе D: а – гидропическая дистрофия кардиомиоцитов (х400); б – структура миокарда в норме (х400); в – очаги обызвествления миокарда (х400). Окраска: гематоксилином и эозином.

При исследовании гистологической структуры печени у постлактирующих животных с гиповитаминозом D выявлены перисинусоидальный отек, истончение печеночных балок, очаговый колликвационный некроз и белковая гидропическая дистрофия гепатоцитов. У второго поколения отмечались слабый отек, полнокровие сосудов и отдельные гепатоциты с гидропией. Двухмесячным животным характерны расширение пространств Диссе и вакуолизация гепатоцитов. Третье поколение демонстрирует сосудистые изменения и гидропию уже в месяц, а к трем месяцам – множественную лимфоцитарную инфильтрацию. Структура печени у лабораторных животных второй группы была представлена классическими печеночными балками, состоящими из гепатоцитов шестигранной формы, расположенными в два ряда. У лабораторных животных при гипервитаминозе D выявлены сосудистые нарушения (венозный застой, стазы), жировая дистрофия гепатоцитов, кальцификаты в ткани и сосудах, иногда – очаги некроза. Во втором поколении в месяц отмечали легкий отек, застой

крови, зернистость цитоплазмы гепатоцитов без признаков дистрофии. В третьем поколении уже обнаружены отдельные клетки с мелкими каплями жира на краю печеночных долек. В двухмесячном возрасте у всех поколений наблюдали мелкокапельную и крупнокапельную жировую дистрофию, периваскулярные инфильтраты. К трем месяцам обнаруживали отечность вокруг синусоидов, сосудистые нарушения, неравномерную структуру цитоплазмы с признаками жировой дистрофии и участки обызвествления. Дифференциальные признаки морфологических изменений печени представлены на рисунке 2.

Схожая тенденция к изменению гистологической картины наблюдалась в почках. Морфологически гиповитаминоз D у лабораторных животных второго и третьего поколений в первом и втором возрастных интервалах характеризовался незначительным отеком стромы и сосудистыми нарушениями, встречались лишь редкие признаки эпителиальной дистрофии канальцев.

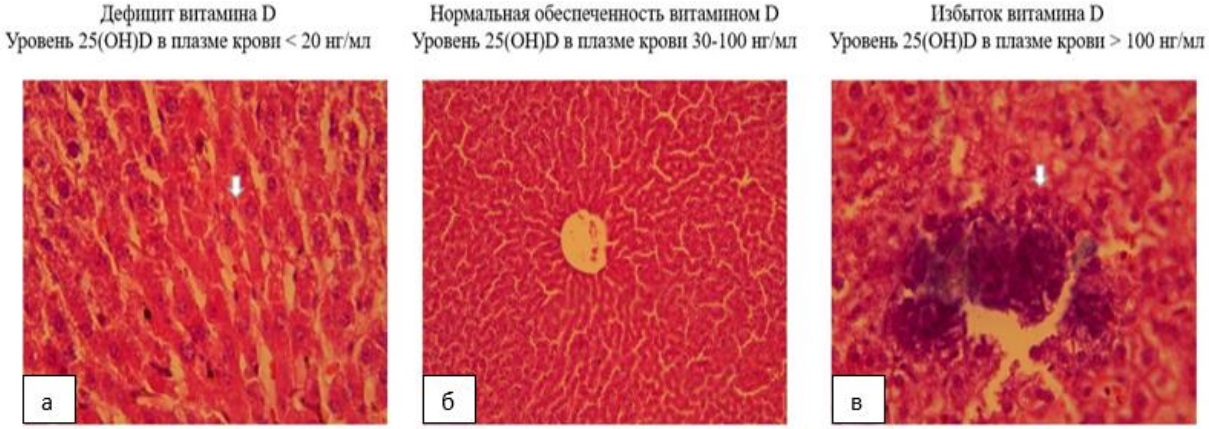


Рис. 2. Дифференциальные признаки морфологических изменений печени у трех поколений лабораторных животных при гипо-, нормо- и гипервитаминозе D: а – гидропическая дистрофия гепатоцитов (х400); б – структура печени в норме (х200); в – крупнокапельная жировая дистрофия гепатоцитов, очаг некроза с обызвествлением (х400). Окраска: гематоксилином и эозином.

В третьем возрастном интервале регистрировались тяжелые изменения: сильный интерстициальный отек (особенно коркового слоя), серьезные сосудистые нарушения, выраженная гидропическая и баллонная дистрофия эпителия извитых канальцев и собирательных трубочек, очаги некроза и лизиса с образованием полостей. При нормовитаминозе D паренхима почки полностью соответствовала норме, в корковом слое определялись клубочки и извитые канальцы. Высокая обеспеченность витамином D в постлактационном периоде вызывала гипоксическо-ишемическое повреждение почек, белковую и жировую дистрофию эпителия канальцев и трубочек. Во всех возрастных группах наблюдалось обызвествление почечных структур, усиливающееся со временем: от единичных очагов, до обширных кальциевых отложений в сосудах. Дифференциальные признаки морфологических изменений почек представлены на рисунке 3.

Яркие изменения гистологической картины селезенки лабораторных животных с дефицитным уровнем витамина D проявлялись после лактации в виде стромального отека, полнокровия, дистрофии, лизиса паренхимы и гиперплазии фолликулов. Молодые животные демонстрировали незначительный отек и гиперплазию лимфоидной ткани, а месячные животные изменений не имели. Поддержание оптимального уровня витамина D в плазме крови у трех поколений лабораторных животных второй группы характеризовалось сохранностью опорно-сократительного аппарата – капсулы и системы трабекул, а также остальной межтрабекулярной части – пульпы, построенной в основном из ретикулярной ткани. Редко встречались сосудистые нарушения по типу полнокровия и стазов. У лабораторных животных с высоким уровнем витамина D отмечалась гиперплазия лимфотических фолликулов селезенки, очаговая лимфоидная ткань без центров размножения

и лимфоцитарная инфильтрация стромы вдоль трабекул. Выявлены участки неравномерного кровенаполнения красной пульпы, пролиферация ретикулярных клеток и отложение кальциевых солей в сосудистых стенках и строме. Структурные изменения нарастают к третьему месяцу жизни, проявляясь мелкими лимфоцитарными инфильтратами. Очаги обызвествления отсутствуют до третьего месяца. Дифференциальные признаки морфологических изменений селезенки представлены на рисунке 4.

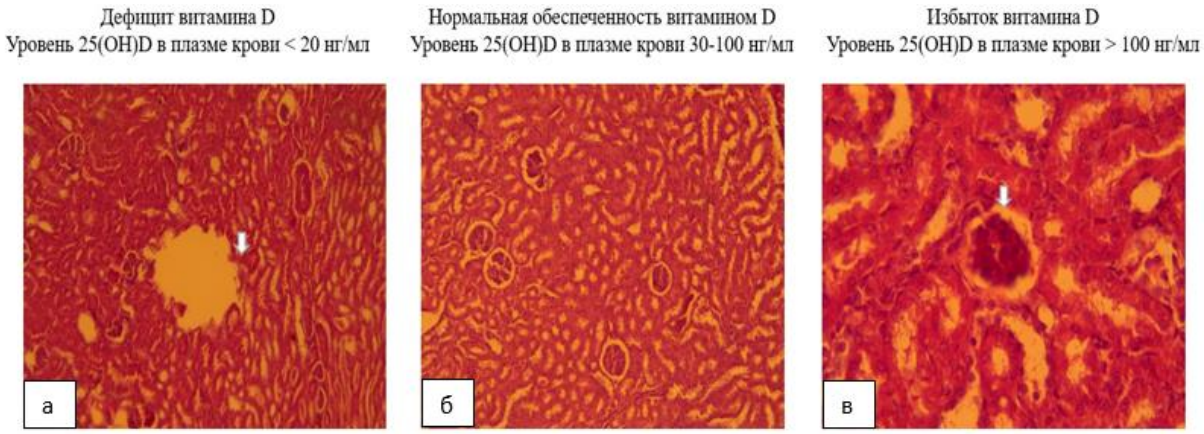


Рис. 3. Дифференциальные признаки морфологических изменений почек у трех поколений лабораторных животных при гипо-, нормо- и гипервитаминозе D: а – очаги колликвационного некроза паренхимы почки (х200); б – структура почки в норме (х200); в – известковые базофильные конгломераты в просветах извитых канальцев почки (х400). Окраска: гематоксилином и эозином.

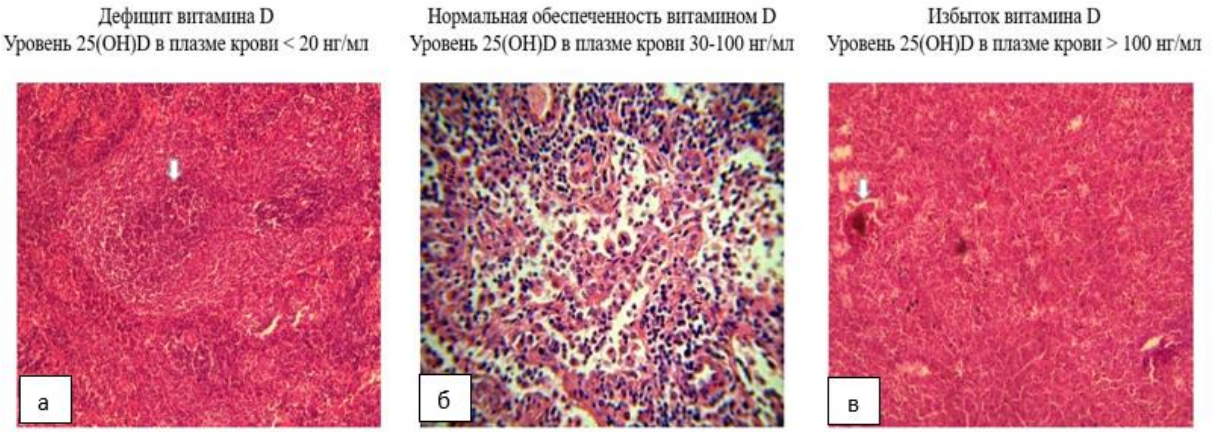


Рис. 4. Дифференциальные признаки морфологических изменений селезенки у трех поколений лабораторных животных при гипо-, нормо- и гипервитаминозе D: а – диффузный стромальный отек и гиперплазия лимфатического фолликула селезенки (х200); б – структура селезенки в норме (х200); в – очаги кальцификации в строме селезенки (х200). Окраска: гематоксилином и эозином.

Заключение. Проведенные исследования продемонстрировали существенные вариации морфологических изменений во внутренней структуре паренхиматозных органов экспериментальных животных при гипо- и гипервитаминозе D. Дефицит вызывает отек стромы миокарда, гидропическую дистрофию кардиомиоцитов и гепатоцитов (белковую), интерстициальную нефропатия, сопровождающуюся формированием очагов некротического поражения, венозный застой крови и гипертрофию лимфатических фолликулов селезенки. Гипервитаминоз D ассоциирован с развитием кальцификации сосудистой стенки и сердечной мышцы, жировой дистрофии печени, образованием почечных кист, а также процессов минерализации

тканей и воспалительных реакций клеточного типа в селезенке.

Интенсивность указанных морфофункциональных нарушений имеет тенденцию к прогрессированию пропорционально возрасту исследуемых особей и длительности воздействия фактора гипо- либо гипервитаминоза D. Первичные структурные сдвиги регистрируются уже спустя один месяц постнатального развития, достигая пика выраженности ко второму месяцу жизни, когда манифестируют различные виды дисметаболических повреждений, переходящих в деструктивные изменения вплоть до образования очагов некробиотических преобразований и кальцифицированных депозитов. Применение профилактических мер, заключающихся в регулярном введении физиологически обоснованной дозы витамина D, обеспечивает эффективную профилактику возникновения и последующего прогрессирования вышеуказанных дегенеративных и деструктивных изменений.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Недостаточность витамина D у детей раннего возраста в России: результаты многоцентрового когортного исследования родничок (2013-2014 гг.) / И.Н. Захарова, С.В. Мальцев, Т.Э. Боровик [и др.] // Вопросы современной педиатрии. – 2014. – Т. 13. – № 6. – С. 30-34. DOI: 10.15690/vsp.v13i6.11988.
2. Клинические рекомендации Российской ассоциации эндокринологов по диагностике, лечению и профилактике дефицита витамина D у взрослых / Е.А. Пигарова, Л.Я. Рожинская, Ж.Е. Белая [и др.] // Проблемы Эндокринологии. – 2016. – Т. 62. – № 4. – С. 60-84. DOI: 10.14341/probl201662460-84.
3. Vitamin D: Metabolism, Molecular Mechanism of Action, and Pleiotropic Effects / S. Christakos, P. Dhawan, A. Verstuyf [et al.] // Physiol. Rev. – 2016. – Vol. 96. – No. 1. – P. 365-408. DOI: 10.1152/physrev.00014.2015.
4. Зеленская, Е.М. Генетические предпосылки гиповитаминоза D и современные методы его коррекции у детей // Е.М. Зеленская, Г.И. Лифшиц // Фармакогенетика и Фармакогеномика. – 2018. – № 1. – С. 21-26. DOI: 10.24411/2588-0527-2018-10004.
5. Hii, C.S. The Non-Genomic Actions of Vitamin D / C.S. Hii, A. Ferrante // Nutrients. – 2016. – Vol. 8. – No. 3. – P. 135. DOI: 10.3390/nu8030135.
6. Светлицкий, К.С. Влияние дотации витамина D на биохимические и кальцийрегулирующие маркеры минерального обмен у трех поколений лабораторных животных на фоне гиповитаминоза D / К.С. Светлицкий // Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины. – 2025. – Т. 15. – № 1. – С. 50-57. DOI: 10.29039/2224-6444-2025-15-1-50-57.
7. Зуссман, М. Биология развития / М. Зуссман. – Москва: Мир, 1977. – 301 с.
8. Миронов, А.Н. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств / А.Н. Миронова. – Москва: Гриф и К., 2012. – 944 с.
9. Национальная программа «Недостаточность витамина D у детей и подростков Российской Федерации: современные подходы к коррекции». – Москва: ПедиатрЪ, 2021. – 116 с.

REFERENCES

1. Zakharova I.N., Mal’tsev S.V., Borovik T.E. et al.. Vitamin D insufficiency in children of tender years in Russia: the results of a multi-centre cohort study Rodnichok (2013-2014). *Current Pediatrics*, 2014, vol. 13, no. 6, pp. 30-34. DOI: 10.15690/vsp.v13i6.11988. (in Russ.)
2. Pigarova E.A., Rozhinskaya L.Y., Belaya J.E. et al. Russian Association of Endocrinologists recommendations for diagnosis, treatment and prevention of vitamin D deficiency in adults. *Problems of Endocrinology*, 2016, vol. 62, no. 4, pp. 60-84. DOI: 10.14341/probl201662460-84. (in Russ.)
3. Christakos S., Dhawan P., Verstuyf A., Verlinden L., Carmeliet G. Vitamin D: Metabolism, Molecular Mechanism of Action, and Pleiotropic Effects. *Physiol. Rev*, 2016, vol. 96, no. 1, pp. 365-408. DOI: 10.1152/physrev.00014.2015.
4. Zelenskaya E.M., Lifshits G.I. Genetic background vitamin D deficiency and modern methods of its correction in children. *Pharmacogenetics and Pharmacogenomics*, 2018, no. 1, pp. 21-26. DOI: 10.24411/2588-0527-2018-10004. (in Russ.)
5. Hii C.S., Ferrante A. The Non-Genomic Actions of Vitamin D. *Nutrients*, 2016, vol. 8, no. 3, p. 135. DOI: 10.3390/nu8030135.
6. Svetlitskiy K.S. Influence of vitamin D supplementation on biochemical and calcium-regulating markers of mineral metabolism in three generations of laboratory animals with

hypovitaminosis D. *Crimea Journal of Experimental and Clinical Medicine*, 2026, vol. 15, no. 1, pp. 50-57. DOI: 10.29039/2224-6444-2025-15-1-50-57. (in Russ.)
7. Sussman M. Maurice Developmental biology. Maurice Sussman Prentice Hall, 1973. 301 p. (in Russ.)
8. Mironov A.N. Guidelines for conducting preclinical studies of medicines. Edited by A.N. Mironov. Moscow: Grif and K, 2012. 944 p. (in Russ.)
9. National program "Vitamin D deficiency in children and adolescents of the Russian Federation: modern approaches to correction". Moscow: Pediatr, 2021. 116 p. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Кирилл Сергеевич Светлицкий – ассистент кафедры клинической лабораторной диагностики с курсом ДПО им. Ю.В. Первушина, Ставропольский государственный медицинский университет Минздрава России, Ставрополь, e-mail: kirill.svetlitskiy@mail.ru.
Татьяна Петровна Бондарь – доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой клинической лабораторной диагностики с курсом ДПО им. Ю.В. Первушина, Ставропольский государственный медицинский университет Минздрава России, Ставрополь, e-mail: tatiana_bond_st@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Kirill S. Svetlitskij – Assistant of the Department of Clinical Laboratory Diagnostics with APE named after Yu.V. Pervushin, Stavropol State Medical University, Stavropol, e-mail: kirill.svetlitskiy@mail.ru.
Tatyana P. Bondar – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Clinical Laboratory Diagnostics with APE named after Y.V. Pervushin, Stavropol State Medical University, Stavropol, e-mail: tatiana_bond_st@mail.ru.

Для цитирования: Светлицкий, К.С. Сравнительный анализ морфологических изменений внутренних органов при гипо-, нормо- и гипервитаминозе D у трех поколений лабораторных животных / К.С. Светлицкий, Т.П. Бондарь // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_15

For citation: Svetlitskij K.S., Bondar T.P. Comparative characteristics of pathohistological changes in the structure of internal organs in three generations of laboratory animals in relation to vitamin D intake. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_15

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_16
УДК 612.821; 612.6; 612.7

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_16
UDC 612.821; 612.6; 612.7

КОНСТИТУЦИОНАЛЬНО-ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАТИВНОГО СТАТУСА У ДЕТЕЙ 6-7 ЛЕТ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ ПРИВЫЧНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ

Е.А. Томилова, П.О. Акимова
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Тюмень, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Двигательная активность − ключевой фактор, определяющий функциональное состояние вегетативной нервной системы и адаптационные возможности детского организма. Цель исследования – изучить конституционально-типологические особенности вегетативного статуса в покое и при ортостатической пробе у детей 6-7 лет с низким, средним и высоким уровнями привычной двигательной активности. ***Методы.*** Обследовано 200 детей (102 мальчика, 98 девочек) в возрасте 6-7 лет. Методы: шагометрия (шагомеры «Torneo», Китай), анализ вариабельности сердечного ритма («ВНС-Микро», Россия). ***Результаты.*** При ортостазе выявлены три типа реактивности: средняя привычная двигательная активность − оптимальный ответ (отношение LF/HF ~1,20-1,22); низкая активность − напряжение регуляторных систем (~1,62-1,65); высокая активность − не компенсируемый вегетативный дисбаланс (~2,10-2,15). Девочки во всех группах имеют более высокую симпатическую реактивность и меньшую локомоцию. ***Заключение.*** Дети с низкой и высокой привычной двигательной активностью − группы риска по вегетативной дисфункции, требующие персонифицированной коррекции двигательного режима.

Ключевые слова: дети 6-7 лет, привычная двигательная активность, вегетативный статус, вариабельность сердечного ритма, конституционально-типологические особенности.

CONSTITUTIONAL AND TYPOLOGICAL FEATURES OF THE AUTONOMIC STATUS IN 6-7-YEAR-OLD CHILDREN WITH VARIOUS LEVELS OF HABITUAL MOTOR ACTIVITY

E.A. Tomilova, P.O. Akimova
Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Motor activity is a key factor determining the functional state of the autonomic nervous system and the adaptive capabilities of a child's body. Objective – to study the constitutional and typological features of the autonomic status at rest and during the orthostatic test in 6-7-year-old children with low, medium and high habitual motor activity. ***Methods.*** A total of 200 children (102 boys, 98 girls) aged 6-7 years were examined. Methods: pedometry (Torneo pedometers, China), heart rate variability analysis (VNS-Micro, Russia). ***Results.*** Three types of reactivity were revealed during the orthostatic test: average habitual motor activity − optimal response (LF/HF ratio ~1.20-1.22); low activity − tension of regulatory systems (~1.62-1.65); high activity – uncompensated autonomic imbalance (~2.10-2.15). Girls in all groups have higher sympathetic reactivity and less locomotion. ***Conclusion.*** Children with low and high habitual motor activity are at risk for autonomic dysfunction, requiring personalized correction of motor activity.

Keywords: 6- to 7-year-old children, habitual physical activity, autonomic status, heart rate variability, constitutional and typological characteristics.

Введение. Возраст 6-7 лет занимает особое место в возрастной физиологии, являясь критическим периодом онтогенеза, когда происходит интенсивная морфофункциональная перестройка организма, требующая соответствующих изменений со стороны нервной системы. Данный этап характеризуется не только качественными изменениями в физиологическом развитии, но и изменением социальной среды, что предъявляет повышенные требования ко всем функциональным системам детского организма [1-3]. Дополнительным негативным фактором, по мнению ряда исследователей, выступает тотальная цифровизация досуга и образовательной деятельности современных детей [4-6].

Начало систематического обучения в школе связано не только со значительным социальным и психическим напряжением, но и с изменением соотношения между динамическими и статическими нагрузками. По сравнению с дошкольной («ребенок играющий»), общеобразовательная среда вносит преобладание утомительного статического компонента («ребенок сидящий»), что придает особую значимость изучению адаптационных возможностей организма детей 6-7 лет [7].

Современные представления о здоровье детского населения базируются на понимании интегративной роли вегетативной нервной системы (ВНС) в обеспечении адаптационных процессов детского организма. Именно ВНС через баланс симпатического и парасимпатического отделов обеспечивает поддержание гомеостаза, регуляцию деятельности сердечно-сосудистой, дыхательной, эндокринной и других систем, а также формирование адекватных реакций на стрессорные воздействия. У детей, особенно на критических этапах онтогенеза, уровень зрелости и лабильности вегетативной регуляции является предиктором не только текущего состояния здоровья, но и долгосрочных адаптационных возможностей [8]. Именно в возрасте 6-7 лет происходит интенсивное созревание надсегментарных вегетативных центров (лимбико-ретикулярного комплекса), совершенствуются процессы синапто- и глиогенеза в структурах, ответственных за интеграцию автономных и поведенческих реакций. Дисбаланс вегетативной регуляции в этот период (например, преобладание симпатикотонии или, напротив, гиперпарасимпатикотония) нередко ассоциирован с дезадаптацией, повышенной заболеваемостью и снижением умственной работоспособности [9, 10].

Современные исследования показывают, что у 15% первоклассников отмечаются отклонения эмоционально-вегетативных функций с тенденцией к увеличению в процессе обучения в школе [3, 11]. Таким образом своевременное выявление и коррекция данных отклонений на этапе дошкольного периода являются актуальными задачами фундаментальной науки.

Известно, что среди множества факторов, модулирующих становление вегетативной регуляции в детском возрасте, ведущее место занимает двигательная активность. Данный тезис находит не только эмпирическое, но и нейрофизиологическое обоснование. Движение, будучи наиболее древним и биологически значимым видом активности, оказывает тонизирующее влияние на ретикулярную формацию ствола мозга, гипоталамические центры и другие элементы вегетативной иерархии. У детей 6-7 лет, для которых характерна естественная потребность в высокой двигательной активности, адекватный по объему и интенсивности двигательный режим способствует тренировке механизмов срочной и долговременной адаптации, формированию оптимального вегетативного тонуса. Состояние эйтонии или умеренной ваготонии рассматривается как маркер функционального благополучия и отражает способность детского организма к гибкой перестройке вегетативных процессов в ответ на внешние стимулы [12, 13].

Однако в современной возрастной физиологии и гигиене детей остается недостаточно изученным вопрос о количественно-качественных характеристиках двигательной активности, наиболее эффективно коррелирующих с показателями вегетативной регуляции именно у детей 6-7 лет. Имеющиеся данные часто носят фрагментарный характер, а пороговые уровни двигательной нагрузки, способствующие гармонизации вегетативного баланса, требуют уточнения с учетом половых и конституционально-типологических особенностей.

Цель исследования – изучить конституционально-типологические особенности вегетативного статуса в покое и при ортостатической пробе у детей 6-7 лет с низким, средним и высоким уровнями привычной двигательной активности (ПДА).

Методы и организация исследования. Исследование проведено на базе Муниципального автономного образовательного учреждения «Центр развития ребенка – Детский сад № 176» (Тюмень) в рамках профилактических осмотров с учетом основных нормативно-правовых документов и Центра

нейропсихологии и логопедии «Академия» (Тюмень). Протокол исследования одобрен Комитетом по этике при Тюменском государственном медицинском университете (протокол № 129 от 15.05.2025). Исследование выполнено в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации.

Обследовано 200 детей старшего дошкольного возраста (средний возраст 6,4±0,3 лет), из них 102 мальчика и 98 девочек. Критерии включения: возраст 6-7 лет, наличие информированного согласия родителей, отсутствие острых и хронических заболеваний в стадии обострения на момент обследования.

В работе использован следующий набор методик:

1. Оценка уровня привычной двигательной активности. Для определения суточного объема локомоций использовали метод шагометрии с применением индивидуальных шагомеров «Torneo» (Китай) с возможностью регулировки длины шага. Регистрацию проводили в течение 7 дней в условиях дошкольного образовательного учреждения (в 9:00, 12:00, 15:00, 18:00 часов). Согласно концепции типологической вариабельности физиологической индивидуальности В.В. Колпакова, выделены следующие градации ПДА по среднесуточному количеству локомоций (тыс. шагов): низкий уровень (НПДА) − от 3 до 6 тыс.; средний уровень (СПДА) − от 7 до 11 тыс.; высокий уровень (ВПДА) − 12 тыс. и выше [14].

2. Анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР). Исследование ВСР проводилось в первой половине дня в тихой затемненной комнате после 10-минутного отдыха в положении лежа, а также после активной ортостатической пробы. Регистрация осуществлялась в течение 5 минут с использованием программно-аппаратного комплекса «ВНС-Микро» (Нейрософт, Россия). Анализировались следующие показатели:

1) временные: стандартное отклонение интервалов NN (SDNN, мс), среднеквадратичное значение последовательных различий (RMSSD, мс), средняя длительность интервалов R-R (RRNN, мс);

2) спектральные: низкочастотная (LF, мс²), высокочастотная (HF, мс²), очень низкочастотная (VLF, мс²) составляющие спектра;

3) интегральные: соотношение LF/HF, индекс напряжения (SI, усл.ед.).

3. Ортостатическая проба. Для оценки вегетативной реактивности и адаптационных резервов ВНС проводилась активная ортостатическая проба с регистрацией показателей ВСР в положении лежа и стоя. Проба выполнялась в первой половине дня (с 9:00 до 11:00) в тихой затемненной комнате с температурой воздуха 22-24 °С. Регистрация проводилась после 10-минутного периода адаптации к условиям помещения. Проба включала три последовательных этапа: I этап (исходный покой) − 5 минут лежа на спине; II этап (активный ортостаз) − 5 минут стоя; III этап (восстановление) − 5 минут лежа на спине.

4. Статистическая обработка. Статистический анализ выполнен с использованием программ Microsoft Office Excel и Statistica 26.0. Проверка нормальности распределения осуществлялась по критерию Шапиро-Уилка. В связи с распределением, отличным от нормального, данные представлены в виде медианы и межквартильного интервала (Me [Q1; Q3]). Сравнение трех независимых групп выполнено с помощью непараметрического дисперсионного анализа (критерий Краскела-Уоллиса), парные сравнения – с использованием критерия Манна-Уитни с поправкой Бонферрони. Различия считали статистически значимыми при $p<0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. В условиях пребывания в дошкольном учреждении ежедневно в течение недели у детей фиксировались показатели локомоций (в 9:00, 12:00, 15:00, 18:00 часов). В результате семидневной шагометрии установлены достоверные различия среднесуточного количества локомоций (СКЛ) между группами детей с разным уровнем привычной двигательной активности (ПДА). Группа НПДА включала 36 мальчиков (35,3%) и 31 девочку (31,6%), группа СПДА − 37 мальчиков (36,3%) и 39 девочек (39,8%), группа ВПДА − 29 мальчиков (28,4%) и 28 девочек (28,6%).

Показатели по СКЛ у мальчиков: в группе с НПДА – 5 278 локомоций, в группе со СПДА – 8 371 локомоция, в группе с ВПДА – 13 570 локомоций. У девочек соответствующие показатели оказались несколько ниже: в группе НПДА – 4 765 локомоций, в группе СПДА – 8 150 локомоций, в группе ВПДА – 12500 локомоций. Межполовые различия внутри каждой группы также были статистически значимы ($p<0,05$): мальчики демонстрировали более высокий уровень локомоций по сравнению с девочками при одинаковой градации ПДА. Визуализация полученных данных представлена на рисунке.

Таким образом, выделенные три группы детей (НПДА, СПДА, ВПДА) достоверно различаются по объективному показателю суточной двигательной активности, что позволяет рассматривать их как самостоятельные типологические категории в рамках дальнейшего анализа вегетативного статуса.

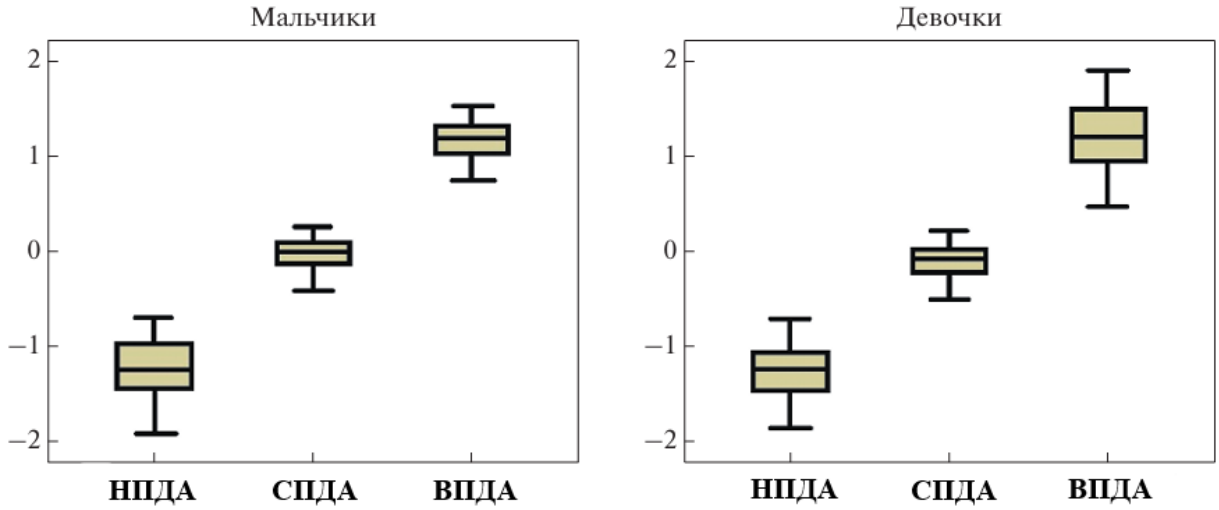


Рис. Различия в уровнях привычной двигательной активности (ПДА) у мальчиков и девочек по H-критерию Краскела-Уоллиса ($p=0,001$)

Примечание: НПДА – низкий уровень привычной двигательной активности; СПДА – средний уровень привычной двигательной активности; ВПДА – высокий уровень привычной двигательной активности; данные представлены в z-преобразовании показателя ПДА ($p<0,05$).

Показатели ВСР в состоянии покоя у детей с различным уровнем ПДА не имели статистических отличий, что указывает на сохранность вегетативной регуляции в состоянии покоя. Однако у детей с СПДА показатель LF/HF соответствовал эйтонии (LF/HF ≈ 0,98-1,00 усл.ед.), тогда как у детей с НПДА и ВПДА отмечалась эйтония с тенденцией к симпатикотонии (LF/HF ≈ 1,15-1,20 усл.ед.). Показатель VLF не выявил значимых межгрупповых различий, что указывает на стабильность надсегментарных (центральных) механизмов вегетативной регуляции в покое независимо от уровня ПДА. Таким образом, выявленные тенденции к симпатикотонии у детей с НПДА и ВПДА обусловлены преимущественно периферическими или сегментарными механизмами, а не изменениями на уровне центральных надсегментарных структур (табл. 1).

Согласно поставленной цели исследования, в качестве физической нагрузки была проведена активная ортостатическая проба. В публикации Кузнецова О.В., Сонькина В.Д. (2009) показано, что автономная нервная регуляция даже в пределах одной функциональной системы более сложна и более дискретна, чем это можно было бы предположить [15]. С этой точки зрения вегетативный статус должен оцениваться интегративно, то есть не только с позиции стационарного состояния, но и с учетом вегетативной реактивности и вегетативного обеспечения деятельности, поскольку «каждое функциональное состояние имеет свой вегетативный портрет» [16]. При этом оценку интегративного состояния

вегетативной регуляции необходимо проводить с обязательным учетом конституционально-типологических особенностей, что соответствует основным требованиям системного подхода к оценке гомеостазиса организма [17].

Таблица 1

Показатели ВСР у детей 6-7 лет
с различным уровнем ПДА в состоянии покоя, Me [Q1; Q3]

Показатель	Пол	Группы			P<
		НПДА (n_1=36; n_2=31)	СПДА (n_1=37; n_2=39)	ВПДА (n_1=29; n_2=28)	
SDNN, мс	м	57,0 [49,0; 66,1]	61,8 [53,2; 71,1]	58,2 [50,1; 67,5]	–
	д	49,5 [41,0; 58,2]	53,2 [44,5; 62,8]	50,1 [42,0; 59,0]	–
RMSSD, мс	м	48,8 [40,2; 57,5]	52,5 [44,0; 61,9]	49,3 [41,1; 58,2]	–
	д	48,8 [40,2; 57,5]	52,5 [44,0; 61,9]	49,3 [41,1; 58,2]	–
LF/HF, усл.ед.	м	1,18 [0,95; 1,42]	0,98 [0,82; 1,15]	1,15 [0,93; 1,40]	0,045
	д	1,20 [0,97; 1,45]	1,00 [0,84; 1,18]	1,17 [0,95; 1,42]	0,048
VLF, мс²	м	425 [360; 515]	418 [352; 508]	430 [365; 520]	–
	д	418 [355; 508]	410 [345; 500]	422 [358; 512]	–

Примечание: ВСР – вариабельность сердечного ритма; SDNN – стандартное отклонение интервалов NN; RMSSD – среднеквадратичное значение последовательных различий; LF/HF – соотношение низкочастотной и высокочастотной составляющих спектра; VLF – очень низкочастотная составляющая спектра; ПДА – привычная двигательная активность; НПДА – низкий уровень привычной двигательной активности; СПДА – средний уровень привычной двигательной активности; ВПДА – высокий уровень привычной двигательной активности; * − статистически значимые различия между группой СПДА и группами НПДА/ВПДА, $p<0,05$.

В нашем исследовании выявлены три качественно различных типа реакции на ортостатическую пробу в зависимости от уровня ПДА (табл. 2). Первый тип реакции был характерен для детей с СПДА и характеризовался симпатикотонией в пределах физиологической нормы (LF/HF=1,20-1,22, p=0,001), что является адекватной и оптимальной реакцией на ортостатическую нагрузку. Наименее благоприятные изменения отмечались у детей с НПДА и ВПДА. Как у мальчиков, так и у девочек с НПДА выявлена выраженная симпатикотония (LF/HF=1,62-1,65, p=0,001), которая отражает чрезмерное напряжение регуляторных систем и снижение адаптационных резервов. В группе детей с ВПДА зарегистрирована гиперсимпатикотония (LF/HF=2,10-2,15, p=0,001), что является наиболее неблагоприятным типом реакции, свидетельствующим о вегетативном дисбалансе и избыточной симпатической активации. Также для данной группы было характерно максимальное повышение VLF (p=0,001), что указывает на то, что центральные механизмы вегетативной регуляции работают в режиме чрезмерного напряжения, что согласуется с гиперсимпатикотонией (LF/HF=2,10 у мальчиков, LF/HF=2,15 у девочек, p=0,001). Выявленные особенности являются неблагоприятным признаком несмотря на высокий уровень двигательной активности. У девочек во всех группах отмечаются несколько более высокие абсолютные значения LF/HF, что может указывать на более высокую симпатическую реактивность.

Таким образом, получены парадоксальные результаты – высокая двигательная активность не компенсирует, а даже усугубляет вегетативную дисфункцию. Применительно к теории функциональных систем данный механизм можно объяснить, как «дефектный акцептор результата». Подтверждение данного утверждения отмечено и в публикации Шептикиной Т.С. и соавт.

(2024): высокая двигательная активность у тренированных спортсменов должна указывать на эталонную систему организации вегетативной программы, однако авторы в своем исследовании подтвердили факт напряжения регуляторных механизмов [18].

Таблица 2

Показатели ВСР у детей 6-7 лет
с различным уровнем ПДА после ортостатической пробы, Me [Q1; Q3]

Показатель	Пол	Группы			P<
		НПДА (n_1=36; n_2=31)	СПДА (n_1=37; n_2=39)	ВПДА (n_1=29; n_2=28)	
SDNN, мс	м	46,2 [39,5; 54,0]	52,0 [44,5; 60,2]	49,5 [42,0; 57,8]	–
	д	45,0 [38,2; 52,8]	51,2 [43,8; 59,5]	48,6 [41,2; 56,9]	–
RMSSD, мс	м	38,0 [31,5; 45,2]	42,5 [35,8; 50,0]	39,8 [33,0; 47,2]	–
	д	37,2 [30,8; 44,5]	41,8 [35,0; 49,2]	39,0 [32,5; 46,5]	–
LF/HF, усл.ед.	м	1,62 [1,35; 1,92][1]	1,20 [1,00; 1,45]	2,10 [1,80; 2,48][1,2]	0,001
	д	1,65 [1,38; 1,95][1]	1,22 [1,02; 1,48]	2,15 [1,85; 2,55][1,2]	0,001
VLF, мс²	м	42 [118; 172][1]	105 [88; 128]	198 [168; 240][1,2]	0,001
	д	145 [120; 176][1]	108 [90; 132]	202 [172; 245][1,2]	0,001

Примечание: ВСР – вариабельность сердечного ритма; SDNN – стандартное отклонение интервалов NN; RMSSD – среднеквадратичное значение последовательных различий; LF/HF – соотношение низкочастотной и высокочастотной составляющих спектра; VLF – очень низкочастотная составляющая спектра; ПДА – привычная двигательная активность; НПДА – низкий уровень привычной двигательной активности; СПДА – средний уровень привычной двигательной активности; ВПДА – высокий уровень привычной двигательной активности; [1] – $p<0,05$ по сравнению с группой СПДА (критерий Манна-Уитни с поправкой Бонферрони); [2] – $p<0,05$ по сравнению с группой НПДА (критерий Манна-Уитни с поправкой Бонферрони).

Наше исследование выявило определенные половые различия в показателях ВСР. У девочек с НПДА исходные значения SDNN были несколько ниже, а LF/HF выше, чем у мальчиков. Эти данные согласуются с результатами исследования Krishnan B. и соавт. (2009), которые показали, что девочки 9 лет имели более высокую частоту сердечных сокращений в покое и более низкую физическую активность по сравнению с мальчиками, а также продемонстрировали ранние половые различия в предикторах кардиовагусального контроля [19].

Для полной интегративной оценки показателей вегетативного статуса была дана оценка показателей ВСР в восстановительном периоде (вегетативное обеспечение деятельности). Критериями адекватного восстановления считались возвращение LF/HF к значениям, не превышающим фоновые более чем на 15%, нормализация SDNN и RMSSD до 90-110% от исходных значений. Замедление восстановления (отсутствие нормализации к 5-й минуте) рассматривалось как признак напряжения или истощения механизмов вегетативной регуляции.

В группе мальчиков и девочек с СПДА отмечалась полноценная адаптация, парасимпатическая активность восстанавливалась практически в полном объеме (табл. 3). В группе НПДА LF/HF не возвращается к фоновому уровню (отклонение ~10-15%), что говорит о сохранении умеренно повышенной симпатической активности и замедлении процессов восстановления. В группе детей с ВПДА наблюдается дезадаптивный тип вегетативной регуляции − LF/HF остается резко повышенным (отклонение от фона >30-40%), что указывает на сохранение симпатикотонических влияний даже после прекращения нагрузки.

Следует отметить, что выявленные закономерности соответствуют концепции типологической вариабельности физиологической индивидуальности, согласно которой уровень ПДА является устойчивым

конституциональным признаком, взаимосвязанным с другими показателями функционального состояния детского организма [20, 21]. Наиболее важным результатом нашего исследования является выявление значительных межгрупповых различий в реакции на ортостатическую пробу. Дети с НПДА и ВПДА демонстрировали максимальное снижение временных показателей ВСР, что указывает на истощение механизмов вегетативной регуляции.

Таким образом, уровень ПДА является значимым конституциональным признаком, определяющимтипологическиеособенности вегетативной регуляции у детей 6-7 лет независимо от пола, однако количественные характеристики вегетативного статуса имеют определенную половую специфику, которую необходимо учитывать при индивидуальной оценке адаптационных возможностей. Дети с НПДА и ВПДА отнесены к группе риска по развитию вегетативной дисфункции. Согласно Speer и соавт. (2024), регулярная оценка показателей ВСР у детей может быть полезным инструментом для раннего выявления кардиометаболических нарушений и оценки эффективности профилактических интервенций [22].

Таблица 3

Характеристика периода восстановления по показателю LF/HF у детей 6-7 лет с различным уровнем ПДА после ортостатической пробы, усл.ед., Me [Q1; Q3]

Показатель	ПДА	LF/HF		
		Фон	Ортостаз	Покой
Мальчики	НПДА	1,18 [1,11; 1,35]	1,62 [1,54; 1,82]	1,35 [1,22; 1,47]
	СПДА	0,98 [0,91; 1,17]	1,20 [1,12; 1,43]	1,06 [0,96; 1,28]
	ВПДА	1,15 [1,09; 1,18]	2,10 [1,87; 2, 34]	1,69 [1,46; 1,77]
Девочки	НПДА	1,20 [1,15; 1,31]	1,65 [1,52; 1,78]	1,38 [1,23; 1,52]
	СПДА	1,00 [0,93; 1,09]	1,22 [1,16; 1,41]	1,07 [1,01; 1,33]
	ВПДА	1,17 [1,11; 1,28]	2,15 [1,99; 2,35]	1,71 [1,63; 1,84]

Примечание: LF/HF – соотношение низкочастотной и высокочастотной составляющих спектра; VLF – очень низкочастотная составляющая спектра; ПДА – привычная двигательная активность; НПДА – низкий уровень привычной двигательной активности; СПДА – средний уровень привычной двигательной активности; ВПДА – высокий уровень привычной двигательной активности.

Заключение. В результате проведенного исследования получены следующие выводы:

1. Уровень ПДА у детей 6-7 лет является устойчивым конституционально-типологическим признаком.

2. В состоянии покоя показатели ВСР у детей с различным уровнем ПДА не имели статистических отличий и соответствовали эйтонии (LF/HF ≈ 0,98-1,00 усл.ед.), однако у детей с НПДА и ВПДА отмечалась эйтония с тенденцией к симпатикотонии.

3. При оценке показателей ВСР после ортостатической пробы выявлены три разнокачественных конституционально-типологических типа вегетативной реактивности:

− в группе СПДА − оптимальный адаптивный ответ (LF/HF ~1,20-1,22);

− в группе НПДА − напряжение регуляторных систем (LF/HF ~1,62-1,65);

− в группе ВПДА – вегетативный дисбаланс (LF/HF ~2,10-2,15).

4. Высокий уровень ПДА не компенсирует вегетативную дисфункцию, что объясняется как «дефектный акцептор результата действия» (чрезмерная симпатическая активация без адекватной обратной связи).

5. Показатель VLF в ортостазе максимально повышен у детей с ВПДА (198-202 мс² против 105-108 мс² в группе СПДА), что свидетельствует о гипернапряжении центральных надсегментарных механизмов вегетативной регуляции.

6. Выявлены половые различия: девочки во всех группах демонстрируют более высокие значения LF/HF (большую симпатическую реактивность) и более низкие

абсолютные значения локомоций по сравнению с мальчиками.

Дети 6-7 лет с низким и высоким уровнем ПДА отнесены в группу риска по развитию вегетативной дисфункции и нуждаются в персонифицированной центильной коррекции двигательного режима согласно их конституциональной группе.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности. Авторы выражают искреннюю благодарность администрации и педагогическому коллективу Муниципального автономного образовательного учреждения «Центр развития ребенка – Детский сад № 176» (Тюмень), а также руководству и сотрудникам Центра нейропсихологии и логопедии «Академия» (Тюмень) за всестороннее содействие в организации и проведении исследования. Особую признательность авторы приносят родителям (законным представителям) детей, принявших участие в исследовании, за доверие, понимание и добровольное согласие, позволившее реализовать данную работу.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments. The authors express their sincere gratitude to the administration and teaching staff of the Child Development Center – Kindergarten No. 176 (Tyumen), as well as to the management and employees of the Center for Neuropsychology and Speech Therapy “Academy” (Tyumen) for their comprehensive support in organizing and conducting the study. Special appreciation is extended to the parents (legal guardians) of the children who participated in the study for their trust, understanding, and voluntary consent, which made this work possible.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беликова, Р.М. Оценка морфофункциональных и психофизиологических особенностей детей и подростков, проживающих в юго-восточных районах Алтайского края / Р.М. Беликова, Н.К. Гайнанова, О.И. Пятунина. – Бийск: БГПУ им. В. М. Шукшина, 2007. – 240 с.
2. Безруких, М.М. Возрастная физиология: Физиология развития ребенка / М.М. Безруких, В.Д. Сонькин, Д.А. Фарбер. − М.: Издательский центр «Академия», 2003. − 416 с.
3. Ганузин, В.М. Диагностика готовности детей к обучению в школе / В.М. Ганузин, Е.А. Мавренкова // Российский педиатрический журнал. − 2024. − Т. 27. – № 3S. − С. 13.
4. Благополучие детей в цифровую эпоху / А.А. Бочавер, С.В. Докука, М.А. Новикова [и др.] // Материалы XX Апрельской международной научной конференции по проблемам развития экономики и общества (9-12 апреля 2019 г., Москва). − М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2019. – 34 с.
5. Криволапчук, И.А. Функциональное развитие детей 6-7 лет с разным уровнем информатизации условий жизнедеятельности / И.А. Криволапчук, А.А. Герасимова, М.Б. Чернова // Сибирский педагогический журнал. – 2020. – № 5. – С. 121-135. DOI: 10.15293/1813-4718.2005.12.
6. Криволапчук, И.А. Функциональное, физическое и моторное развитие мальчиков 6-7 и 11-12 лет с разной двигательной подготовленностью в условиях интенсивного использования цифровых технологий / И.А. Криволапчук, М.Б. Чернова, А.А. Герасимова // Человек. Спорт. Медицина. − 2023. − Т. 23. – № 1. − С. 28-36. DOI: 10.14529/hsm230104.
7. Борова, М.М. Физиологические механизмы воздействия статических нагрузок на организм школьников / М.М. Борова, Я.М. Темеркеева, М.А. Измайлова // Образование и право. – 2023. – № 10. – С. 379-383. DOI: 10.24412/2076-1503-2023-10-379-383.
8. Сонькин, В.Д. Нагрузки, применяемые в детском спорте: педагогические, психологические, физиологические аспекты / В.Д. Сонькин // Новые исследования. − 2025. − № 2(82). − С. 23-70. DOI: 10.46742/2072-8840-2025-82-2-23-70.
9. The Neurovegetative Status of Children 5-7 Years Old / A. Kolesnyk, C. Barna, L. Kashuba [et al.] // BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience. – 2022. – Vol. 13. – No. 4. – P. 421-435. DOI: 10.18662/brain/13.4/396.
10. Белова, О.А. Возрастная анатомия и физиология: учебное пособие / О.А. Белова. − Рязань: Рязанский государственный университет им. С.А. Есенина, 2011. – 172 с.
11. Куприна, Н.С. Особенности вегетативной адаптации мальчиков в условиях специализированного обучения / Н.С. Куприна, М.А. Суботялов, М.С. Головин // Человеческий капитал. − 2025. − № 12(204). − С. 278-288.
12. Cairney, J. Developmental coordination disorder, physical activity and mental health in children / J. Cairney, Y.-Ch. Li, S. King-Dowling // Journal of Exercise, Movement, and Sport. – 2016. – Vol. 48. – No. 1. – P. 1403.

13. Autonomic tone in children and adults: Pupillary, electrodermal and cardiac activity at rest / M.R. Bufo, M. Guidotti, C. De Faria [et al.] // International Journal of Psychophysiology. – 2022. – Vol. 180. – P. 68-78. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2022.07.009.
14. Концепция типологической вариабельности физиологической индивидуальности. Сообщение I. Внутрипопуляционное разнообразие привычной двигательной активности человека и ее типовая оценка / В.В. Колпаков, Т.В. Беспалова, А.В. Брагин [и др.] // Физиология человека. – 2008. – Т. 34. – № 4. – С. 121-132.
15. Кузнецова, О.В. Вегетативный тонус в звеньях респираторно-гемодинамической системы у детей младшего школьного возраста / О.В. Кузнецова, В.Д. Сонькин // Физиология человека. – 2009. – Т. 35. – № 6. – С. 94-102.
16. Дмитриева, Д.В. Индивидуальное здоровье и полипараметрическая диагностика функциональных состояний организма (системно-информационный подход) / Д.В. Дмитриева, О.С. Глазачев. − М.: Медицина, 2000. − 214 с.
17. Судаков, К.В. Системные основы эмоционального стресса / К.В. Судаков, П.Е. Умрюхин. − М.: Гэотар-Медиа, 2010. − 112 с.
18. Шептикина, Т.С. Теория функциональных систем как универсальная концепция организации спортивной подготовки / Т.С. Шептикина, Н.Н. Сентябрев, С.А. Шептикин // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация. – 2024. − Т. 9. – № 1. − С. 58-66. DOI: 10.47475/2500-0365-2024-9-1-58-66.
19. Gender differences in the relationship between heart rate control and adiposity in young children: a cross-sectional study (EarlyBird 33) / B. Krishnan, A. Jeffery, B. Metcalf, [et al.] // Pediatr Diabetes. – 2009. – Vol. 10. – No. 2.− P. 127-134. DOI: 10.1111/j.1399-5448.2008.00455.x.
20. Хронобиологическая оценка привычной двигательной активности человека в условиях западной Сибири / В.В. Колпаков, Е.А. Томилова, Т.В. Беспалова [и др.] // Физиология человека. – 2016. – Т. 42. – № 2. – С. 100-111. DOI: 10.7868/S0131164616020090.
21. Интегративная оценка вегетативного статуса у детей различных функциональных типов конституции / Е.А. Томилова, Н.Ю. Ларькина, В.В. Колпаков [и др.] // Медицинская наука и образование Урала. – 2017. – Т. 18. – № 2(90). – С. 123-127.
22. Speer, K.E. Heart rate variability to track autonomic nervous system health in young children: Effects of physical activity and cardiometabolic risk factors / K.E. Speer, N. Naumovski, A.J. McKune // Physiology & Behavior. – 2024. – Vol. 281. – P. 114576. DOI: 10.1016/j.physbeh.2024.114576.

REFERENCES

1. Belikova R.M., Gaynakova N.K., Pyatunina O.I. Assessment of morphofunctional and psycho-physiological characteristics of children and adolescents living in the southeastern regions of Altai Krai. Biysk: V.M. Shukshin BPSU, 2007. 240 p. (in Russ.)
2. Bezrukikh M.M., Son'kin V.D., Farber D.A. Developmental physiology: physiology of child development. Moscow: Izdatel'skiy tsentr "Akademia", 2003. 416 p. (in Russ.)
3. Ganuzin V.M., Mavrenkova E.A. Diagnostics of children's readiness for schooling. *The Russian Pediatric Journal*, 2024, vol. 27, no. 3S, p. 13. (in Russ.)
4. Bochaver A.A., Dokuka S.V., Novikova M.A. et al. Children's well-being in the digital age, in: Materials of the XX April International Scientific Conference on the Problems of Development of Economics and Society (April 9-12, 2019, Moscow). Moscow: Publ. house of the HSE University, 2019. 34 p. (in Russ.)
5. Krivolapchuk I.A., Gerasimova A.A., Chernova M.B. Functional development of children 6-7 years old with different levels of informatization of living conditions. *Siberian Pedagogical Journal*, 2020, no. 5, pp. 121-135. DOI: 10.15293/1813-4718.2005.12. (in Russ.)
6. Krivolapchuk I.A., Chernova M.B., Gerasimova A.A. Functional, physical, and motor development of 6-7- and 11-12-year-old boys with different motor fitness under intensive use of digital technologies. *Human. Sport. Medicine*, 2023, vol. 23, no. 1, pp. 28-36. DOI: 10.14529/hsm230104. (in Russ.)
7. Borova M.M., Temerkeeva Ya.M., Izmaylova M.A. Physiological mechanisms of the impact of static loads on the body of schoolchildren. *Education and law*, 2023, no. 10, pp. 379-383. DOI: 10.24412/2076-1503-2023-10-379-383. (in Russ.)
8. Son'kin V.D. Loads used in children's sports: pedagogical, psychological, and physiological aspects. *New Research*, 2025, no. 2(82), pp. 23-70. DOI: 10.46742/2072-8840-2025-82-2-23-70. (in Russ.)
9. Kolesnyk A., Barna C., Kashuba L. et al. The neurovegetative status of children 5-7 years old. *BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*, 2022, vol. 13, no. 4, pp. 421-435. DOI: 10.18662/brain/13.4/396.
10. Belova O.A. Age anatomy and physiology: a textbook. Ryazan: Ryazan State University, 2011. 172 p. (in Russ.)
11. Kuprina N.S., Subotyalov M.A., Golovin M.S. Characteristics of autonomic adaptation in boys in specialized education. *Human capital*, 2025, no. 12(204), pp. 278-288. (in Russ.)
12. Cairney J., Li Y.-Ch., King-Dowling S. Developmental coordination disorder, physical activity

and mental health in children. *Journal of Exercise, Movement, and Sport*, 2016, vol. 48, no. 1, p. 1403.
13. Bufo M.R., Guidotti M., De Faria C. et al. Autonomic tone in children and adults: pupillary, electrodermal and cardiac activity at rest. *International Journal of Psychophysiology*, 2022, vol. 180, pp. 68-78. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2022.07.009.
14. Kolpakov V.V., Bespalova T.V., Bragin A.V. et al. The concept of typological variability of physiological individuality: I. Intrapopulation diversity of human habitual physical activity and its typological estimation. *Human Physiology*, 2008, vol. 34, no. 4, pp. 121-132. (in Russ.)
15. Kuznetsova O.V., Son'kin V.D. Autonomic tone in branches of the respiratory-hemodynamic system of junior schoolchildren. *Human Physiology*, 2009, vol. 35, no. 6, pp. 94-102. (in Russ.)
16. Dmitrieva D.V., Glazachev O.S. Individual health and multiparametric diagnostics of functional states of the body (systemic and informational approach). Moscow: Meditsina, 2000. 214 p. (in Russ.)
17. Sudakov K.V., Umryukhin P.E. Systemic foundations of emotional stress. Moscow: Geotar-Media, 2010. 112 p. (in Russ.)
18. Sheptikina T.S., Sentyabrev N.N., Sheptikin S.A. The theory of functional systems as a universal concept for organizing sports training. *Physical culture. Sport. Tourism. Motor recreation*, 2024, vol. 9, no. 1, pp. 58-66. DOI: 10.47475/2500-0365-2024-9-1-58-66. (in Russ.)
19. Krishnan B., Jeffery A., Metcalf B. et al. Gender differences in the relationship between heart rate control and adiposity in young children: a cross-sectional study (EarlyBird 33). *Pediatr Diabetes*, 2009, vol. 10, no. 2, pp. 127-134. DOI: 10.1111/j.1399-5448.2008.00455.x.
20. Kolpakov V.V., Tomilova E.A., Bespalova T.V. et al. Chronobiological assessment of habitual physical activity in humans in Western Siberia. *Human Physiology*, 2016, vol. 42, no. 2, pp. 100-111. DOI: 10.7868/S0131164616020090. (in Russ.)
21. Tomilova E.A., Lar'kina N.Yu., Kolpakov V.V. et al. Integrative estimation of vegetative status in children with different functional types of the constitution. *Medical Science and Education of Ural*, 2017, vol. 18, no. 2(90), pp. 123-127. (in Russ.)
22. Speer K.E., Naumovski N., McKune A.J. Heart rate variability to track autonomic nervous system health in young children: effects of physical activity and cardiometabolic risk factors. *Physiology & Behavior*, 2024, vol. 281, p. 114576. DOI: 10.1016/j.physbeh.2024.114576.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Евгения Александровна Томилова – доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой нормальной физиологии, Тюменский государственный медицинский университет, Тюмень, e-mail: tomilovaea@mail.ru, ORCID: 0000-0003-1101-7628.
Полина Олеговна Акимова – аспирант кафедры нормальной физиологии Тюменский государственный медицинский университет, Тюмень, e-mail: akimova.po@mail.ru, ORCID: 0000-0002-2975-2439.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Evgenia A. Tomilova – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Normal Physiology, Tyumen State Medical University, Tyumen, e-mail: tomilovaea@mail.ru, ORCID: 0000-0003-1101-7628.
Polina O. Akimova – Postgraduate Student of the Department of Normal Physiology, Tyumen State Medical University, Tyumen, e-mail: akimova.po@mail.ru, ORCID: 0000-0002-2975-2439.

Для цитирования: Томилова, Е.А. Конституционально-типологические особенности вегетативного статуса у детей 6-7 лет с различным уровнем привычной двигательной активности / Е.А. Томилова, П.О. Акимова // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_16

For citation: Tomilova E.A., Akimova P.O. Constitutional and typological features of the autonomic status in 6-7-year-old children with various levels of habitual motor activity. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_16

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_17
УДК 616-092.19:57.043

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_17
UDC 616-092.19:57.043

АДАПТАЦИОННЫЕ ПЕРЕСТРОЙКИ КИСЛОРОДНОГО СТАТУСА И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ У СТУДЕНТОВ РАЗЛИЧНЫХ КЛИМАТОГЕОГРАФИЧЕСКИХ ГРУПП ПРИ НОРМОБАРИЧЕСКОЙ ИНТЕРВАЛЬНОЙ ГИПОКСИТЕРАПИИ

А.Г. Шокуева, И.Х. Борукаева, Ф.В. Шаваева, А.А. Молов, Т.Х. Агнокова
Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова», г. Нальчик, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Климатогеографические условия определяют особенности адаптационных реакций на гипоксию. Цель: оценить динамику кислородного статуса и функциональных резервов у студентов разных климатогеографических групп при курсовой нормобарической интервальной гипоксии. ***Методы.*** Обследован 261 студент (22,4±0,4 года): жители среднегорья (n=127) и низменности (n=134). До и после 15-дневного курса гипоксической тренировки оценивали сатурацию, вариабельность сердечного ритма, гемоглобин, ферритин, интегральные индексы функциональных резервов и гипоксической устойчивости. ***Результаты.*** Острая гипоксия вызывала десатурацию и активацию симпатической регуляции в обеих группах, менее выраженную у жителей среднегорья. После курса отмечены снижение частоты сердечных сокращений, усиление парасимпатических влияний, повышение гемоглобина и ферритина, а также рост интегральных показателей. У студентов низменной группы формировались компенсаторные механизмы, тогда как у жителей среднегорья эффекты реализовывались на фоне исходной адаптации. ***Заключение.*** Курсовое воздействие нормобарической интервальной гипоксии приводит к системным адаптационным перестройкам кислородного статуса, вегетативной регуляции и функциональных резервов у студентов различных климатогеографических групп.

Ключевые слова: нормобарическая интервальная гипоксия, функциональные резервы, кислородный статус, вариабельность сердечного ритма, адаптация, климатогеографические условия, студенты.

ADAPTIVE CHANGES IN OXYGEN STATUS AND FUNCTIONAL RESERVES IN STUDENTS FROM DIFFERENT CLIMATIC-GEOGRAPHICAL GROUPS FOLLOWING A COURSE OF NORMOBARIC INTERMITTENT HYPOXIA

A.G. Shokueva, I.Kh. Borukaeva, F.V. Shavaeva, A.A. Molov, T.Kh. Agnokova
Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Climatic and geographical conditions determine the peculiarities of adaptive responses to hypoxia. Objective: to assess the dynamics of oxygen status and functional reserves in students from different climatic-geographical groups following a course of normobaric intermittent hypoxia. ***Methods.*** A total of 261 students (22.4±0.4 years) were examined: mid-altitude residents (n=127) and lowland residents (n=134). Before and after a 15-day course of hypoxic training, arterial oxygen saturation, heart rate variability, hemoglobin, ferritin, and integral indices of functional reserves and hypoxic resistance were evaluated. ***Results.*** Acute hypoxia induced oxygen desaturation and activation of sympathetic regulation in both groups, with less pronounced responses in mid-altitude residents. After the training course, a decrease in heart rate, enhancement of parasympathetic activity, increased hemoglobin and ferritin levels, and growth of integral indices were observed. In lowland students, compensatory mechanisms were formed, whereas in mid-altitude residents the effects were realized against the background of pre-existing adaptation. ***Conclusion***. Application of the course of normobaric intermittent hypoxia leads to systemic adaptive rearrangements of oxygen status, autonomic regulation and functional reserves of students from different climatic-geographical groups.

Keywords: normobaric intermittent hypoxia, functional reserves, oxygen status, heart rate variability, adaptation, climatic-geographical conditions, students.

Введение. В последние годы в физиологии человека и адаптационной медицине отмечается устойчивый рост интереса к проблеме функциональных резервов организма у лиц молодого возраста, что обусловлено увеличением когнитивных,

психоэмоциональных и учебно-профессиональных нагрузок [1]. По данным Всемирной организации здоровья, до 35-45% студентов медицинских и естественно-научных специальностей демонстрируют признаки функционального перенапряжения регуляторных систем уже на этапе обучения, включая снижение вариабельности сердечного ритма (ВСР), повышение симпатической активности и уменьшение адаптационного потенциала сердечно-сосудистой системы [2]. Аналогичные данные приводятся в обзорах Н.А. Агаджаняна (2021) [3] и Ф.З. Меерсона (2020) [4], где подчеркивается, что функциональные резервы у молодых лиц являются лимитирующим звеном устойчивости к стрессорным и экстремальным воздействиям.

Гипоксия в современной физиологии рассматривается как один из наиболее универсальных стресс-факторов, обладающих выраженным адаптогенным потенциалом [5]. Снижение парциального давления кислорода инициирует многоуровневый каскад компенсаторно-приспособительных реакций, включающих перестройку кислородного транспорта, активацию гипоксия-индуцируемых факторов транскрипции и оптимизацию энергетического обмена [6]. При этом физиологический эффект гипоксии определяется не только ее выраженностью, но и режимом воздействия. В этом контексте особое значение приобрела нормобарическая интервальная гипоксия как управляемая модель повторяющегося гипоксического стресса. Согласно систематическому обзору G.S. Panza и соавт. (2023) [6], интервальная гипоксия при правильно подобранных параметрах способствует формированию адаптационных перестроек без развития стойкой дезадаптации и структурных повреждений тканей. Авторы указывают, что повторяющиеся кратковременные эпизоды гипоксии запускают феномен гипоксического прекондиционирования, сопровождающийся снижением избыточной симпатоадреналовой активации и повышением экономичности кардиореспираторной регуляции.

В то же время многочисленные исследования подчеркивают высокую вариабельность индивидуальных физиологических ответов на идентичные гипоксические стимулы. По данным J. Burtscher и соавт. (2023), различия в динамике показателей кислородного статуса, гемодинамики и вегетативной регуляции при интервальной гипоксии во многом определяются исходным уровнем функциональных резервов и адаптационным анамнезом обследуемых [7]. Одним из ключевых, но недостаточно изученных модификаторов гипоксической адаптации остаются климатогеографические условия длительного проживания. Известно, что формирование организма в условиях высокогорья сопровождается хроническим воздействием гипобарической гипоксии и приводит к устойчивым изменениям кардиореспираторной регуляции, кислородтранспортной функции крови и вегетативного баланса. По данным J.C. Tremblay и P.N. Ainslie (2021), у лиц, длительно проживающих на высоте, формируются специфические стратегии адаптации, отличающиеся по вкладу вентиляционных, гемодинамических и гемато-транспортных механизмов [8].

Межпопуляционные исследования показывают, что устойчивость к гипоксии может реализовываться по различным физиологическим сценариям. J.F. Storz и G.R. Scott (2021) отмечают, что даже при сходных внешних условиях гипоксического воздействия адаптационные ответы существенно различаются в зависимости от климатогеографического и онтогенетического фона [9]. Однако большинство экспериментальных работ по интервальной гипоксии либо не стратифицируют обследуемых по условиям формирования организма, либо ограничиваются анализом отдельных физиологических показателей без интегративной оценки функциональных резервов. По данным M. Paw, показатели ВСР являются высокочувствительными маркерами экономичности и устойчивости адаптации к гипоксическому стрессу [10]. Снижение соотношения мощности низкочастотного и высокочастотного компонентов ВСР (LF/HF) и рост временных показателей ВСР рассматриваются как признаки формирования благоприятного адаптационного профиля, однако влияние климатогеографических факторов на эти

процессы при курсовой интервальной гипоксии остается недостаточно изученным.

Несмотря на значительный массив данных о физиологических эффектах нормобарической интервальной гипоксии сохраняется дефицит исследований, направленных на сравнительный анализ адаптационных перестроек кислородного статуса и функциональных резервов с учетом климатогеографических условий формирования организма.

Цель исследования – изучить динамику показателей кислородного статуса и функциональных резервов у студентов различных климатогеографических групп в условиях курсового применения нормобарической интервальной гипоксии.

Методы и организация исследования. Исследование выполнено как проспективное сравнительное физиологическое наблюдение, направленное на изучение адаптационных перестроек кислородного статуса и функциональных резервов организма при курсовом воздействии нормобарической интервальной гипоксии с учетом климатогеографических условий формирования обследуемых.

В исследовании приняли участие 261 студент Медицинской академии Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова, обучающиеся по программам высшего медицинского образования, в возрасте 22,4±0,4 года. Обследуемые были распределены на две группы: I группа (n=127) – жители высокогорья (постоянное проживание на высоте около 1 300 м над уровнем моря); II группа (n=134) – студенты, проживающие в условиях низменного климата (высота – 70-230 м над уровнем моря).

Все участники являлись здоровыми, не имели в анамнезе хронических заболеваний сердечно-сосудистой, дыхательной и эндокринной систем, острых воспалительных процессов на момент обследования и не принимали лекарственных препаратов, влияющих на кардиореспираторную или вегетативную регуляцию.

Критериями включения являлись: возраст – 20-25 лет, постоянное проживание в соответствующих климатогеографических условиях не менее 5 лет, добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Критериями исключения являлись: наличие хронических соматических заболеваний, анемий, нарушений ритма сердца, острых заболеваний в период исследования, а также несоблюдение протокола гипоксического воздействия.

Протокол исследования. Исследование проводилось в несколько этапов. На первом этапе выполнялась исходная оценка функционального состояния обследуемых, включающая регистрацию показателей кислородного статуса, гемодинамики, ВСР и кислородтранспортной функции крови. На втором этапе проводился курс нормобарической интервальной гипоксической тренировки продолжительностью 15 дней. На третьем этапе осуществлялась повторная комплексная оценка изучаемых показателей с целью анализа динамики адаптационных перестроек.

Методы гипоксического воздействия. Нормобарическая интервальная гипоксическая тренировка (ИГТ) проводилась в условиях нормального атмосферного давления с использованием стандартизированного гипоксического протокола, предусматривающего чередование фаз гипоксии (12% O_2, 11% O_2 и 10% O_2) и нормоксии (20,9% O_2) в циклическом режиме на гипоксикаторе «OXYTERRA» (Россия). Параметры гипоксического воздействия подбирались индивидуально на основании предварительной гипоксической пробы для обеспечения физиологической адекватности и безопасности нагрузки. Курс включал ежедневные сеансы гипоксического воздействия в течение 15 последовательных дней.

Методы физиологического исследования. Оценка кислородного статуса проводилась путем регистрации сатурации артериальной крови кислородом (SaO_2) в покое пульсоксиметром «B.WELL Med-325». Гемодинамическое состояние оценивали по показателям частоты сердечных сокращений (ЧСС) и систолического артериального давления (САД) монитором артериального давления «Picoos X1 Pro» (Россия), регистрируемых в стандартных условиях после периода адаптации к положению тела.

Вегетативная регуляция сердечной деятельности анализировалась методом ВСР с расчетом временных и спектральных показателей, включая стандартное отклонение нормальных (NN) интервалов сердечного ритма (SDNN), квадратный корень из среднего квадрата разностей последовательных NN-интервалов (RMSSD) и соотношение LF/HF как интегральный показатель вегетативного баланса на компьютерном комплексе для исследования вегетативной нервной системы «ВНС-Спектр» (Россия).

Лабораторные методы. Для оценки кислородтранспортной функции крови определяли концентрацию гемоглобина на автоматическом гематологическом анализаторе «MicroCC-20Plys» (Россия) и уровень ферритина в венозной крови методом количественного иммуноферментного анализа (ИФА) на аппарате «Mindray CL-1200i» (Китай) по «сэндвич»-схеме в 96-луночном формате с использованием набора реагентов «ИФА-ферритин» (Россия). Лабораторные исследования выполнялись на базе Университетской клиники Кабардино-Балкарского государственного университета. Для комплексной оценки адаптационных возможностей рассчитывались интегральный индекс функциональных резервов и интегральный индекс гипоксической устойчивости, формируемые на основе совокупности физиологических и вегетативных показателей. Использование интегральных индексов позволило оценить системный характер адаптационных перестроек и сопоставить выраженность эффектов между климатогеографическими группами.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием пакета IBM SPSS Statistics 27.0. Количественные показатели представлены в виде среднего значения и стандартного отклонения (M±σ). Нормальность распределения проверялась с использованием критерия Шапиро-Уилка. Для оценки межгрупповых различий применялся t-критерий Стьюдента для независимых выборок, для анализа внутригрупповой динамики – парный t-критерий Стьюдента. Уровень статистической значимости принимался равным $p<0,05$.

Исследование выполнено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации. Все участники были проинформированы о целях и методах исследования и подписали добровольное информированное согласие. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом Кабардино-Балкарского государственного университета (протокол № 23/06 от 12.10.2025 г.).

Результаты исследования и их обсуждение. Анализ исходных показателей функционального состояния организма показал, что по большинству базовых параметров группы были сопоставимы. Так, уровень SaO_2, ЧСС и САД статистически значимо не различались между группами ($p>0,05$), что свидетельствует об отсутствии исходных различий в оксигенации и системной гемодинамике (табл. 1).

Анализ показателей вариабельности сердечного ритма выявил достоверные межгрупповые различия. Во II группе отмечались более высокие значения SDNN и RMSSD по сравнению с I группой, что указывает на более выраженную общую вариабельность ритма и усиление парасимпатического влияния на синусовый узел. При этом отношение LF/HF статистически значимо не различалось между группами ($p>0,05$), что говорит об отсутствии выраженного смещения симпато-вагального баланса на уровне спектрального анализа.

Гематологические показатели – уровень гемоглобина и ферритина – также не имели достоверных межгрупповых различий ($p>0,05$), что позволяет исключить влияние различий кислородтранспортной функции крови и запасов железа на дальнейшие результаты исследования.

В то же время интегральные показатели функционального состояния имели статистически значимые различия. Значения интегрального индекса функционального резерва (ИИФР) и интегрального индекса гипоксической устойчивости (ИИГУ) были достоверно выше в I группе по сравнению со II группой ($p<0,05$), что указывает на более высокий уровень функциональных резервов и устойчивости к гипоксическому воздействию у пациентов I группы на исходном этапе исследования.

Анализ показателей вариабельности сердечного ритма выявил достоверные

межгрупповые различия. Во II группе отмечались более высокие значения SDNN и RMSSD по сравнению с I группой, что указывает на более выраженную общую вариабельность ритма и усиление парасимпатического влияния на синусовый узел. При этом отношение LF/HF статистически значимо не различалось между группами (p>0,05), что говорит об отсутствии выраженного смещения симпато-вагального баланса на уровне спектрального анализа.

Таблица 1

Исходные показатели кислородного статуса, гемодинамики, вариабельности сердечного ритма и функциональных резервов у студентов различных климатогеографических групп, M±σ

Показатель	I группа (n=127)	II группа (n=134)	P<
SaO_2, %	97,0±0,9	98,1±0,7	–
ЧСС, уд/мин	72,8±7,1	69,9±6,6	–
САД, мм рт. ст.	117,6±8,9	115,1±8,4	–
SDNN, мс	56,4±1,3	61,9±1,4	0,05
RMSSD, мс	39,8±1,6	44,7±1,3	0,05
LF/HF	1,32±0,18	1,05±0,11	–
Hb, г/л	146,2±8,7	139,8±7,9	–
Ферритин, нг/мл	52,6±14,3	49,1±13,7	–
ИИФР, усл.ед.	0,69±0,04	0,55±0,03	0,05
ИИГУ, усл.ед.	0,68±0,06	0,52±0,05	0,05

Примечание: SaO_2 – сатурация артериальной крови кислородом; ЧСС – частота сердечных сокращений; САД – систолическое артериальное давление; SDNN – стандартное отклонение нормальных (NN) интервалов сердечного ритма; RMSSD – квадратный корень из среднего квадрата разностей последовательных NN-интервалов; LF/HF – соотношение мощности низкочастотного и высокочастотного компонентов вариабельности сердечного ритма, отражающее вегетативный баланс; Hb – концентрация гемоглобина в крови; ИИФР – интегральный индекс функциональных резервов; ИИГУ – интегральный индекс гипоксической устойчивости. Межгрупповые различия оценивались с использованием t-критерия Стьюдента для независимых выборок.

Гематологические показатели – уровень гемоглобина и ферритина – также не имели достоверных межгрупповых различий (p>0,05), что позволяет исключить влияние различий кислородтранспортной функции крови и запасов железа на дальнейшие результаты исследования.

В то же время интегральные показатели функционального состояния имели статистически значимые различия. Значения интегрального индекса функционального резерва (ИИФР) и интегрального индекса гипоксической устойчивости (ИИГУ) были достоверно выше в I группе по сравнению со II группой (p<0,05), что указывает на более высокий уровень функциональных резервов и устойчивости к гипоксическому воздействию у пациентов I группы на исходном этапе исследования.

Полученные данные отражают наличие исходных различий в уровне функциональных резервов и устойчивости к гипоксическому воздействию у студентов, сформировавшихся в различных климато-географических условиях.

Анализ физиологических изменений, возникающих в ответ на воздействие острой гипоксии (10% O_2), выявил выраженные межгрупповые различия по показателям кислородного статуса, гемодинамики и вегетативной регуляции сердечного ритма (табл. 2).

Таблица 2

Изменения показателей кислородного статуса, гемодинамики, вегетативной регуляции при воздействии острой гипоксии у студентов различных климатогеографических групп, M±σ

Показатель	I группа	II группа	P<
ΔSaO_2, %	−3,2±0,2	−4,8±0,3	0,05
ΔЧСС, уд/мин	+5,6±0,8	+10,8±0,1	0,05
ΔСАД, мм рт. ст.	+3,1±0,2	+6,3±0,1	0,05
ΔSDNN, мс	−4,4±4,9	−7,6±4,1	0,05
ΔRMSSD, мс	−4,2±0,7	−6,9±0,2	0,05
ΔLF/HF	+0,13±0,04	+0,17±0,02	0,05

Примечание: Δ – изменение показателя относительно исходного уровня; SaO_2 – сатурация артериальной крови кислородом; ЧСС – частота сердечных сокращений; САД – систолическое артериальное давление; SDNN – стандартное отклонение нормальных (NN) интервалов сердечного ритма; RMSSD – квадратный корень из среднего квадрата разностей последовательных NN-интервалов; LF/HF – соотношение мощности низкочастотного и высокочастотного компонентов вариабельности сердечного ритма, отражающее вегетативный баланс. Межгрупповые различия оценивались с использованием t-критерия Стьюдента для независимых выборок.

В обеих климатогеографических группах острое гипоксическое воздействие сопровождалось снижением сатурации артериальной крови кислородом, однако величина десатурации была статистически значимо ниже у студентов, проживающих в горах, по сравнению со студентами второй группы группы (3,2±0,2% и 4,8±0,3% соответственно; p<0,05). ЧСС в ответ на острое гипоксическое воздействие увеличивалась в обеих группах, при этом прирост ЧСС был более выраженным у студентов II группы (10,8±0,1 уд/мин) по сравнению с I группой (5,6±0,8 уд/мин; p<0,05). Аналогичная направленность различий отмечалась и по показателям гемодинамики: повышение уровня САД у студентов высокогорной группы составило 3,1±0,2 мм рт. ст., тогда как у студентов, проживающих в условиях равнинной местности, 6,3±0,1 мм рт. ст. (p<0,05). Оценка изменений ВСР показала снижение временных показателей ВСР в обеих группах. Значение SDNN уменьшалось на 4,4±4,9 мс у студентов I группы и на 7,6±4,1 мс у студентов II группы (p<0,05). Схожая динамика выявлена и по показателю RMSSD, отражающему парасимпатическую активность: снижение составило 4,2±0,7 мс в I группе и 6,9±0,2 мс во II группе (p<0,05). Соотношение LF/HF в ответ на острое гипоксическое воздействие возрастало в обеих группах, что отражало усиление симпатических влияний в регуляции сердечного ритма. При этом прирост показателя был статистически значимо выше у студентов, проживающих на низменности (0,17±0,02), по сравнению со студентами высокогорной группы (0,13±0,04; p<0,05).

Анализ показателей после завершения 15-дневного курса нормобарической интервальной гипоксической тренировки продемонстрировал положительную динамику кислородного статуса, гемодинамики, вегетативной регуляции сердечного ритма, кислородтранспортной функции крови и интегральных функциональных резервов у студентов обеих климатогеографических групп при сохранении статистически значимых межгрупповых различий по ряду параметров.

После завершения курса уровень сатурации артериальной крови кислородом увеличился в обеих группах, при этом у студентов, проживающих в горах, значение SaO_2 составило 98,8±0,8%, а у студентов II группы – 98,5±0,6% (p>0,05) (табл. 3).

Анализ показателей функционального состояния организма у обследуемых I и II групп выявил ряд адаптационных изменений после проведения курса интервальной гипокситерапии. Уровень насыщения SaO_2 в обеих группах после ИГТ достоверно не изменился (p>0,05). В I группе показатель увеличился с 97,0±0,9% до 98,8±0,8%, во II

группе – с 98,1±0,7% до 98,5±0,6%. Отсутствие статистической значимости свидетельствует о стабильности процессов газообмена и достаточной исходной оксигенации у обследуемых.

В I группе после ИГТ отмечено достоверное снижение ЧСС с 72,8±2,1 до 66,1±2,4 уд/мин ($p<0,05$), что отражает повышение экономичности сердечной деятельности. Во II группе снижение ЧСС (с 69,9±1,6 до 68,2±2,1 уд/мин) статистически значимым не было ($p>0,05$).

САД в обеих группах продемонстрировало тенденцию к снижению (I группа: 117,6±4,9 → 114,3±3,1 мм рт. ст.; II группа: 115,1±4,4 → 113,2±3,9 мм рт. ст.), однако различия не достигли статистической значимости ($p>0,05$).

Таблица 3

Динамика показателей кислородного статуса, гемодинамики, вариабельности сердечного ритма, кислородтранспортной функции крови и интегральных функциональных резервов после 15-дневного курса нормобарической интервальной гипоксической тренировки, M±σ

Показатель	I группа		II группа		P
	До ИГТ	После ИГТ	До ИГТ	После ИГТ	
SaO_2 %	97,0±0,9	98,8±0,8	98,1±0,7	98,5±0,6	$p^1>0,05$ $p^2>0,05$
ЧСС, уд/мин	72,8±2,1	66,1±2,4	69,9±1,6	68,2±2,1	$p^1<0,05$ $p^2>0,05$
САД, мм рт. ст.	117,6±4,9	114,3±3,1	115,1±4,4	113,2±5,9	$p^1>0,05$ $p^2>0,05$
SDNN, мс	56,4±2,3	61,8±2,5	61,9±1,4	63,9±2,3	$p^1<0,05$ $p^2>0,05$
RMSSD, мс	39,8±2,6	47,6±2,8	44,7±1,3	46,6±2,4	$p^1<0,05$ $p^2>0,05$
LF/HF	1,32±0,13	1,15±0,14	1,05±0,11	0,62±0,13	$p^1<0,05$ $p^2<0,05$
Hb, г/л	146,2±2,1	152,9±2,4	139,8±2,2	146,6±2,6	$p^1<0,05$ $p^2<0,05$
Ферритин, нг/мл	52,6±1,3	59,9±1,8	49,1±1,7	56,8±1,1	$p^1<0,05$ $p^2<0,05$
ИИФР, усл.ед.	0,69±0,02	0,74±0,02	0,55±0,03	0,61±0,02	$p^1<0,05$ $p^2<0,05$
ИИГУ, усл.ед.	0,68±0,02	0,75±0,02	0,52±0,02	0,59±0,02	$p^1<0,05$ $p^2<0,05$

Примечание: ИГТ – интервальная гипоксическая тренировка; SaO_2 – сатурация артериальной крови кислородом; ЧСС – частота сердечных сокращений; САД – систолическое артериальное давление; SDNN – стандартное отклонение нормальных (NN) интервалов сердечного ритма; RMSSD – квадратный корень из среднего квадрата разностей последовательных NN-интервалов; LF/HF – соотношение мощности низкочастотного и высокочастотного компонентов вариабельности сердечного ритма, отражающее вегетативный баланс; Hb – концентрация гемоглобина в крови; ИИФР – интегральный индекс функциональных резервов; ИИГУ – интегральный индекс гипоксической устойчивости. Для межгрупповых сравнений применялся t-критерий Стьюдента для независимых выборок, для оценки внутригрупповой динамики – парный t-критерий Стьюдента.

У жителей высокогорья отмечено достоверное увеличение SDNN (56,4±2,3 → 61,8±2,5 мс; $p<0,05$) и RMSSD (39,8±2,6 → 47,6±2,8 мс; $p<0,05$), что свидетельствует об усилении парасимпатических влияний и повышении адаптационных резервов автономной регуляции.

Во II группе увеличение SDNN и RMSSD носило характер тенденции и статистически значимым не было ($p>0,05$).

После курса интервальной гипокситерапии в обеих группах отмечено достоверное снижение показателя LF/HF, отражающего симпато-вагальный баланс автономной нервной системы (p_1<0,05; p_2<0,05). В I группе значение LF/HF снизилось с 1,32±0,13 до 1,15±0,14, что свидетельствует о тенденции к уменьшению относительного симпатического влияния и усилению парасимпатической регуляции.

Во II группе снижение носило более выраженный характер, что указывает на существенное смещение в сторону вагусной доминанты.

После курса ИГТ в обеих группах зарегистрировано достоверное повышение уровня гемоглобина (I группа: 146,2±4,7 → 152,9±3,4 г/л; II группа: 139,8±3,9 → 146,6±4,6 г/л; p<0,05) и ферритина (I группа: 52,6±3 → 59,9 ± 1,8 нг/мл; II группа: 49,1±1,7 → 56,8±1,1 нг/мл; p<0,05).

Полученные данные свидетельствуют об активации эритропоэза и усилении железообмена как одного из ключевых механизмов гипоксической адаптации.

После курса интервальной гипокситерапии в обеих группах отмечено достоверное повышение интегральных показателей функционального состояния организма (p_1<0,05; p_2<0,05). В I группе ИИФР увеличился с 0,69±0,02 до 0,74±0,02 усл.ед., что свидетельствует о нарастании функциональных возможностей регуляторных систем и повышении общей адаптационной устойчивости организма.

Во II группе (жители низменной местности) также зарегистрирован достоверный рост показателя – с 0,55±0,02 до 0,61±0,03 усл.ед. Несмотря на более низкие исходные значения динамика отражает активацию компенсаторных механизмов и расширение функционального резерва под влиянием гипоксической тренировки.

Аналогичная тенденция выявлена и для ИИГУ. В I группе показатель повысился с 0,68±0,02 до 0,75±0,02 усл.ед., что указывает на усиление толерантности к гипоксическому воздействию и оптимизацию кислородтранспортных и метаболических механизмов адаптации.

Во II группе ИИГУ достоверно увеличился с 0,52±0,02 до 0,59±0,03 усл.ед., отражая формирование более устойчивого гипоксического фенотипа у лиц, ранее не находившихся в условиях хронической природной гипоксии.

Таким образом, интервальная гипокситерапия способствовала достоверному росту как функциональных резервов, так и гипоксической устойчивости в обеих группах. При этом у жителей горной местности прирост показателей реализуется на фоне уже сформированной долговременной адаптации к гипоксии, тогда как у жителей, проживающих на низменности, он отражает индукцию и активное формирование компенсаторных механизмов.

Полученные результаты подтверждают представление о нормобарической интервальной гипоксии как о физиологически адекватном адаптационном воздействии, инициирующем системные перестройки кислородного транспорта, вегетативной регуляции и функциональных резервов организма. В то же время выявленные межгрупповые различия указывают на существенную роль климатогеографических условий формирования организма в определении характера и выраженности адаптационного ответа.

Снижение сатурации артериальной крови кислородом и рост ЧСС при остром гипоксическом воздействии, выявленные в настоящем исследовании, соответствуют классическим представлениям о срочной фазе гипоксической адаптации. Н.А. Агаджанян [3] и Ф.З. Меерсон [4] подчеркивали, что первичный ответ на гипоксию реализуется через активацию кардиореспираторных механизмов компенсации, направленных на поддержание доставки кислорода к жизненно важным органам. Острое гипоксическое воздействие вызывало системную реакцию со стороны кардиореспираторной и вегетативной регуляций у студентов обеих климатогеографических групп, проявлявшихся снижением сатурации артериальной крови кислородом, активацией сердечно-сосудистой системы и сдвигом автономного баланса в сторону симпатического звена. Вместе с тем характер и выраженность данных реакций существенно различались в зависимости от условий долговременной адаптации к гипоксии.

У студентов высокогорной группы отмечались менее выраженная десатурация, меньший прирост ЧСС и САД, а также более умеренное снижение временных показателей ВСР и меньший рост отношения LF/HF. Данные особенности указывают на более экономичную и устойчивую регуляторную реакцию, отражающую сформированную гипоксическую толерантность и более высокий уровень функциональных резервов автономной нервной системы.

Напротив, у студентов, проживающих на низменности, гипоксическое воздействие сопровождалось более выраженной активацией симпатического звена, снижением парасимпатической активности и усилением гемодинамического ответа, что свидетельствует о меньшей устойчивости регуляторных механизмов к острому дефициту кислорода. В совокупности полученные данные подтверждают ключевую роль климатогеографической адаптации в формировании индивидуальной чувствительности к гипоксии и определяют вегетативные и гемодинамические механизмы как важные патогенетические мишени при оценке гипоксической устойчивости. Аналогичные реакции описаны M. Paw [10], который рассматривал снижение временных показателей ВСР как маркер мобилизации регуляторных систем в условиях острого стрессорного воздействия.

После завершения 15-дневного курса интервальной гипоксической тренировки в обеих группах наблюдались повышение уровня SaO_2, снижение ЧСС в покое и рост временных показателей ВСР что свидетельствует о формировании более экономичного режима регуляции. Эти данные согласуются с результатами G.S. Panza и соавторов, показавших, что курсовая интервальная гипоксия способствует снижению избыточной симпатоадреналовой активности и оптимизации кардиореспираторной регуляции у условно здоровых лиц [6].

Сравнительный анализ показал, что у студентов, сформировавшихся в условиях среднегорья, адаптационные изменения носили более выраженный и согласованный характер. Более высокий прирост SDNN и RMSSD, а также более выраженное снижение соотношения LF/HF после курса у данной группы соответствуют данным J. Burtscher, который указывал, что эффективность гипоксического прекондиционирования в значительной степени определяется исходным уровнем функциональных резервов и степенью автономной пластичности [7]. У лиц с длительным анамнезом проживания в условиях гипоксии адаптация может реализовываться преимущественно по компенсаторному типу с сохранением элементов регуляторного напряжения.

Изменения показателей кислородтранспортной функции крови после курса гипоксической тренировки характеризовались умеренным повышением концентрации гемоглобина. Полученные данные согласуются с концепцией дозозависимого эритропоэтического ответа, описанной G.L. Semenza, согласно которой кратковременные и повторяющиеся гипоксические стимулы активируют эритропоэз без истощения депо железа [11]. Отсутствие межгрупповых различий по величине прироста гемоглобина указывает на универсальность данного механизма вне зависимости от климатогеографических условий формирования организма. Более высокие значения ИИФР и ИИГУ у студентов, проживающих в горах, как исходно, так и после курса гипоксического воздействия, согласуются с работами J.C. Tremblay и P.N. Ainslie, которые подчеркивали, что адаптация к гипоксии может реализовываться по различным физиологическим стратегиям, не всегда обеспечивающим оптимальную экономичность регуляции [8]. В нашем исследовании это проявлялось сохранением более высоких интегральных показателей у студентов высокогорной группы даже после курса гипоксической тренировки.

Сопоставление полученных данных с результатами отечественных и зарубежных исследований позволяет заключить, что нормобарическая интервальная гипоксия вызывает системные адаптационные перестройки у студентов независимо от климатогеографического происхождения. Вместе с тем характер этих перестроек определяется исходным адаптационным фоном: у студентов высокогорной группы формируется преимущественно экономичный тип регуляции с ростом функциональных

резервов, тогда как у студентов, проживающих на низменности, адаптация сопровождается большим регуляторным напряжением. Эти особенности необходимо учитывать при интерпретации физиологических эффектов гипоксических воздействий и разработке индивидуализированных программ гипоксической тренировки.

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют о том, что курсовое воздействие нормобарической интервальной гипоксии сопровождается формированием системных адаптационных перестроек кислородного статуса, вегетативной регуляции и функциональных резервов у студентов различных климатогеографических групп. При этом выраженность и структура адаптационного ответа определяются исходными климатогеографическими условиями формирования организма, что проявляется различиями в характере срочных реакций и долговременных адаптационных эффектов. Выявленные особенности адаптации обосновывают целесообразность дифференцированного и индивидуализированного применения программ нормобарической интервальной гипоксической тренировки с учетом исходного функционального состояния и адаптационного фона обучающихся, что имеет практическое значение для образовательной, спортивной и медико-реабилитационной практики.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа выполнена при поддержке внутреннего гранта ФГБОУ ВО КБГУ им. Х.М. Бербекова, договор № 49 и программы развития «ПРИОРИТЕТ-2030».

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Financing. This work was supported by an internal grant from the Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, agreement No. 49, and the PRIORITY-2030 development program.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цирканнуальные вариации парциальной плотности кислорода в зависимости от уровня солнечной активности и климатического пояса / О.Н. Рагозин, L. Muthelo, Е.Ю. Шаламова [и др.] // Экология человека. – 2025. – Т. 32. – № 1. – С. 32-41. DOI: 10.17816/humeco64866.
2. Влияние однократной интервальной гипоксической стимуляции на когнитивные функции здоровых добровольцев / А.С. Михалищина, Э.Д. Загайный, Я.В. Васина, О.С. Глазачев // Вестник психофизиологии. – 2023. – № 4. – С. 86-95. DOI: 10.34985/d2699-5404-1619-b.
3. Агаджанян, Н.А. Адаптация человека к гипоксии и гиперкапнии / Н.А. Агаджанян. – М.: ГЭОТАР-Media, 2021. – 304 с.
4. Меерсон, Ф.З. Адаптация, стресс и профилактика / Ф.З. Меерсон. – М.: Наука, 2020. – 312 с.
5. Ward, Milledge and West's high altitude medicine and physiology / A.M. Luks, P.N. Ainslie, J.S. Lawley [et al.] // Boca Raton, FL: CRC Press. – 2020. DOI: 10.1201/9780429444333.
6. Panza, G.S. Intermittent hypoxia: A call for harmonization in terminology / G.S. Panza, J. Burtscher, F. Zhao // Journal of Applied Physiology. – 2023. – Vol. 135. – No. 4. – P. 886-890. DOI: 10.1152/japplphysiol.00458.2023.
7. Mechanisms underlying the health benefits of intermittent hypoxia conditioning / J. Burtscher, T. Citherlet, A. Camacho-Cardenosa Wheatley [et al.] // The Journal of Physiology. – Vol. 602. – No. 21. – P. 5757-5783. DOI: 10.1113/JP285230.
8. Tremblay, J.C. Global and country-level estimates of human population at high altitude / J.C. Tremblay, P.N. Ainslie // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 2021. – Vol. 118. – No. 18. – P. e2102463118. DOI: 10.1073/pnas.2102463118.
9. Storz, J.F. Phenotypic plasticity, genetic assimilation, and genetic compensation in hypoxia adaptation of high-altitude vertebrates / J.F. Storz, G.R. Scott // Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology. – 2021. – Vol. 253. – P. 110865. DOI: 10.1016/j.cbpa.2020.110865.
10. Hypoxia enhances anti-fibrotic properties of extracellular vesicles derived from hiPSCs via the miR302b-3p/TGFβ/SMAD2 axis / M. Paw, A.A. Kusiak, K. Nit [et al.] // BMC Medicine. – 2023. – Vol. 21. – P. 412. DOI: 10.1186/s12916-023-03117-w.
11. Semenza, G.L. Oxygen sensing, hypoxia-inducible factors, and disease pathophysiology / G.L. Semenza // Annual Review of Pathology: Mechanisms of Disease. – 2014. – Vol. 9. – P. 47-71. DOI: 10.1146/annurev-pathol-012513-104720.

REFERENCES

1. Ragozin O.N., Muthelo L. et al. Circannual variations in partial oxygen density depending on solar activity level and climatic zone. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*, 2025, vol. 32, no. 1, pp. 32-41. DOI: 10.17816/humeco64866. (in Russ.)
2. Mikhalishchina A.S., Zagajnyj E.D., Vasina Ya.V., Glazachev O.S. Effect of single interval hypoxic

stimulation on cognitive functions of healthy volunteers. *Psychophysiology news*, 2023, no. 4, pp. 86-95. DOI: 10.34985/d2699-5404-1619-b. (in Russ.)
3. Agadzhanyan N.A. Human adaptation to hypoxia and hypercapnia. Moscow: GEOTAR-Media, 2021. 304 p. (in Russ.)
4. Meerson F.Z. Adaptation, stress and prevention. Moscow: Nauka, 2020. 312 p. (in Russ.)
5. Luks A.M., Ainslie P.N., Lawley J.S., Roach R.C., Simonson T.S. Ward, Milledge and West's high altitude medicine and physiology. Boca Raton, FL: CRC Press, 2020. DOI: 10.1201/9780429444333.
6. Panza G.S., Burtscher J., Zhao F. Intermittent hypoxia: A call for harmonization in terminology. *Journal of Applied Physiology*, 2023, vol. 135, no. 4, pp. 886-890. DOI: 10.1152/japplphysiol.00458.2023.
7. Burtscher J., Citherlet T., Camacho-Cardenosa A. et al. Mechanisms underlying the health benefits of intermittent hypoxia conditioning. *The Journal of Physiology*, vol. 602, no. 21, pp. 5757-5783. DOI: 10.1113/JP285230.
8. Tremblay J.C., Ainslie P.N. Global and country-level estimates of human population at high altitude. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2021, vol. 118, no. 18, p. e2102463118. DOI: 10.1073/pnas.2102463118.
9. Storz J.F., Scott G.R. Phenotypic plasticity, genetic assimilation, and genetic compensation in hypoxia adaptation of high-altitude vertebrates. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 2021, vol. 253, pp. 110865. DOI: 10.1016/j.cbpa.2020.110865.
10. Paw M., Kusiak A.A., Nit K. et al. Hypoxia enhances anti-fibrotic properties of extracellular vesicles derived from hiPSCs via the miR302b-3p/TGFβ/SMAD2 axis. *BMC Medicine*, 2023, vol. 21, p. 412. DOI: 10.1186/s12916-023-03117-w.
11. Semenza G.L. Oxygen sensing, hypoxia-inducible factors, and disease pathophysiology. *Annual Review of Pathology: Mechanisms of Disease*, 2014, vol. 9, pp. 47-71. DOI: 10.1146/annurev-pathol-012513-104720.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Асият Гисаевна Шокуева – старший преподаватель кафедры нормальной и патологической физиологии человека Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова, Нальчик, e-mail: schokueva@yandex.ru.
Ирина Хасанбиевна Борукаева – доктор медицинских наук, заведующий кафедрой нормальной и патологической физиологии человека Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова, Нальчик, e-mail: irborukaeva@yandex.ru.
Фатима Валерьевна Шаваева – кандидат биологических наук, доцент кафедры нормальной и патологической физиологии человека Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова, Нальчик, e-mail: shavaevafv@mail.ru.
Анзор Аскербиевич Молов – кандидат биологических наук, доцент кафедры нормальной и патологической физиологии человека Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова, Нальчик, e-mail: anzormolov71@gmail.com.
Таужан Хачимовна Агнокова – кандидат медицинских наук, доцент института стоматологии и челюстно-лицевой хирургии Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова, Нальчик, e-mail: agnokova-t@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Asiyat G. Shokueva – Senior Lecturer of the Department of Normal and Pathological Human Physiology, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: schokueva@yandex.ru.
Irina Kh. Borukaeva – Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Normal and Pathological Human Physiology, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: irborukaeva@yandex.ru.
Fatima V. Shavaeva – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Normal and Pathological Human Physiology, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: shavaevafv@mail.ru.
Anzor A. Molov – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Normal and Pathological Human Physiology, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: anzormolov71@gmail.com.
Tauzhan Kh. Agnokova – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: agnokova-t@mail.ru.

Для цитирования: Адаптационные перестройки кислородного статуса и функциональных резервов у студентов различных климатогеографических групп при нормобарической интервальной гипокситерапии / А.Г. Шокуева, И.Х. Борукаева, Ф.В. Шаваева [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_17

For citation: Shokueva A.G., Borukaeva I.Kh., Shavaeva F.V., Molov A.A., Agnokova T.Kh. Adaptive changes in oxygen status and functional reserves in students from different climatic-geographical groups following a course of normobaric intermittent hypoxia. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_17

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_18
УДК 612.821.6

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_18
UDC 612.821.6

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОСРЕДСТВОМ АЛЬФА-СТИМУЛИРУЮЩЕГО ТРЕНИНГА У СПОРТСМЕНОВ ПРИЦЕЛЬНЫХ И ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА

М.Ф. Емельянова
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ», г. Новосибирск, Россия

Аннотация. ***Введение.*** В современном спорте высших достижений эмоциональная устойчивость становится ключевым фактором, определяющим надежность и результативность соревновательной деятельности. Поиск эффективных методов формирования этого качества остается актуальной задачей спортивной науки. ***Методы.*** В двухлетнем экспериментальном исследовании приняли участие 48 спортсменов высокой квалификации, представляющих пулевую стрельбу и академическую греблю. ***Результаты.*** У спортсменов основной группы зафиксировано достоверное снижение показателей ситуативной и личностной тревожности. ***Заключение.*** Нейрофизиологический механизм формирования эмоциональной устойчивости в ходе альфа-стимулирующего тренинга заключается в функциональной реорганизации корково-подкорковых отношений и усилении нисходящего тормозного контроля со стороны префронтальной коры над лимбическими структурами, генерирующими тревогу.
Ключевые слова: эмоциональная устойчивость, нейрофизиологические механизмы, спортсмены, биологическая обратная связь, нейробиоуправление, альфа-ритм, электроэнцефалография, саморегуляция, стрессоустойчивость.

A STUDY OF NEUROPHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF EMOTIONAL STABILITY DEVELOPMENT IN SHOOTING AND CYCLIC SPORTS ATHLETES USING ALPHA-STIM TRAINING

M.F. Emelyanova
Novosibirsk State University of Economics and Management, Novosibirsk, Russia

Abstract. ***Introduction.*** In modern elite sport, emotional stability is becoming a key factor determining the reliability and effectiveness of competitive activity. The search for effective methods for developing this quality remains a pressing issue in sports science. ***Methods.*** A two-year experimental study involved 48 highly qualified athletes representing shooting and rowing. ***Results.*** The study group athletes have demonstrated a significant decrease in state and trait anxiety. ***Conclusion.*** The neurophysiological mechanism for the emotional stability development during alpha-stim training involves the functional rearrangement of cortical-subcortical relationships and the strengthening of descending inhibitory control by the prefrontal cortex over limbic structures that generate anxiety.
Keywords: emotional stability, neurophysiological mechanisms, athletes, biofeedback, neurofeedback, alpha wave, electroencephalography, self-regulation, stress resistance.

Введение. Современный спорт характеризуется не только запредельными физическими нагрузками, но и колоссальным психоэмоциональным напряжением [1]. В условиях жесткой конкуренции, когда уровень физической и технической подготовки спортсменов выравнивается, именно способность сохранять контроль над своими эмоциями, противостоять стрессу и мобилизовать резервы в ответственный момент становится определяющим фактором победы [2]. Проблема эмоциональной устойчивости, понимаемой как интегративная характеристика психики, позволяющая успешно достигать поставленной цели в сложной, аффектогенной обстановке,

выходит на первый план в спортивной науке [3]. Срыв эмоциональной регуляции ведет к состоянию психической дезадаптации, росту тревожности, снижению эффективности принятия решений и, как следствие, к проигрышу «на ровном месте» [4]. Традиционные методы психологической подготовки, такие как вербальные внушения или аутогенная тренировка, зачастую оказываются недостаточно эффективными из-за их субъективности и невозможности оперативного контроля за состоянием спортсмена в реальном времени.

В этой связи особый интерес представляет метод биологической обратной связи (далее – БОС), позволяющий человеку наблюдать за параметрами собственной физиологической активности и обучаться произвольному контролю над ними. Нейробиоуправление (нейрофидбек) является разновидностью БОС, где объектом коррекции выступают ритмы электрической активности головного мозга [5]. Среди множества ритмов особое место занимает альфа-диапазон (8-13 Гц), который традиционно ассоциируется с состоянием спокойного бодрствования, релаксации и, что наиболее важно для спорта, с процессами внутреннего торможения, фильтрации сенсорной информации и снижения влияния кортико-либидных структур, ответственных за тревогу [6]. Модуляция альфа-ритма, то есть умение усиливать или ослаблять его амплитуду по произвольному запросу, рассматривается как ключевой нейрофизиологический механизм саморегуляции [7].

Несмотря на очевидную перспективность использования нейрофидбека в спорте остается множество дискуссионных вопросов, касающихся конкретных механизмов воздействия тренинга альфа-ритма на структуры головного мозга, ответственные за формирование эмоций [8]. Требуется уточнение того, как именно изменение корковой ритмики влияет на глубинные лимбические структуры (миндалевидное тело, гиппокамп) [9], и какие отделы коры играют ведущую роль в формировании устойчивости к стрессу в процессе обучения саморегуляции [10]. Настоящее исследование направлено на углубление теоретических представлений о нейродинамических перестройках, происходящих в центральной нервной системе спортсменов в ходе целенаправленной модуляции альфа-активности.

Целью данной работы явились исследование нейрофизиологических механизмов формирования эмоциональной устойчивости у спортсменов-стрелков и представителей циклических видов спорта в процессе курса нейробиоуправления, ориентированного на увеличение мощности альфа-ритма, а также оценка эффективности данного метода для оптимизации предстартовых состояний.

Методы и организация исследования. Исследование проводилось на базе научно-исследовательской лаборатории спортивной физиологии в течение двух лет. В эксперименте приняли участие 48 спортсменов высокой квалификации (кандидаты в мастера спорта и мастера спорта) в возрасте от 18 до 25 лет, специализирующихся в пулевой стрельбе (n=24) и академической гребле (n=24). Выбор данных специализаций обусловлен высокой значимостью эмоционального контроля: в стрельбе требуются статическая выдержка и подавление тремора, возникающего на фоне волнения; в гребле на первый план выходят устойчивость к монотонии и мобилизация в условиях нарастающего утомления. Все участники были разделены на основную (ОГ, n=24) и контрольную (КГ, n=24) группы, уравновешенные по виду спорта, возрасту и исходному уровню тревожности.

На предварительном этапе всем спортсменам проводилось комплексное психофизиологическое тестирование. Оценка эмоциональной устойчивости и личностной тревожности осуществлялась с помощью опросников Спилбергера-Ханина (STAI), методики «САН» (самочувствие, активность, настроение) и теста Люшера. Для верификации нейрофизиологических изменений регистрировалась электроэнцефалограмма (ЭЭГ) в состоянии покоя (фон) и при моделировании стрессовой ситуации (выполнение корректурной пробы в условиях дефицита времени и с помехами). Анализировались показатели спектральной мощности альфа-, бета- и тета-ритмов в лобных,

центральных, височных и затылочных отведениях по системе 10-20%.

Процедура нейробиоуправления проводилась с использованием программно-аппаратного комплекса «БОСЛАБ». Спортсмены основной группы прошли 15 сеансов нейрофидбека продолжительностью 30 минут каждый с периодичностью 3 раза в неделю. Использовался протокол поощрения альфа-ритма. Электроды устанавливались в монополярном отведении (активный электрод – на центрально-теменную область Cz или Pz, референтные – на мочки ушей). Суть тренинга заключалась в том, что при увеличении амплитуды альфа-ритма выше индивидуального порогового значения спортсмен получал положительное подкрепление в виде аудиосигнала или успешного выполнения игровой задачи на экране монитора. Перед спортсменами ставилась задача научиться сознательно удерживать «звук» или «изображение» во включенном состоянии, что субъективно воспринималось ими как достижение состояния «внутреннего спокойствия» и «отрешенности от помех». Контрольная группа в это время занималась по стандартной программе психологической подготовки, включающей дыхательные упражнения и аутогенную тренировку, но без использования аппаратных методов.

Успешность тренинга оценивалась по двум параметрам:

- средний процент времени удержания альфа-ритма выше порогового значения в течение сессии (критическим значением успешности считалось устойчивое удержание в течение более 40% времени сессии, что коррелировало с началом значимых нейрофизиологических сдвигов после 5-6 занятия);
- динамика прироста абсолютной мощности альфа-ритма в лобных (F3, Fz, F4) отведениях от первой к последней сессии, выраженная в процентах от исходного уровня.

По окончании курса (через 5-6 недель) и через месяц после его завершения (отсроченный контроль) были проведены повторное тестирование психологических показателей и регистрация ЭЭГ в тех же условиях, что и в начале.

Первичный анализ данных на предмет соответствия закону нормального распределения проводился с использованием критерия Шапиро-Уилка (ввиду малочисленности выборки). В связи с тем, что для показателей психологического тестирования (опросники Спилбергера-Ханина, САН) распределение в группах значимо отличалось от нормального ($p<0,05$), для дальнейшего сравнения результатов использовались непараметрические методы: U-критерий Манна-Уитни для межгрупповых сравнений и Т-критерий Вилкоксона для связанных выборок при оценке динамики внутри групп. Показатели спектральной мощности ЭЭГ, напротив, имели нормальное распределение, что позволило применить для их анализа параметрический t-критерий Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение. Анализ результатов показал, что курс нейробиоуправления, направленный на повышение мощности альфа-ритма, оказал статистически значимое влияние на психоэмоциональное состояние спортсменов основной группы. Так, у участников ОГ зафиксировано достоверное снижение показателей ситуативной тревожности (STAI-State) с 46,2±3,1 до 31,8±2,8 балла ($p<0,01$), в то время как в КГ динамика была выражена слабее (с 45,7±3,4 до 40,1±3,0 балла, $p<0,05$).

Достоверность различий внутри группы (ОГ или КГ) при сравнении показателей после эксперимента с исходными данными: $p_{1-2}<0,001$ для показателя ситуативной тревожности в ОГ; $p_{1-2}<0,01$ для показателя личностной тревожности в ОГ; $p_{1-2}<0,05$ для показателя ситуативной тревожности в КГ. Достоверность различий внутри группы при сравнении отсроченных результатов с исходными данными: $p_{1-3}<0,01$ для показателя ситуативной тревожности в ОГ; $p_{1-3}<0,05$ для показателя личностной тревожности в ОГ. Достоверность различий между группами (ОГ и КГ) на этапе после эксперимента: $p_{(ОГ-КГ)2}<0,05$ для показателей ситуативной и личностной тревожности. Достоверность различий между группами на этапе отсроченного контроля: $p_{(ОГ-КГ)3}<0,05$ для показателей ситуативной и личностной тревожности.

Таблица 1

Динамика показателей ситуативной и личностной тревожности у спортсменов основной (ОГ) и контрольной групп (КГ), M±σ

Показатель	Группа	До эксперимента (1)	После эксперимента (2)	Через месяц (3)
Ситуативная тревожность (STAI-State), баллы	ЭГ	46,2±3,1	31,8±2,8	34,5±3,0
	КГ	45,7±3,4	40,1±3,0	42,3±3,2
Личностная тревожность (STAI-Trait), баллы	ЭГ	48,5±3,6	38,2±3,1	39,8±3,3
	КГ	47,9±3,5	44,6±3,4	45,7±3,6

Показатели личностной тревожности (STAI-Trait) в ОГ также снизились, что свидетельствует о формировании устойчивой черты личности – способности противостоять стрессу. По данным опросника САН, в основной группе отмечено улучшение показателей «настроение» и «самочувствие» при сохранении высокой «активности», тогда как в контрольной группе иногда наблюдалось снижение активности на фоне нормализации настроения, что указывает на возможный седативный нежелательный перед стартом эффект классических техник релаксации.

Ключевые результаты были получены при анализе динамики ЭЭГ. У спортсменов ОГ в процессе тренинга наблюдалось прогрессивное увеличение абсолютной и относительной мощностей альфа-ритма. Если в начале курса выраженное увеличение альфа-активности наблюдалось преимущественно в затылочных отведениях (O1, O2), что типично для состояния спокойного бодрствования с закрытыми глазами, то к концу тренинга статистически значимый прирост амплитуды альфа-ритма регистрировался в центральных (C3, Cz, C4) и лобных (F3, Fz, F4) областях коры ($p<0,05$). Количественные показатели изменения спектральной мощности альфа-ритма в различных корковых зонах представлены в таблице 2. Статистически значимый прирост мощности (по сравнению с исходным уровнем) начинал фиксироваться после 5-6-ой сессии и прогрессивно нарастал к 15-ой ($p<0,05$ для центральных и лобных областей по критерию Вилкоксона).

Явление, известное как «фронтализация» альфа-ритма, имеет важное функциональное значение [11]. Лобные доли являются морфологическим субстратом высших психических функций, произвольного контроля и эмоциональной регуляции. Усиление альфа-ритма в префронтальной коре, по-видимому, отражает процессы активного торможения нерелевантной афферентации и подавления избыточной активности лимбической системы [12]. Таким образом, именно через усиление альфа-диапазона в лобных отведениях реализуется механизм «нисходящего контроля», когда кора головного мозга сознательно модулирует активность подкорковых центров страха и тревоги (миндалевидное тело).

Таблица 2

Динамика абсолютной спектральной мощности альфа-ритма в различных областях коры головного мозга у спортсменов основной группы, M±σ, мкВ²/Гц

Область регистрации (отведение)	Фон, до тренинга (1)	После курса (2)	Через месяц после курса (3)	$P_{1-2}<$	$P_{1-3}<$
Затылочная область (O1, O2)	52,4±4,1	62,1±5,2	58,9±4,8	0,05	0,05
Центральная область (C3, Cz, C4)	36,8±3,5	47,6±6,1	44,8±5,5	0,01	0,05
Лобная область (F3, Fz, F4)	31,2±3,0	42,2±6,8	39,5±5,9	0,001	0,01

Интересной представляется динамика в правом и левом полушариях. В ходе тренинга у большинства спортсменов ОГ наблюдалось сглаживание межполушарной асимметрии альфа-ритма во фронтальных областях. Известно, что правополушарная активация (снижение альфа) часто связывается с негативными эмоциями, а левополушарная – с позитивным аффектом [13]. Достижение баланса (симметрии) альфа-ритма в лобных долях коррелировало с субъективными отчетами спортсменов о

появлении ощущения «эмоционального равновесия».

Корреляционный анализ подтвердил связь между успешностью тренинга (способностью произвольно повышать альфа-ритм) и улучшением показателей эмоциональной устойчивости. Спортсмены, демонстрировавшие наибольший прирост альфа-мощности в лобных долях (более 25% от фона), показали наилучшие результаты в моделируемых стресс-тестах после окончания курса: у них было меньше ошибок при выполнении корректурной пробы с помехами, а вариабельность сердечного ритма (анализировалась параллельно с ЭЭГ) указывала на оптимальный вегетативный баланс (преобладание парасимпатической регуляции без признаков заторможенности).

Отсроченное тестирование через месяц показало, что эффект от курса нейробиоуправления сохраняется, хотя и несколько снижается. Это указывает на необходимость поддерживающих сеансов или закрепления навыка в реальной тренировочной деятельности. Участники КГ не продемонстрировали устойчивых нейрофизиологических изменений в лобных отведениях, а их психологические улучшения носили ситуативный характер.

Отсутствие устойчивых нейрофизиологических изменений в лобных отведениях у спортсменов контрольной группы и ситуативный характер их психологических улучшений означает, что применяемые в контрольной группе методы психологической подготовки не затронули глубинные механизмы регуляции активности головного мозга, ответственные за эмоциональный контроль [14].

Если рассматривать это положение более детально, то нейрофизиологические изменения в лобных отведениях, а именно устойчивый прирост мощности альфа-ритма в префронтальной коре, являются маркером сформированности нового функционального состояния, при котором кора головного мозга обретает способность эффективно подавлять избыточную активность подкорковых структур, генерирующих тревогу и страх [15]. Отсутствие таких изменений у контрольной группы говорит о том, что традиционные методы работы, такие как аутогенная тренировка, дыхательные упражнения и вербальные внушения, не привели к функциональной перестройке корково-подкорковых отношений [16]. Это объясняется тем, что классические техники релаксации преимущественно воздействуют на вегетативную нервную систему через периферические механизмы, снижая мышечный тонус и частоту сердечных сокращений, но не задействуют напрямую корковые структуры, ответственные за произвольную регуляцию эмоций [17]. Для формирования устойчивого навыка саморегуляции необходимо активное вовлечение префронтальной коры в процесс обучения, что достигается только при условии предоставления мозгу оперативной обратной связи о его собственной электрической активности [18]. Без такой обратной связи, как отмечают исследователи в области нейрофизиологии спорта, изменения носят временный характер и легко нивелируются при воздействии сильных стрессогенных факторов [19].

Мозг спортсменов из КГ не обучился новому паттерну работы, не сформировал устойчивые нейронные связи, позволяющие быстро и произвольно входить в состояние оперативного покоя. Их ЭЭГ после окончания эксперимента по своей топографии и амплитудным характеристикам альфа-ритма принципиально не отличалась от исходной.

Ситуативный характер психологических улучшений, наблюдавшихся у КГ, напрямую вытекает из отсутствия нейрофизиологической базы. Участники КГ могли демонстрировать некоторое снижение тревожности сразу после сеанса релаксации или беседы с психологом. Это состояние было следствием временного успокоения, внушения или отвлечения, но оно не подкреплялось изменением работы мозга. Как только спортсмены попадали в реальную стрессовую ситуацию соревнований или моделируемую среду с высоким уровнем помех, старые паттерны реагирования, закрепленные на нейронном уровне, активировались вновь. Эмоциональная устойчивость не становилась чертой личности, а оставалась временным состоянием, зависимым от внешних обстоятельств

и наличия поддерживающих факторов. Эффект от применявшихся методов был недолговременным и требовал постоянного внешнего подкрепления, тогда как у ЭГ навык саморегуляции стал внутренним достоянием, закрепленным на уровне функционирования лобных долей.

Таким образом, нейрофизиологический механизм формирования эмоциональной устойчивости в ходе альфа-стимулирующего тренинга заключается не просто в общем успокоении, а в функциональной реорганизации корково-подкорковых отношений. Обучение произвольному контролю над альфа-ритмом приводит к тому, что спортсмен приобретает навык быстрого вхождения в состояние «оперативного покоя», характеризующееся снижением чувствительности к отвлекающим эмоциогенным стимулам за счет повышения синхронизирующих влияний на кору со стороны неспецифических ядер таламуса и активного торможения лимбических структур со стороны префронтальной коры.

Заключение. Проведенное исследование подтверждает высокую эффективность использования БОС, основанной на модуляции альфа-ритма, для целенаправленного формирования эмоциональной устойчивости у спортсменов. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что нейрофидбек является не просто методом релаксации, а инструментом активного обучения саморегуляции, приводящим к устойчивым нейропластическим изменениям в структурах мозга, ответственных за эмоциональный контроль.

Ключевым механизмом повышения стрессоустойчивости выступает «фронтализация» альфа-ритма – обучение способности усиливать альфа-активность в лобных отведениях коры больших полушарий. Это обеспечивает формирование у спортсмена навыка сознательного подавления тревожных реакций на корковом уровне, оптимизацию межполушарного взаимодействия и создание функционального состояния, позволяющего реализовывать двигательные навыки с максимальной эффективностью в условиях соревновательного стресса [20].

Практическая значимость работы заключается в обосновании включения курсов альфа-стимулирующего тренинга в систему психологического сопровождения подготовки спортсменов, особенно в видах спорта, предъявляющих повышенные требования к устойчивости внимания и эмоциональной регуляции. Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку индивидуализированных протоколов нейрофидбека, учитывающих исходный паттерн ЭЭГ спортсмена, а также на изучение комбинированного влияния нейробиоуправления и физических нагрузок на долговременную адаптацию организма к экстремальным условиям деятельности.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Емельянова, М.Ф. Развитие стрессоустойчивости у спортсменов при помощи метода биологической обратной связи. «Биология. Медицина. Психология» : материалы 61-й Международной научной студенческой конференции (Новосибирск, 17-23 апреля 2024 года). – Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2023. – С. 273-274.
2. Немков, Н.С. Психоэмоциональная устойчивость спортсменов. «Наука и образование в современном вузе: вектор развития» : сборник материалов научно-практической конференции. – Шуя: Шуйский филиал ИвГУ, 2022. – С. 207-208.
3. Авдалян, Т.А. Влияние стресса на когнитивные способности спортсменов с разным типом нервной системы. «Курсантские исследования» : сборник научных работ. – Могилев, 2022. – С. 170-173.
4. Кормилец, В.С. Уровень мощности спектра альфа-ритма в сессию тренинга у спортсменов высокой квалификации с эгалитарным типом модуляции ритма сердца с различной успешностью сеансов нейробиоуправления / В.С. Кормилец, С.И. Еремеев, О.В. Еремеева // Современные вопросы биомедицины. – 2023. – Т. 7. – № 1(22). – С. 17-18. DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_01_27.
5. Effects of heart rate variability biofeedback on EEG alpha asymmetry and anxiety symptoms in male athletes: A pilot study / I. Dziembowska, P. Izdebski, A. Rasmus [et al.] // Applied psychophysiology and biofeedback. – 2016. – Vol. 41. – No. 2. – P. 141-150. DOI: 10.1007/s10484-015-9319-4.

6. Integrated use of biofeedback and neurofeedback techniques in treating pathological conditions and improving performance: A narrative review / B. Tosti, S. Corrado, S. Mancone [et al.] // Frontiers in Neuroscience. – 2024. – Vol. 18. – P. 1358481. DOI: 10.3389/fnins.2024.1358481.
7. Alpha-EEG/EMG neurofeedback combined with binaural beats stimulation: A randomized placebo-controlled within-subject cross over study / O.M. Bazanova, A. Zakharov, E. Ozonov, R.J. Barry // International Journal of Psychophysiology. – 2026. – No. 222. – P. 113337. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2026.113337.
8. The influence of an alpha band neurofeedback training in heart rate variability in athletes / C. Domingos, C. Marques da Silva, A. Antunes [et al.] // International journal of environmental research and public health. – 2021. – Vol. 18. – No. 23. – P. 12579. DOI: 10.3390/ijerph182312579.
9. Abdulkhaevna, A.Z. Neurobiofeedback in sports medicine: enhancing and correcting adaptation capabilities of combat sports athletes' neuropsychological status / A.Z. Abdulkhaevna, R.G. Sattarovna, S.A. Abdujamilevich // Medical journal of Uzbekistan. – 2025. – P. 303-316.
10. Domingos, C. Eeg Neurofeedback in Active Athlete Students: A Methodological Approach / C. Domingos. – Portugal: Universidade de Lisboa, 2020. – P. 28-70.
11. Age effects on visual EEG responses reveal distinct frontal alpha networks / V. Kolev, J. Yordanova, C. Basar-Eroglu, E. Basar // Clinical Neurophysiology. – 2002. – Vol. 113. – No. 6. – P. 901-910. DOI: 10.1016/s1388-2457(02)00106-2.
12. Resting EEG measures of brain arousal in a multisite study of major depression / C. Ulke, C.E. Tenke, J. Kayse [et al.] // Clinical EEG and neuroscience. – 2019. – Vol. 50. – No. 1. – P. 3-12. DOI: 10.1177/1550059418795578.
13. From investigation to intervention: Biofeedback and neurofeedback biomarkers in sport / M. Balconi, F. Pala, D. Crivelli, V. Milone // Handbook of sport neuroscience and psychophysiology. – Routledge, 2018. – P. 151-168.
14. Chronic neurophysiological effects of repeated head trauma in retired Australian male sport athletes / A.J. Pearce, D.J. Kidgell, M.A. Tommerdahl [et al.] // Frontiers in neurology. – 2021. – Vol. 12. – P. 633320. DOI: 10.3389/fneur.2021.633320.
15. Neurocognitive and neuromuscular rehabilitation techniques after ACL injury-Part 2: maximizing performance in the advanced return to sport phase / Z.M. Thomas, L. Lupowitz, M. Ivey, K.E. Wilk // International Journal of Sports Physical Therapy. – 2024. – Vol. 19. – No. 12. – P. 1629. DOI: 10.26603/001c.126270.
16. Brain vital signs in elite ice hockey: towards characterizing objective and specific neurophysiological reference values for concussion management / F.R. Carrick, G. Pagnacco, S.F. Azzolino [et al.] // Frontiers in neuroscience. – 2021. – Vol. 15. – P. 670563. DOI: 10.3389/fnins.2021.670563.
17. EEG-Based Neurofeedback in Athletes and Non-Athletes: A Scoping Review of Outcomes and Methodologies / R.M.G. Zacarias, D.T. Bulathwatta, I. Bidzan-Bluma [et al.] // Bioengineering. – 2025. – Vol. 12. – No. 11. – P. 1202. DOI: 10.3390/bioengineering12111202.
18. Ткачук, М.Г. Исследование и оценка морфологических и нейрофизиологических особенностей у юных спортсменов игровых видов спорта / М.Г. Ткачук, И.С. Краснорудская // Естественно-научное знание сегодня: новые оценки новой эпохи: монография. – Петрозаводск, 2020. – С. 108-128.
19. Fuentes-García, J.P. Psychophysiological and dual-task effects of biofeedback and neurofeedback interventions in airforce pilots: a pilot study / J.P. Fuentes-García, J.L. Leon-Llamas, S. Villafaina // Sensors. – 2025. – Vol. 25. – No. 8. – P. 2580. DOI: 10.3390/s25082580.
20. Mirifar, A. Neurofeedback and neural self-regulation: a new perspective based on allostasis / A. Mirifar, A. Keil, F. Ehrlenspiel // Reviews in the Neurosciences. – 2022. – Vol. 33. – No. 6. – P. 607-629. DOI: 10.1515/revneuro-2021-0133.

REFERENCES

1. Emelyanova M.F. Developing stress resistance in athletes using biofeedback. Biology. Medicine. Psychology. Proceedings of the 61st International Scientific Student Conference. Novosibirsk: Publishing center of the Novosibirsk State University, 2023. pp. 273-274. (in Russ.)
2. Nemkov N.S. Psychoemotional resilience of athletes. In: Science and Education in a Modern University: Development Vector. A Collection of Materials from a Scientific and Practical Conference. Shuya: Shuya branch of the Ivanovsk State University, 2022. pp. 207-208. (in Russ.)
3. Avdalyan T.A. The impact of stress on the cognitive abilities of athletes with different nervous system types. In: Cadet Research. A Collection of Scientific Papers. Mogilev, 2022. pp. 170-173. (in Russ.)
4. Kormilets V.S., Eremeev S.I., Eremeeva O.V. The power level of the alpha rhythm spectrum in a training session for elite athletes with an egalitarian type of heart rate modulation with varying success rates of neurobiofeedback. *Modern Issues of Biomedicine*, 2023, vol. 7, no. 1 (22), pp. 17-18. (in Russ.)
5. Dziembowska I., Izdebski P., Rasmus A. et al. Effects of heart rate variability biofeedback on EEG alpha asymmetry and anxiety symptoms in male athletes: A pilot study. *Applied psychophysiology*

and biofeedback, 2016, vol. 41, no. 2, pp. 141-150. DOI: 10.1007/s10484-015-9319-4.
6. Tosti B., Corrado S., Mancone S. Integrated use of biofeedback and neurofeedback techniques in treating pathological conditions and improving performance: A narrative review. *Frontiers in Neuroscience*, 2024, vol. 18, p. 1358481. DOI: 10.3389/fnins.2024.1358481.
7. Bazanova O.M., Zakharov A., Ozonov E., Barry R.J. Alpha-EEG/EMG neurofeedback combined with binaural beats stimulation: A randomized placebo-controlled within-subject cross over study. *International Journal of Psychophysiology*, 2026, no. 222, p. 113337. DOI: 10.1016/j.ijpsycho. 2026.113337.
8. Domingos C., Silva C.M.D., Antunes A. et al. The influence of an alpha band neurofeedback training in heart rate variability in athletes. *International journal of environmental research and public health*, 2021, vol. 18, no. 23, p. 12579. DOI: 10.3390/ijerph182312579.
9. Abdulkhaevna A.Z., Sattarovna R.G., Abdujamilevich S.A. Neurobiofeedback in sports medicine: enhancing and correcting adaptation capabilities of combat sports athletes' neuropsychological status. *Medical journal of Uzbekistan*, 2025, no. 1, pp. 303-316.
10. Domingos C. EEG Neurofeedback in Active Athlete Students: A Methodological Approach: an author's dissertation Portugal: Universidade de Lisboa, 2020. pp 28-70.
11. Kolev V., Yordanova J., Basar-Eroglu C., Basar E. Age effects on visual EEG responses reveal distinct frontal alpha networks. *Clinical Neurophysiology*, 2002, vol. 113, no. 6, pp. 901-910. DOI: 10.1016/s1388-2457(02)00106-2.
12. Ulke C., Tenke C.E., Kayser J. et al. Resting EEG measures of brain arousal in a multisite study of major depression. *Clinical EEG and neuroscience*, 2019, vol. 50, no. 1, pp. 3-12. DOI: 10.1177/1550059418795578.
13. Balconi M., Pala F., Crivelli D., Milone V. From investigation to intervention: Biofeedback and neurofeedback biomarkers in sport. In: Handbook of sport neuroscience and psychophysiology. Routledge, 2018. pp. 151-168.
14. Pearce A.J., Kidgell D.J., Tommerdahl M.A. et al. Chronic neurophysiological effects of repeated head trauma in retired Australian male sport athletes. *Frontiers in neurology*, 2021, vol. 12, p. 633320. DOI: 10.3389/fneur.2021.633320.
15. Thomas Z.M., Lupowitz L., Ivey M., Wilk K.E. Neurocognitive and neuromuscular rehabilitation techniques after ACL injury-Part 2: maximizing performance in the advanced return to sport phase. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 2024, vol. 19, no. 12, p. 1629. DOI: 10.26603/001c.126270.
16. Carrick F.R., Pagnacco G., Azzolino S.F. et al. Brain vital signs in elite ice hockey: towards characterizing objective and specific neurophysiological reference values for concussion management. *Frontiers in neuroscience*, 2021, vol. 15, p. 670563. DOI: 10.3389/fnins.2021.670563.
17. Zacarias R.M.G., Bulathwatta D.T., Bidzan-Bluma I., de Jesus S.N., Correia J.M. EEG-Based Neurofeedback in Athletes and Non-Athletes: A Scoping Review of Outcomes and Methodologies. *Bioengineering*, 2025, vol. 12, no. 11, p. 1202. DOI: 10.3390/bioengineering12111202.
18. Tkachuk M.G., Krasnorutskaya I.S. The study and evaluation of the morphological and physiological characteristics of young athletes playing sports. In: Natural scientific knowledge today: new assessments of the new era: a monograph. Petrozavodsk, 2020. pp. 108-128. (in Russ.)
19. Fuentes-García J.P., Leon-Llamas J.L., Villafaina S. Psychophysiological and dual-task effects of biofeedback and neurofeedback interventions in airforce pilots: a pilot study. *Sensors*, 2025, vol. 25, no. 8, p. 2580. DOI: 10.3390/s25082580.
20. Mirifar A., Keil A., Ehrlenspiel F. Neurofeedback and neural self-regulation: a new perspective based on allostasis. *Reviews in the Neurosciences*, 2022, vol. 33, no. 6, pp. 607-629. DOI: 10.1515/revneuro-2021-0133.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:
Маргарита Федоровна Емельянова – аспирант, Новосибирский государственный университет экономики и управления, Новосибирск, e-mail: m.f.emelyanova@edu.nsuem.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR:
Margarita F. Emelyanova – Postgraduate Student, Novosibirsk State University of Economics and Management, Novosibirsk, e-mail: m.f.emelyanova@edu.nsuem.ru.

Для цитирования: Емельянова, М.Ф. Исследование нейрофизиологических механизмов формирования эмоциональной устойчивости посредством альфа-стимулирующего тренинга у спортсменов прицельных и циклических видов спорта / М.Ф. Емельянова // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_18

For citation: Emelyanova M.F. A study of neurophysiological mechanisms of emotional stability development in shooting and cyclic sports athletes using alpha-stim training. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_18

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_19
УДК 616-08:159.9

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_19
UDC 616-08:159.9

МЕТОДЫ САМОКОРРЕКЦИИ ПСИХОФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ ПСИХОСОМАТИЧЕСКИХ РАССТРОЙСТВ У СПЕЦИАЛИСТОВ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПРОФЕССИЙ

С.М. Разинкин[1], Г.Г. Ерофеев[2], А.А. Косенков[1], Д.А. Андреев[1], М.Ю. Баландин[1]
[1]Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна», г. Москва, Россия
[2]Федеральное государственное казенное учреждение «12 Центральный научно-исследовательский институт» Министерства обороны Российской Федерации, г. Сергиев Посад, Россия

Аннотация. ***Введение.*** В статье представлен систематизированный обзор практических методов самостоятельного повышения потенциала здоровья, применимых для профилактики психосоматических расстройств у специалистов, работающих в экстремальных условиях (военные, спасатели, сотрудники Министерства чрезвычайных ситуаций, вахтовики). ***Методы.*** На основе контент-анализа работ в области авиационной, восстановительной и спортивной медицины, а также психологии, психофизиологии и психотерапии выделены пять групп методов: позитивное самопрограммирование, совершенствование физического здоровья, коррекция психоэмоционального состояния (особенно работа с обидой), повышение интеллектуального потенциала и использование духовных ресурсов. ***Результаты.*** Приведены конкретные примеры из практики (аффирмации, «квадратное дыхание», закаливание по Иванову, прощение, музыкальная терапия, чайная церемония и др.). ***Заключение.*** Показано, что комплексное применение этих техник способствует укреплению здоровья, поддержанию работоспособности и повышению стрессоустойчивости.

Ключевые слова: самокоррекция, психосоматические расстройства, экстремальные условия, стресс, аффирмации, дыхательные практики, прощение, духовные ресурсы, профилактика.

METHODS OF SELF-CORRECTION OF PSYCHOPHYSICAL CONDITION FOR THE PREVENTION OF PSYCHOSOMATIC DISORDERS IN SPECIALISTS OF EXTREME PROFESSIONS

S.M. Razinkin[1], G.G. Erofeev[2], A.A. Kosenkov[1], D.A. Andreev[1], M.Yu. Balandin[1]
[1]State Research Center of the Russian Federation – A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center of the Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia
[2]12th Central Research Institute, Sergiev Posad, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The article presents a systematized review of practical methods for independently increasing health potential, applicable for the prevention of psychosomatic disorders in specialists working in extreme conditions (military, rescuers, employees of the Ministry of Emergency Situations, shift workers). ***Methods.*** According to the content analysis of works in the field of aviation, restorative and sports medicine, as well as psychology, psychophysiology and psychotherapy, five groups of methods have been revealed: positive self-programming, improvement of physical health, correction of mental state (especially work with resentment), increase of intellectual potential and use of spiritual resources. ***Results.*** Specific examples from practice have been given (affirmations, "square breathing", Ivanov's cold training, forgiveness, music therapy, tea ceremony, etc.). ***Conclusion.*** It has been shown that the comprehensive application of these techniques contributes to the improvement of health, maintenance of efficiency and increase of stress resistance.

Keywords: self-correction, psychosomatic disorders, extreme conditions, stress, affirmations, breathing practices, forgiveness, spiritual resources, prevention.

Введение. Проблема сохранения здоровья специалистов, работающих в экстремальных условиях (военные, спасатели, вахтовики, сотрудники Министерства чрезвычайных ситуаций), приобретает особую значимость в современном мире. Наличие хронического стресса, необходимость постоянной готовности к действию и физические перегрузки создают предпосылки для формирования психосоматических расстройств. По определению Всемирной организации здравоохранения, здоровье –

это состояние полного физического, психического и социального благополучия, что подчеркивает комплексный характер факторов, его определяющих [1]. Психосоциальные производственные факторы играют ключевую роль в развитии нарушений здоровья у специалистов стрессогенных профессий [2]. Исследования показывают, что хронический профессиональный стресс является триггером как психических, так и соматических расстройств [3].

Научная новизна настоящей работы заключается в систематизации разнородных методик и представлении интегративной пятикомпонентной модели самокоррекции психофизического состояния, объединяющей методы позитивного самопрограммирования, физической, психоэмоциональной, интеллектуальной и духовной саморегуляции в единую систему профилактики психосоматических расстройств у специалистов экстремальных профессий. В отличие от клинических подходов, предложенные методы ориентированы на самостоятельное применение в полевых и производственных условиях без участия врача или психотерапевта.

Цель настоящей статьи – систематизация и анализ практических методов повышения потенциала здоровья с учетом их значения для профилактики психосоматических нарушений у специалистов экстремальных профессий.

Методы и организация исследования. Материалом для статьи послужили работы в области авиационной и восстановительной медицины [4-7]. Методом исследования явился контент-анализ представленных работ с последующим сопоставлением с современными научными публикациями в области психосоматической медицины [8, 9], стресс-менеджмента [10, 11] и интегративных практик [12, 13]. Нами объединены как общие подходы к укреплению здоровья, так и конкретные техники, опробованные в реальной практике специалистов, работающих в экстремальных условиях.

Результаты исследования и их обсуждение. *Базовые и частные факторы снижения потенциала здоровья.* Потенциал здоровья человека – многогранный ресурс, включающий физические, интеллектуальные, духовные и эмоциональные стороны жизни. В ходе многолетней работы с личным составом нами выявлено, что его снижение обусловлено пятью базовыми факторами: ухудшение здоровья, материальные трудности, конфликты в отношениях, доминирование негативных мыслей и ощущение невостребованности. Дополнительно действуют частные факторы, такие как перфекционизм, прокрастинация, эмоциональный груз, накопленные обиды и стремление контролировать все происходящее.

Методы позитивного самопрограммирования. В нашей практике работа с применением аффирмаций со спортивными сборными России показало неожиданно высокую результативность. Так, С.М. Разинкин на протяжении ряда лет использовал трехкратное повторение слова «Радость» при болях в области сердца – болевой синдром проходил без применения фармпрепаратов. Аналогичным образом перед выступлением на соревнованиях членам сборной России по акробатике было предложено взять второй костюм для церемонии награждения. Конкретная, зримая цель («надеть чистый костюм при получении золотой медали») мотивировала спортсменов и реально способствовала их победе. В литературе показано, что самоаффирмации задействуют нейронные системы, связанные с самооценкой и позитивным прогнозированием будущего [14], а их систематическое применение достоверно меняет поведение в сфере здоровья [15].

Совершенствование физического здоровья. Среди методов физического самооздоровления особое место занимает дыхательная гимнастика. Упражнение «квадратное дыхание», – медленный вдох на 4 счета, задержка на 4, выдох на 6, пауза на 2-4 счета – по нашим наблюдениям, помогает специалистам нормализовать сон после суточных дежурств и снять тревожность в периоды интенсивной нагрузки. Для закаливания рекомендуется методика Порфирия Иванова: обливание двумя ведрами холодной воды (7-8 °С) на голову в любое время года, включая морозы до -20°С, кратковременное воздействие холода стимулирует антистрессорные механизмы и улучшает самочувствие. Данные зарубежных клинических исследований подтверждают, что структурированные дыхательные практики

снижают физиологическое возбуждение и улучшают эмоциональный фон [16, 17].

Коррекция психоэмоционального состояния. В нашей практике обида рассматривается как один из главных пусковых механизмов психосоматических заболеваний. Показательным является случай из нашей практики: пациентка с множественными переломами тазовых костей после наезда автомобиля прошла полный курс реабилитации и восстановила все функции в 100% объеме, по ее собственной оценке, решающую роль сыграло прощение бывшего мужа, которое произошло в период реабилитации. Для снятия острого эмоционального напряжения нами успешно применяется техника «стакана для крика» – плотное прижимание пустого стакана ко рту с громким выкриком в него накопившихся эмоций. Среди методов акупрессуры особого внимания заслуживает точка «цзу-сан-ли» («точка от ста болезней»), стимуляция которой повышает общий тонус и поддерживает работоспособность; ее применение для снятия зубной боли в нашей практике дало устойчивый эффект, сохранявшийся на протяжении 12 часов. Устойчивость военнослужащих к психологическому стрессу при применении подобных методов саморегуляции подтверждается данными современных зарубежных исследований [18].

Повышение интеллектуального потенциала. Развитие интеллектуального ресурса осуществляется через чтение, работу над речью, культурное обогащение и наличие хобби. Особое место занимает музыкотерапия: для снижения раздражительности рекомендованы Бах («Кантата № 2»), Бетховен («Лунная соната»); для уменьшения тревоги – Шопен (мазурки и прелюдии), Штраус (вальсы); для поднятия жизненного тонуса – Бетховен (увертюра «Эгмонт»), Чайковский («Шестая симфония»), Лист («Венгерская рапсодия № 2»). Психологическая саморегуляция выступает значимым фактором успешности профессиональной.

Использование духовного ресурса личности. Духовные практики – помощь другим, созерцание красоты, паломничество, работа с семейным архивом, вера. Все это формирует у специалистов внутренний «противовес» профессиональным стрессорам. В качестве иллюстрации приведем ритуал снятия стресса, применявшийся профессором А.Г. Данилиным. Он заваривал китайский чай пуэр, раскуривал трубки и созерцал альбомы живописи известных художников. Таким образом он объединял сенсорную, эстетическую и духовную составляющие, не используя никаких приборов.

Опыт применения представленных техник показывает, что наибольший отклик у специалистов экстремальных профессий вызывают методы, не требующие специального оборудования и применимые непосредственно на рабочем месте или в полевых условиях: аффирмации, дыхательные техники, акупрессура, техники трансформации негативных мыслей. Принципиальное отличие предложенной модели от клинических протоколов психотерапии состоит в том, что большинство техник освоены нами в ходе практической работы и могут применяться самостоятельно, без участия врача, психолога или психотерапевта. Это особенно важно при работе в отдаленных районах, на объектах с ограниченным доступом к медицинской помощи, в условиях длительных командировок и вахт.

Мировая литература подтверждает перспективность именно такого подхода: программы профилактики посттравматического стрессового расстройства и стресса у военных и спасателей, включающие техники саморегуляции, демонстрируют доказанную эффективность [19-21]. Комплексные вмешательства по поддержанию психологического благополучия сотрудников экстремальных служб систематически изучаются в мировой практике [22]. Данные о том, что саморегуляция опосредует связь между стрессом и качеством жизни у специалистов со сменным графиком работы, согласуются с нашими наблюдениями за вахтовыми рабочими и дежурным персоналом [23].

Следует отметить ограничение настоящей работы: ряд техник, прежде всего связанных с проработкой глубоких эмоциональных травм и обид, при выраженных психосоматических расстройствах все же требует сопровождения специалиста. Тем не менее большинство описанных методов доступны для самостоятельного применения и могут быть интегрированы в программы

профилактики профессионального выгорания непосредственно на рабочем месте.

Заключение. Представленные техники не требуют специального оборудования, финансовых затрат и профессионального сопровождения, могут применяться непосредственно на рабочем месте, в полевых условиях и в быту. Зарубежные данные подтверждают, что именно такие доступные практики саморегуляции наиболее востребованы и эффективны в профилактике стресса у специалистов экстремальных профессий.

Целесообразно в дальнейшем разработать систему экспресс-коррекции психофизического состояния с валидацией на репрезентативных выборках специалистов экстремальных профессий.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Устав Всемирной организации здравоохранения: принят 22 июля 1946 г. // КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru (дата обращения: 17.04.2026).
2. Психосоциальные производственные факторы и риск нарушений здоровья медицинских работников / Ю.Ю. Горблянский, Е.П. Конторович, О.П. Понамарева [и др.] // Южно-Российский журнал терапевтической практики. – 2020. – Т. 1. – № 3. – С. 27-36. DOI: 10.21886/2712-8156-2020-1-3-27-36.
3. Стресс на рабочем месте как триггер психических расстройств и соматических заболеваний (обзор литературы) / А.З. Фагамова, Л.К. Каримова, В.А. Капцов [и др.] // Гигиена и санитария. – 2023. – Т. 102. – № 5. DOI: 10.47470/0016-9900-2023-102-5.
4. Разинкин, С.М. Физиология и гигиена летчика в экстремальных условиях / С.М. Разинкин, М.В. Дворников. – Москва: Научная книга, 2019. – 558 с.
5. Разинкин, С.М. Современные технологии экстремальной медицины: каталог-справочник: монография / С.М. Разинкин. – Москва: Буки Веди, 2023. – 272 с.
6. Разинкин, С.М. Скрининг-диагностика в авиационной, восстановительной и спортивной медицине. Т. 2 / С.М. Разинкин. – Москва: Человек, 2020. – 232 с.
7. Методы самостоятельного оздоровления и повышения работоспособности специалистов, работающих в экстремальных условиях: SMART-пособие / С.М. Разинкин, Г.Г. Ерофеев, А.А. Киш [и др.]. – Москва: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2025. – 22 с.
8. Малкина-Пых, И.Г. Психосоматика: учебник / И.Г. Малкина-Пых. – Москва: КноРус, 2021. – 422 с.
9. Старшенбаум, Г.В. Большая книга психосоматики: руководство по диагностике и самопомощи / Г.В. Старшенбаум. – Москва: АСТ: Прайм, 2024. – 414 с.
10. Толоконин, А.О. Практическая психосоматика: какие эмоции и мысли программируют болезнь и как обрести здоровье / А.О. Толоконин. – Москва: Эксмо, 2022. – 431 с.
11. Рассказова, Е.И. Психологическая саморегуляция как фактор успешности управления поведением в различных сферах функционирования личности / Е.И. Рассказова // Экспериментальная психология. – 2019. – Т. 12. – № 3. – С. 148-163.
12. Чутко, Л.С. Психосоматическая неврология: руководство для врачей / Л.С. Чутко, Н.Н. Петрова. – Москва: МЕДпресс-информ, 2021. – 320 с.
13. Уразаева Д.Р. Профилактика психосоматических расстройств у медицинских работников / Д.Р. Уразаева // Молодежный инновационный вестник. – 2020. – Т. 9. – № 2S. – С. 193-194. URL: https://new.vestnik-surgery.com/index.php/2415-7805/article/view/6276 (дата обращения: 17.04.2026).
14. Self-affirmation alters the brain's response to health messages and subsequent behavior change / E.B. Falk, M.B. O'Donnell, C.N. Cascio [et al.] // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 2015. – Vol. 112. – No. 7. – P. 1977-1982. DOI: 10.1073/pnas.1500247112.
15. The impact of self-affirmation on health-behavior change: a meta-analysis / T. Epton, P.R. Harris, R. Kane [et al.] // Health Psychology. – 2015. – Vol. 34. – No. 3. – P. 187-196. DOI: 10.1037/hea0000136.
16. Brief structured respiration practices enhance mood and reduce physiological arousal / M.Y. Balban, E. Neri, M.M. Kogon [et al.] // Cell Reports Medicine. – 2023. – Vol. 4. – No. 1. – P. 100895. DOI: 10.1016/j.xcrm.2022.100895.
17. Clinical effectiveness of guided breathing exercises in reducing anxiety, stress, and depression in COVID-19 patients / S. Sheikh, A. Rostami, A. Shahbazi [et al.] // Scientific Reports. – 2024. – Vol. 14. – P. 26620. DOI: 10.1038/s41598-024-78162-3.
18. Flood, A. Cognitive resilience to psychological stress in military personnel / A. Flood, R.J. Keegan

// Frontiers in Psychology. – 2022. – Vol. 13. – P. 809003. DOI: 10.3389/fpsyg.2022.809003.
19. Psychotherapy for Military-Related PTSD: A Review of Randomized Clinical Trials / M.M. Steenkamp, B.T. Litz, C.W. Hoge, C.R. Marmar // JAMA. – 2015. – Vol. 314. – No. 5. – P. 489-500. DOI: 10.1001/jama.2015.8370.
20. Implementation of a Primary Prevention Program for Posttraumatic Stress Disorder in a Cohort of Professional Soldiers (PREPAR): Protocol for a Randomized Controlled Trial / E. Le Barbenchon, M. Trousselard, S. Pellissier [et al.] // JMIR Research Protocols. – 2024. – Vol. 13. – P. e47175. DOI: 10.2196/47175.
21. Stress control for military, law enforcement, and first responders: a systematic review / M.A. Maglione, C. Chen, A. Bialas [et al.] // Rand Health Q. – 2022. – Vol. 9. – No. 3. – P. 20.
22. A systematic review of well-being interventions and initiatives for Australian and New Zealand emergency service workers / G. Claringbold, N. Robinson, J. Anglim [et al.] // Australasian Journal of Paramedicine. – 2022. – Vol. 71. – No. 1. – P. 2123282. DOI: 10.1080/00049530.2022.2123282.
23. Self-regulation mediates the relationship between stress and quality of life in shift-working healthcare professionals / M.F. Salahuddin, J. Walker, E.H. Zambrana [et al.] // Eur J Investig Health Psychol Educ. – 2025. – Vol. 15. – No. 9. – P. 180. DOI: 10.3390/ejihpe15090180.

REFERENCES

1. Constitution of the World Health Organization: adopted July 22, 1946. ConsultantPlus. Available at: https://www.consultant.ru (accessed: 17.04.2026). (in Russ.)
2. Gorblyansky Yu.Yu., Kontorovich E.P. Ponamareva O.P., Volynskaya E.I., Krishchenko V.N. Psychosocial occupational factors and the risk of health issues in healthcare workers (thematic review). *South Russian Journal of Therapeutic Practice*, 2020, vol. 1, no. 3, pp. 27-36. DOI: 10.21886/2712-8156-2020-1-3-27-36. (in Russ.)
3. Fagamova A.Z., Karimova L.K., Kaptsov V.A. et al. Stress at the workplace as a trigger for mental disorders and somatic diseases (literature review). *Hygiene and Sanitation*, 2023, vol. 102, no. 5. DOI: 10.47470/0016-9900-2023-102-5. (in Russ.)
4. Razinkin S.M., Dvornikov M.V. Physiology and hygiene of a pilot in extreme conditions. Moscow: Nauchnaya kniga, 2019. 558 p. (in Russ.)
5. Razinkin S.M. Modern technologies of extreme medicine: catalogue and information book: a monograph. Moscow: Buki Vedi, 2023. 272 p. (in Russ.)
6. Razinkin S.M. Screening diagnostics in aviation, rehabilitation and sports medicine. Vol. 2. Moscow: Chelovek, 2020. 232 p. (in Russ.)
7. Razinkin S.M., Erofeev G.G., Kish A.A. et al. Methods of self-improvement and increasing the performance of specialists working in extreme conditions: a SMART manual. Moscow: State Research Center of the Russian Federation – A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center of the Federal Medical and Biological Agency, 2025. 22 p. (in Russ.)
8. Malkina-Pykh I.G. Psychosomatics: a textbook. Moscow: KnoRus, 2021. 422 p. (in Russ.)
9. Starshenbaum G.V. The big book of psychosomatics: a guide to diagnosis and self-help. Moscow: AST: Prajm, 2024. 414 p. (in Russ.)
10. Tolokonin A.O. Practical psychosomatics: what emotions and thoughts program illness and how to gain health. Moscow: Eksmo, 2022. 431 p. (in Russ.)
11. Rasskazova E.I. Psychological self-regulation as factor of success in the management of own behavior in different life domains. *Experimental Psychology*, 2019, vol. 12, no. 3, pp. 148-163. (in Russ.)
12. Chutko L.S., Petrova N.N. Psychosomatic neurology: a guide for physicians. Moscow: MEDpress-inform, 2021. 320 p. (in Russ.)
13. Urazaeva D.R. Prevention of psychosomatic disorders in healthcare workers. Molodezhnyj innovatsionnyj vestnik, 2020, vol. 9, no. 2S, pp. 193-194. Available at: https://new.vestnik-surgery.com/index.php/2415-7805/article/view/6276 (accessed: 17.04.2026). (in Russ.)
14. Falk E.B., O'Donnell M.B., Cascio C.N. et al. Self-affirmation alters the brain's response to health messages and subsequent behavior change. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2015, vol. 112, no. 7, pp. 1977-1982. DOI: 10.1073/pnas.1500247112.
15. Epton T., Harris P.R., Kane R., van Koningsbruggen G.M., Sheeran P. The impact of self-affirmation on health-behavior change: a meta-analysis. *Health Psychology*, 2015, vol. 34, no. 3, pp. 187-196. DOI: 10.1037/hea0000136.
16. Balban M.Y., Neri E., Kogon M.M. et al. Brief structured respiration practices enhance mood and reduce physiological arousal. *Cell Reports Medicine*, 2023, vol. 4, no. 1, p. 100895. DOI: 10.1016/j.xcrm.2022.100895.
17. Sheikh S., Rostami A., Shahbazi A. et al. Clinical effectiveness of guided breathing exercises in reducing anxiety, stress, and depression in COVID-19 patients. *Scientific Reports*, 2024, vol. 14, p. 26620. DOI: 10.1038/s41598-024-78162-3.
18. Flood A., Keegan R.J. Cognitive resilience to psychological stress in military personnel. *Frontiers in Psychology*, 2022, vol. 13, p. 809003. DOI: 10.3389/fpsyg.2022.809003.
19. Steenkamp M.M., Litz B.T., Hoge C.W., Marmar C.R. Psychotherapy for Military-Related PTSD: A Review of Randomized Clinical Trials.

JAMA, 2015, vol. 314, no. 5, pp. 489-500. DOI: 10.1001/jama.2015.8370.
20. Le Barbenchon E., Trousselard M., Pellissier S. et al. Implementation of a Primary Prevention Program for Posttraumatic Stress Disorder in a Cohort of Professional Soldiers (PREPAR): Protocol for a Randomized Controlled Trial. *JMIR Research Protocols*, 2024, vol. 13, p. e47175. DOI: 10.2196/47175.
21. Maglione M.A., Chen C., Bialas A. et al. Stress control for military, law enforcement, and first responders: a systematic review. *Rand Health Q*, 2022, vol. 9, no. 3, p. 20.
22. Claringbold G., Robinson N., Anglim J. et al. A systematic review of well-being interventions and initiatives for Australian and New Zealand emergency service workers. *Australian Journal of Psychology*, 2022, vol. 74, no. 1, p. 2123282. DOI: 10.1080/00049530.2022.2123282.
23. Salahuddin M.F., Walker J., Zambrana E.H. et al. Self-regulation mediates the relationship between stress and quality of life in shift-working healthcare professionals: behavioral clustering insights. *Eur J Investig Health Psychol Educ*, 2025, vol. 15, no. 9, p. 180. DOI: 10.3390/ejihpe15090180.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Сергей Михайлович Разинкин – главный научный сотрудник лаборатории медико-биологического сопровождения деятельности лиц экстремальных профессий ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва, e-mail: razinkin@fmbcfmba.ru.
Геннадий Григорьевич Ерофеев – ведущий научный сотрудник отдела медико-биологических исследований ФГКУ «12 ЦНИИ» Минобороны России, Сергиев Посад, e-mail: yerofeyevgg@rambler.ru.
Александр Александрович Косенков – старший научный сотрудник лаборатория психофизиологического обеспечения персонала радиационно-опасных производств ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва. e-mail: kossenkov@gmail.com.
Дмитрий Александрович Андреев – Руководитель кардиоцентра ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва. e-mail: drada_rus@mail.ru.
Михаил Юрьевич Баландин – научный сотрудник лаборатории медико-биологического сопровождения деятельности лиц экстремальных профессий ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва. e-mail: balandinm87@gmail.com.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Sergej M. Razinkin – Chief Researcher of the Laboratory of Medical and Biological Support for Extreme Professions, State Research Center of the Russian Federation – A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center of the Federal Medical and Biological Agency, Moscow, e-mail: razinkin@fmbcfmba.ru.
Gennadij G. Erofeev – Leading Researcher at the Department of Medical and Biological Research, 12th Central Research Institute, Sergiev Posad, e-mail: yerofeyevgg@rambler.ru.
Aleksandr A. Kosenkov – Senior Researcher at the Laboratory of Psychophysiological Support for Personnel in Radiation-Hazardous Production Facilities, State Research Center of the Russian Federation – A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center of the Federal Medical and Biological Agency, Moscow, e-mail: kossenkov@gmail.com.
Dmitrij A. Andreev – Head of the Cardiology Center, State Research Center of the Russian Federation – A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center of the Federal Medical and Biological Agency, Moscow, e-mail: drada_rus@mail.ru
Mikhail Yu. Balandin – Researcher at the Laboratory of Medical and Biological Support for Extreme Profession, State Research Center of the Russian Federation – A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center of the Federal Medical and Biological Agency, Moscow, e-mail: kossenkov@gmail.com.

Для цитирования: Методы самокоррекции психофизического состояния для профилактики психосоматических расстройств у специалистов экстремальных профессий / С.М. Разинкин, Г.Г. Ерофеев, А.А. Косенков [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_19

For citation: Razinkin S.M., Erofeev G.G., Kosenkov A.A., Andreev D.A., Balandin M.Yu. Methods of self-correction of psychophysical condition for the prevention of psychosomatic disorders in specialists of extreme professions. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_19

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_20
УДК 616-08:159.9

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_20
UDC 616-08:159.9

ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ ПСИХОСОМАТИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

С.М. Разинкин, А.А. Киш, Н.З. Орлова, М.А. Брагин, Е.В. Голобородько
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна», г. Москва, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Факторами развития (источниками) целого ряда психосоматических заболеваний являются различные изменения потенциала здоровья человека. ***Методы.*** Проведен систематический анализа отечественных и зарубежных работ, содержащих данные о факторах развития психосоматических изменений потенциала здоровья человека. ***Результаты.*** На основе обобщения научных данных определены и представлены восемь основных факторов развития психосоматических заболеваний: симптом как проявление психоэмоционального конфликта, вторичная выгода, эффект внушения, элементы органической речи, идентификация с другим человеком, самонаказание, травматический опыт прошлого и алекситимия. ***Заключение.*** Представленные сведения целесообразно учитывать при профилактике, диагностике и лечении психосоматических заболеваний.
Ключевые слова: психосоматика, психоэмоциональный конфликт, алекситимия, психосоматические заболевания, потенциал здоровья, вторичная выгода, органическая речь, самонаказание, травматический опыт.

FACTORS IN THE DEVELOPMENT OF PSYCHOSOMATIC DISEASES

S.M. Razinkin, A.A. Kish, N.Z. Orlova, M.A. Bragin, E.V. Goloborodko
State Research Center of the Russian Federation – A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center of the Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Various changes in human health potential are the factors (sources) of a number of psychosomatic diseases. ***Methods.*** A systematic analysis of domestic and foreign works containing data on the factors of the development of psychosomatic changes in human health potential has been carried out. ***Results.*** According to the generalization of scientific data, eight main factors of the development of psychosomatic diseases have been identified and presented: a symptom as a manifestation of a psychoemotional conflict, a secondary gain, an effect of suggestion, elements of organic speech, identification with another person, self-punishment, traumatic experience of the past and alexithymia. ***Conclusion.*** The presented information is expedient to be considered in the prevention, diagnosis and treatment of psychosomatic diseases.
Keywords: psychosomatics, psycho-emotional conflict, alexithymia, psychosomatic diseases, health potential, secondary gain, organic speech, self-punishment, traumatic experience.

Введение. Проблема взаимосвязи психического и соматического здоровья человека остается одной из центральных в современной медицине и психологии [1-5]. По данным Всемирной организации здравоохранения, до 40% обращений к врачам общей практики связаны с психосоматическими расстройствами [6, 7]. В основе развития целого ряда психосоматических заболеваний лежат изменения потенциала здоровья человека, в частности изменения (нарушения) психоэмоционального состояния, в большинстве случаев являясь определяющей причиной этих заболеваний [8-12].

Целью настоящей статьи является представление результатов систематического анализа основных факторов развития психосоматических заболеваний.

Методы и организация исследования. Материалом для статьи послужили отечественные и зарубежные научные работы [13-25], в которых рассматриваются различные факторы развития психосоматических изменений. Проведен систематический анализ представленных данных с целью определения и обоснования основных факторов развития (источников) психосоматических заболеваний.

Результаты исследования и их обсуждение. Систематический анализ факторов развития психосоматических изменений у здорового человека показал, что существует

восемь основных факторов развития (источников) психосоматических заболеваний:

Симптом как проявление психоэмоционального конфликта. Представляется возможным выделить следующие основные симптомы:

1. Нарушения сердечного ритма – страх не успеть сделать в срок.
2. Кашель – желание обратить на себя внимание.
3. Боль в области печени – резко отрицательное отношение к кому-либо, злоба, гнев.
4. Боль в грудной клетке при дыхании – эмоциональные проблемы с близкими людьми.
5. Боль в области желудка – тревога, состояние неопределенности.

Этот список можно продолжить. Практически полностью он представлен при диагностике на аппаратно-программном комплексе «Диамед-МБС» [13], в котором учтен собственный опыт авторов, а также данные отечественных и зарубежных исследователей [14-18].

Вторичная выгода. Человек заболевает, чтобы решить свою проблему, например:

1. Ребенок жалуется на недомогание, чтобы не идти в школу в день проведения контрольной.
2. Престарелая мать говорит, что плохо себя чувствует, чтобы сын приехал и навестил ее.
3. Работающий человек заболевает простудным заболеванием, чтобы организм отдохнул от «гонки» на работе.
4. Если человек не хочет что-то делать, головная боль может освободить его от этой необходимости. Во время болезни внимание и забота со стороны родных и близких усиливаются.

Согласно мнению ряда авторов [19, 20], в основе большинства заболеваний лежит вторичная выгода.

Эффект внушения (со стороны другого лица). Известно, что если в детстве ребенку часто повторять «дурак», «остолоп», «жадина» и т.п., то он нередко начинает демонстрировать поведение, соответствующее внушенному, которое автоматически переходит во взрослую жизнь.

Бернард Лаун (Bernard Lown) – всемирно известный американский врач-кардиолог – в своей книге «Утерянное искусство врачевания» (1998) пишет: «Врач не должен оставлять пациента в страхе и неведении, однако, к сожалению, это происходит почти всегда. Работая консультантом по сердечно-сосудистым заболеваниям, я встречался со многими пациентами, которым требовалось узнать мнение другого врача по поводу операции на сердечных клапанах или шунтирования. Они почти всегда сильно волновались и были напуганы. Но, как я понял, главной причиной беспокойства было непонимание слов, которые употреблял их лечащий врач. За последние годы я собрал множество фраз, которые, будучи услышанными из уст врачей, очень пугают пациентов. На сегодняшний день их у меня уже несколько сотен. Вот самые распространенные: «Вы живете в кредит», «Ваша жизнь катится под гору, как снежный ком», «Следующий удар сердца может быть для вас последним», «Каждую минуту у вас может случиться сердечный приступ или что-нибудь похуже», «Ангел смерти накрыл вас своим крылом». <…> Мне страшно от того, что я слышу подобные слова и фразы все чаще и чаще. Иногда пациенты могут не обратить на них внимания, но бывают случаи, когда такие слова приносят бесконечное горе» [21].

Элементы органической речи. Связь между словом и телесным симптомом это явление, которое врачи наблюдают в повседневной практике, хотя официальная медицина относится к нему с осторожностью. Человек, годами повторяющий «у меня все на плечах», нередко обращается к врачу именно с болью в шейно-плечевой области. Фраза «не могу это переварить» и вот уже гастроэнтеролог обследует желудок, не находя органической патологии. По нашим наблюдениям, такие совпадения не случайны, мозг воспринимает устойчивые речевые конструкции как программу действий и постепенно «выполняет» их на уровне физиологии.

Особого внимания заслуживает язык сердечно-сосудистых метафор, например, «сердце разрывается», «сердце не на месте», «удар в сердце». Эти выражения отражают реальный механизм, при котором острое эмоциональное потрясение запускает каскад нейрогуморальных реакций, вплоть до

жизнеугрожающих аритмий. Показательно, что статистика сердечно-сосудистой смертности в дни крупных катастроф и массовых трагедий неизменно фиксирует всплески, которые невозможно объяснить иначе как эмоциональным триггером [21].

Идентификация, попытка быть похожим на кого-то. В клинической практике этот феномен наиболее отчетливо прослеживается в семьях, где несколько поколений страдают одним и тем же заболеванием. Генетическая предрасположенность объясняет далеко не все такие случаи, нередко речь идет о воспроизведении поведенческого и эмоционального паттерна, усвоенного в детстве. Ребенок, выросший рядом с тревожной матерью, перенимает не только ее привычки, но и телесный способ реагирования на стресс. Во взрослом возрасте эти реакции воспроизводятся автоматически, без осознанного решения.

Отдельную группу составляют случаи идентификации с публичным образом, когда стремление к модельной внешности приводит к тому, что женщина начинает воспринимать собственное тело как объект, требующий переделки. Анорексия в данном случае является не расстройством пищевого поведения, а симптомом глубокого разрыва между «я реальным» и «я желаемым».

Самонаказание. В нашей практике этот механизм нередко проявляется у людей с высоким чувством долга и жесткими внутренними стандартами (военные, руководители, врачи). Человек совершает поступок, идущий вразрез с его системой ценностей, не признается в этом ни себе, ни окружающим, однако тело «берет слово». В последствии появляются необъяснимые боли, травмы, хронические воспаления. Фрейд описал этот механизм как бессознательное стремление получить наказание, соразмерное ощущаемой вине [22]. Примечательно, что такие пациенты нередко сами «организуют» обстоятельства своей травмы в ситуациях, когда объективно можно было ее избежать. С терапевтической точки зрения ключевым является не устранение симптома, а осознание пациентом связи между конкретным поступком, возникшим чувством вины и последовавшим за ним физическим недугом.

Болезненный, травматический опыт прошлого. Как правило, это психические травмы раннего детства, вытесненные, забытые, но активно влияющие на поведение и здоровье человека из бессознательной части личности. Иногда они могут не забываться, а постоянно сохраняться в памяти или периодически всплывать.

С этой точки зрения интересен случай, описываемый автором и разработчиком системы психотерапевтической реабилитации кандидатом медицинских наук А.Н. Задиракиным: «В возрасте 3-4 лет мать девочки, актриса театра, ежедневно приходила домой и целовала дочь на ночь. Однажды она пришла и не зашла поцеловать ее. Девочка вышла и увидела на столе большой букет роз. Она решила, что мама любит розы больше, чем ее. Ребенок случайно разбил вазу, в которой стояли розы, за что получил нагоняй от матери. Позже мир был восстановлен, инцидент исчерпан. Однако примерно через 20 лет, когда любимый мужчина подарил этой девушке розы, у нее развился приступ удушья (с признаками отека Квинке). В дальнейшем приступ удушья возникал только при виде роз, даже в цветочном магазине, что исключало влияние запаха роз как аллергена. После сеанса психотерапии данная реакция на розы была снята» [23].

Алекситимия. Термин введен в 1973 году психиатром Питером Сифнеосом и буквально означает «нет слов для чувств» (греч. *a* – отрицание, *lexis* – слово, *thymos* – душа, чувство). В нашей диагностической практике с использованием комплекса «Диамед-МБС» алекситимия выявляется у значительной части пациентов с хроническими болевыми синдромами и функциональными расстройствами. Характерный портрет такого пациента: внешне благополучный, социально успешный человек, который на вопрос «что вы чувствуете?» отвечает описанием телесных ощущений «давит в груди», «тяжело дышать», но не может назвать эмоцию, стоящую за этим состоянием. По нашим наблюдениям, у специалистов экстремальных профессий этот паттерн особенно распространен. Профессиональная культура нередко прямо запрещает проявление эмоций, и тело становится единственным «разрешенным» каналом их

выражения. Связь алекситимии с соматическими расстройствами подтверждена в современных зарубежных систематических обзорах [24, 25]. В них показано, что алекситимия является независимым предиктором хронизации психосоматической симптоматики, а ее сочетание с ранними дезадаптивными схемами личности значительно утяжеляет течение соматоформных расстройств.

Заключение. Представленные в настоящей статье систематизированные сведения об основных факторах развития психосоматических заболеваний, по нашему мнению, целесообразно учитывать в практической деятельности врачей, психологов и психотерапевтов при профилактике, диагностике и лечении психосоматических заболеваний.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соматоформные вегетативные расстройства мочеиспускания у пациентов с коморбидными депрессивными и тревожными расстройствами: клинические и терапевтические аспекты / Т.А. Караваева, А.В. Васильева, И.В. Кузьмин [и др.] // Социальная и клиническая психиатрия. – 2024. – № 5. – С. 34-41.
2. Евдокименко, П.В. Психосоматика: самые опасные эмоции / П.В. Евдокименко. – Москва: АСТ: Времена, 2025. – 315 с.
3. Актуальные шкалы и опросники для оценки стрессовых состояний и их применение в медицине: обзор / А.А. Кузюкова, Я.Г. Пехова, О.И. Одарущенко [и др.] // Вестник восстановительной медицины. – 2025. – Т. 24. – № 2. – С. 71-86.
4. Mirzoyan, V. Theoretical Concepts of Determination of Psychosomatic Disorders: From Theory to Practice / V. Mirzoyan // Modern Psychology. – 2025. – Vol. 8. – No. 1. – P. 75-86. DOI: 10.46991/SBMP/2025.8.1.075.
5. Thirty Years of the Diagnostic Criteria for Psychosomatic Research (DCPR): A Systematic Review and Discussion of Clinical Implications / J. Guidi, E. Offidani, G.A. Fava // The Journal of Clinical Psychiatry. – 2026. – Vol. 87. – No. 2. DOI: 10.4088/JCP.26com16376.
6. Długosz, P. The Relationship between Mental Health, Educational Burnout and Strategies for Coping with Stress among Students: A Cross-Sectional Study of Poland / P. Długosz, D. Liszka // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2021. – Vol. 18. – No. 20. – P. 10827. DOI: 10.3390/ijerph182010827.
7. Тополянский, В.Д. Психосоматические расстройства: руководство для врачей / В.Д. Тополянский, М.В. Струковская. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2021. – 566 с.
8. Васильев, В.В. Современные исследования личностно-психологических особенностей больных соматоформными расстройствами / В.В. Васильев, А.И. Мухаметова // Обозрение психиатрии и медицинской психологии имени В.М. Бехтерева. – 2024. – Т. 58. – № 1. – С. 30-46.
9. Малкина-Пых, И.Г. Психосоматика: учебник / И.Г. Малкина-Пых. – Москва: КноРус, 2021. – 422 с.
10. Чутко, Л.С. Психосоматическая неврология: руководство для врачей / Л.С. Чутко, Н.Н. Петрова. – Москва: МЕДпресс-информ, 2021. – 320 с.
11. Stress-Induced Immune System Modulation and the Implications for Health / M. Akram, M. Hafeez, I.M. Tahir, H. Soonmin // African Journal of Biomedical Research. – 2025. – Vol. 28. – No. 1S. DOI: 10.53555/AJBR.v28i1S.6486.
12. Psychological Risk Factors of Somatic Symptom Disorder: A Systematic Review and Meta-Analysis of Cross-Sectional and Longitudinal Studies / A. Smakowski, P. Hüsing, S. Völcker [et al.] // Journal of Psychosomatic Research. – 2024. – Vol. 181. – P. 111608. DOI: 10.1016/j.jpsychores.2024.111608.
13. Разинкин, С.М. Объективная психодиагностика. Аппаратно-программный комплекс «Диамед-МБС» / С.М. Разинкин, А.А. Киш. – Москва: Научная книга, 2019. – 228 с.
14. Менегетти, А. Психосоматика / А. Менегетти. – Москва: Онтопсихология, 2024. – 360 с.
15. Старшенбаум, Г.В. Большая книга психосоматики: руководство по диагностике и самопомощи / Г.В. Старшенбаум. – Москва: АСТ: Прайм, 2024. – 416 с.
16. Пезешкиан, Н. Психосоматика и позитивная психотерапия / Н. Пезешкиан. – Москва: Институт позитивной психотерапии, 2006. – 464 с.
17. Psychosocial experiences are associated with human brain mitochondrial biology / C. Trumpff, A.S. Monzel, C.Sandi [et al.] // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2024. – Vol. 121. – No. 27. – P. e2317673121. DOI: 10.1073/pnas.2317673121.
18. The implication of alexithymia in personality disorders: a systematic review / C.H. Chaim, E. Siu, G.L. Santana [et al.] // BMC Psychiatry. – 2024. – Vol. 24. – No. 1. – P. 647. DOI: 10.1186/s12888-024-06083-6.
19. Biosuggestive Therapy in Treatment of Stress-Related and Psychosomatic Disorders: A

Systematic Review / O.Y. Gubska, V.V. Aleksieieva, A.M. Khranovskyi, A.A. Kuzminets // Wiadomości Lekarskie. – 2025. – Vol. 78. – No. 11. – P. 2498-2504.
20. Dangers of the Chronic Stress Response in the Context of the Microbiota-Gut-Immune-Brain Axis and Mental Health: A Narrative Review / A. Warren, Y. Nyavor, A. Beguelin, L.A. Frame // Frontiers in Immunology. – 2024. – Vol. 15. – P. 1365871. DOI: 10.3389/fimmu.2024.1365871.
21. Лаун, Б. Утерянное искусство врачевания / Б. Лаун. – Москва: Крон-пресс, 1998. – 368 с.
22. Фрейд, З. Введение в психоанализ / З. Фрейд. – Москва: АСТ, 2024. – 544 с.
23. Задиракин, А.Н. Твое второе дыхание / А.Н. Задиракин. – Москва, 2007. – 176 с.
24. The Mediating Role of Cognitive Emotion Regulation Strategies in the Relationship Between Early Maladaptive Schemas, Alexithymia, and Emotional Intelligence With Somatic Symptoms in People With Somatic Symptoms Disorder / S. Farahi, G. Naziri, A. Davodi, N. Fath // Journal of Practice in Clinical Psychology. – 2023. – Vol. 11. – No. 3. – P. 887-898. DOI: 10.32598/jpcp.11.3.887.1.
25. Alexithymia and asthma: a systematic review / O. Silvestro, L. Ricciardi, A. Catalano [et al.] // Frontiers in Psychology. – 2023. – Vol. 14. – P. 1221648. DOI: 10.3389/fpsyg.2023.1221648.

REFERENCES

1. Karavaeva T.A., Vasileva A.V., Kuzmin I.V. et al. Somatoform autonomic urination disorders in patients with comorbid depressive and anxiety disorders: clinical and therapeutic aspects. *Sotsialnaya i klinicheskaya psikhiatria*, 2024, no. 5, pp 34-41. (in Russ.)
2. Evdokimenko P.V. Psychosomatics: The Most Dangerous Emotions. Moscow: AST: Vremena, 2025. 315 p. (in Russ.)
3. Kuzyukova A.A., Pekhova Ya.G., Odarushchenko O.I., Levchenko N.A., Marchenkova L.A. Current scales and questionnaires for assessing stress conditions and their application in medicine: a review. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 2025, vol. 24(2), pp. 71-86. (in Russ.)
4. Mirzoyan V. Theoretical concepts of determination of psychosomatic disorders: from theory to practice. *Modern Psychology*, 2025, vol. 8(1), pp 75-86. DOI: 10.46991/SBMP/2025.8.1.075.
5. Guidi J., Sonino N., Fava G.A. Thirty years of the Diagnostic Criteria for Psychosomatic Research (DCPR): a systematic review and discussion of clinical implications. *The Journal of Clinical Psychiatry*, 2026, vol. 87(2), p. 25r16276. DOI: 10.4088/JCP.26com16376.
6. Długosz P, Liszka D. The relationship between mental health, educational burnout and strategies for coping with stress among students: a cross-sectional study of Poland. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, vol. 18(20), p. 10827. DOI: 10.3390/ijerph 182010827.
7. Topolyansky V.D., Strukovskaya M.V. Psychosomatic Disorders: A Guide for Physicians. Moscow: GEOTAR-Media, 2021. 566 p. (in Russ.)
8. Vasilyev V.V., Mukhametova A.I. Modern researches of personality-psychological features in patients with somatoform disorders. *V.M. Bekhterev Review of Psychiatry and Medical Psychology*, 2024, vol. 58(1), pp. 30-46. (in Russ.)
9. Malkina-Pykh I.G. Psychosomatics: a textbook. Moscow: KnoRus, 2021. 422 p. (in Russ.)
10. Chutko L.S., Petrova N.N. Psychosomatic neurology: a guide for physicians. Moscow: MEDpress-inform, 2021. 320 p. (in Russ.)
11. Akram M., Hafeez M., Tahir I.M., Soonmin H. Stress-induced immune system modulation and the implications for health. *African Journal of Biomedical Research*, 2025, vol. 28(1S). DOI: 10.53555/AJBR.v28i1S.6486.
12. Smakowski A., Hüsing P., Völcker S. et al. Psychological risk factors of somatic symptom disorder: a systematic review and meta-analysis of cross-sectional and longitudinal studies. *Journal of Psychosomatic Research*, 2024, vol. 181, pp. 111608. DOI: 10.1016/j.jpsychores.2024.111608.
13. Razinkin S.M., Kish A.A. Objective psychodiagnostics. Hardware-software complex "Diamed-MBS". Moscow: Nauchnaya kniga, 2019. 228 p. (In Russ.)
14. Menegetti A. Psychosomatics. Moscow: Ontopsikhologia, 2024. 360 p. (in Russ.)
15. Starshenbaum G.V. The big book of psychosomatics: a guide to diagnosis and self-help. Moscow: AST: Prajm, 2024. 416 p. (in Russ.)
16. Pezeshkian N. Psychosomatics and Positive Psychotherapy. Moscow: Institut pozitivnoi psikhoterapii, 2006. 464 p. (in Russ.)
17. Trumpff C., Monzel A.S., Sandi C. et al. Psychosocial experiences are associated with human brain mitochondrial biology. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2024, vol. 121(27), p. e2317673121. DOI: 10.1073/pnas.2317673121.
18. Chaim C.H., Siu E., Santana G.L. et al. The implication of alexithymia in personality disorders: a systematic review. *BMC Psychiatry*, 2024, vol. 24(1), pp. 647. DOI: 10.1186/s12888-024-06083-6.
19. Gubska O.Y., Aleksieieva V.V., Khranovskyi A.M., Kuzminets A.A. The effectiveness of biosuggestive therapy in treatment of stress-related and psychosomatic disorders. *Wiadomości Lekarskie*, 2025, vol. 78(11), pp. 2498-2504.

20. Warren A., Nyavor Y., Beguelin A., Frame L.A. Dangers of the chronic stress response in the context of the microbiota-gut-immune-brain axis and mental health: a narrative review. *Frontiers in Immunology*, 2024, no. 15, pp. 1365871. DOI: 10.3389/fimmu.2024.1365871.
21. Lown B. The lost art of healing. Moscow: Kron-press, 1998. 368 p. (in Russ.)
22. Freud S. Introduction to psychoanalysis. Moscow: AST, 2024. 544 p. (in Russ.)
23. Zadirakin A.N. Your Second Breath. Moscow, 2007. 176 p. (in Russ.)
24. Farahi S., Naziri G., Davodi A., Fath N. The mediating role of cognitive emotion regulation strategies in the relationship between early maladaptive schemas, alexithymia, and emotional intelligence with somatic symptoms in people with somatic symptoms disorder. *Journal of Practice in Clinical Psychology*, 2023, vol. 11(3), pp. 887-898. DOI: 10.32598/jpcp.11.3.887.1.
25. Silvestro O., Ricciardi L., Catalano A. et al. Alexithymia and asthma: a systematic review. *Frontiers in Psychology*, 2023, no. 14, pp. 1221648. DOI: 10.3389/fpsyg.2023.1221648.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Сергей Михайлович Разинкин – главный научный сотрудник лаборатории медико-биологического сопровождения деятельности лиц экстремальных профессий ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва, e-mail: razinkin@fmbcfmba.ru.
Анна Андреевна Киш – заведующий лабораторией медико-биологического сопровождения деятельности лиц экстремальных профессий ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва, e-mail: kish@fmbcfmba.ru.
Надежда Зинуровна Орлова – научный сотрудник лаборатории медико-биологического сопровождения деятельности лиц экстремальных профессий ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва, e-mail: orlova@fmbcfmba.ru.
Михаил Александрович Брагин – старший научный сотрудник медико-биологического сопровождения деятельности лиц экстремальных профессий ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва, e-mail: mishaman90@mail.ru.
Евгений Владимирович Голобородько – заведующий отделом организации и контроля НИОКР ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва, e-mail: evgeny.goloborodko@gmail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Sergej M. Razinkin – Chief Researcher at the Laboratory of Medical and Biological Support for Extreme Professions, State Research Center of the Russian Federation – A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center of the Federal Medical and Biological Agency, Moscow, e-mail: razinkin@fmbcfmba.ru.
Anna A. Kish – Head of the Laboratory of Medical and Biological Support for Extreme Professions, State Research Center of the Russian Federation – A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center of the Federal Medical and Biological Agency, Moscow, e-mail: kish@fmbcfmba.ru.
Nadezhda Z. Orlova – Researcher at the Laboratory of Medical and Biological Support for Extreme Professions, State Research Center of the Russian Federation – A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center of the Federal Medical and Biological Agency, Moscow, e-mail: orlova@fmbcfmba.ru.
Mikhail A. Bragin – Senior Researcher at the Laboratory of Medical and Biological Support for Extreme Professions, State Research Center of the Russian Federation – A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center of the Federal Medical and Biological Agency, Moscow, e-mail: mishaman90@mail.ru.
Evgenij V. Goloborodko – Head of the Department for Organization and Control of Research and Development Activities, at the Laboratory of Medical and Biological Support for Extreme Professions, State Research Center of the Russian Federation – A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center of the Federal Medical and Biological Agency Russia, Moscow, e-mail: evgeny.goloborodko@gmail.ru.

Для цитирования: Факторы развития психосоматических заболеваний / С.М. Разинкин, А.А Киш, Н.З. Орлова [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_20

For citation: Razinkin S.M., Kish A.A., Orlova N.Z., Bragin M.A., Goloborodko E.V. Factors in the development of psychosomatic diseases. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_20

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_21
УДК 159.9

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_21
UDC 159.9

ТИПОЛОГИЯ ПСИХОТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ МИШЕНЕЙ ПРИ ТРУДОГОЛИЗМЕ: ОТ ПРЕДИКТОРОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ К ПАТТЕРНАМ ПОДДЕРЖИВАЮЩЕГО ПОВЕДЕНИЯ

М.А. Яблокова
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ», г. Новосибирск, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Цель – на основе эмпирического исследования разработать типологию мишеней психотерапии при трудоголизме, разделяя факторы, предшествующие возникновению аддикции, и актуальные поведенческие паттерны, обеспечивающие ее самоподдержание. ***Методы.*** Обследовано 90 человек (48 мужчин, 42 женщины) в возрасте от 25 лет до 51 года с верифицированным трудоголизмом (результат по Голландской шкале трудоголизма ≥42 баллов). Применялись: Голландская шкала трудоголизма, Многомерная шкала перфекционизма Хьюитта-Флетта, Госпитальная шкала тревоги и депрессии, полуструктурированное интервью для ретроспективной оценки предикторов. ***Результаты.*** Выделены три предиктора возникновения трудоголизма: аффективная нестабильность с избеганием (28,6% дисперсии), социально-транслируемый перфекционизм (24,3%) и семейная модель сверхвовлеченности (18,5%). Кластерный анализ позволил идентифицировать три поддерживающих паттерна поведения: компенсаторно-ритуальный (37,8% выборки), социально-одобряемый (34,4%) и диссоциативно-избегающий (27,8%). ***Заключение.*** Предложенная типология «предикторы – поддерживающие паттерны» позволяет перейти от симптоматической диагностики к функционально ориентированным терапевтическим интервенциям.

Ключевые слова: трудоголизм, аддикция к работе, психотерапевтические мишени, предикторы, поддерживающее поведение, перфекционизм, поведенческие паттерны, типология.

TYPOLOGY OF PSYCHOTHERAPEUTIC TARGETS IN WORKAHOLISM: FROM OCCURRENCE PREDICTORS TO PATTERNS OF BEHAVIOR MAINTENANCE

M.A. Yablokova
Novosibirsk State University of Economics and Management, Novosibirsk, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Objective – to develop a typology of psychotherapy targets for workaholism based on empirical research, separating the factors preceding the onset of addiction and the relevant behavioral patterns that ensure its maintenance. ***Methods.*** 90 people (48 men, 42 women) aged 25 to 51 years with verified workaholism (Dutch Work Addiction Scale result ≥42 points) were examined. The following methods were applied: the Dutch Work Addiction Scale, the Multidimensional Perfectionism Scale, the Hospital Anxiety and Depression Scale, and a semi-structured interview for a retrospective assessment of predictors. ***Results.*** Three predictors of workaholism have been identified: affective instability with avoidance (28.6% of the variance), socially transmitted perfectionism (24.3%) and a family model of over-involvement (18.5%). The cluster analysis has also allowed us to identify three maintenance patterns: compensatory-ritualistic (37.8% of the sample), socially approved (34.4%) and dissociative-avoidant (27.8%). ***Conclusion.*** The proposed typology of "predictors – maintenance patterns" allows us to move from symptomatic diagnosis to functionally oriented therapeutic interventions.

Keywords: workaholism, work addiction, psychotherapeutic targets, predictors, maintenance behavior, perfectionism, behavioral patterns, typology.

Введение. Трудоголизм, или аддикция к работе, долгое время оставался в тени клинической психологии, воспринимаясь обществом как социально одобряемая форма активности [1]. Лозунги вроде «Работа – лучший способ самореализации» и культ эффективности в постиндустриальных экономиках способствовали нормализации переработок. Однако с 1990-х годов после работ В. Шауфели и М. Баллета трудоголизм все чаще рассматривается как поведенческая зависимость, способная приводить к соматическим заболеваниям, эмоциональному выгоранию, разрушению семейных отношений и снижению продуктивности в долгосрочной перспективе.

В Международной классификации болезней одиннадцатого пересмотра трудоголизм включен в раздел «Расстройства, связанные с привычками и влечениями» как уточненная форма поведенческой аддикции, что требует разработки специфических терапевтических подходов.

Одна из ключевых проблем терапии трудоголизма заключается в том, что мотивация клиента на изменение часто низкая или отсутствует: работа приносит субъективные выгоды (чувство контроля, избегание тревоги, социальное одобрение), а негативные последствия локализованы в отдаленном будущем [2]. Стандартные протоколы когнитивно-поведенческой терапии для зависимостей (например, для алкогольной или игровой) оказываются недостаточно эффективными применительно к трудоголизму [3], поскольку требуют не только отказа от поведения, но и перестройки самоидентификации, профессиональной роли и базовых представлений об успехе [4].

В этой связи возникает необходимость в разработке типологии психотерапевтических мишеней – то есть конкретных психологических образований (когнитивных, эмоциональных, поведенческих, мотивационных и средовых), с которыми может работать терапевт. Традиционные классификации (например, деление на первичные и вторичные симптомы) не учитывают динамики: один и тот же фактор может выступать как предиктор возникновения трудоголизма (например, перфекционизм, заданный воспитанием), затем трансформироваться в поддерживающий паттерн поведения (компульсивное взятие дополнительных задач) и, наконец, становиться препятствием для выхода из аддикции (страх пустоты без работы). Без системного анализа этих переходов терапия рискует быть хаотичной: терапевт будет работать с текущим тревожным симптомом, упуская доклинический предиктор, который активируется при стрессе [5].

Цель исследования – на основе эмпирического исследования разработать типологию мишеней психотерапии при трудоголизме, разделяя факторы, предшествующие возникновению аддикции, и актуальные поведенческие паттерны, обеспечивающие ее самоподдержание. В работе предлагается ответ на два взаимосвязанных вопроса:

1) какие психологические переменные на этапе, предшествующем клинически выраженному трудоголизму, с высокой вероятностью предсказывают его формирование;

2) какие актуальные поведенческие и когнитивные паттерны у уже сформировавшихся трудоголиков обеспечивают самоподдержание аддиктивного цикла.

На основе этой дихотомии формулируются специфические терапевтические интервенции: от профилактических (работа с предикторами) до коррекционных (дезавуирование поддерживающих паттернов).

Гипотеза исследования: типология мишеней носит не линейный, а циклический характер – предикторы возникновения при определенных условиях трансформируются в поддерживающие паттерны, и наоборот, успешное разрушение поддерживающих паттернов может активировать латентные предикторы (например, снижение рабочей нагрузки запускает исходный перфекционизм как черту). Поэтому терапевтические мишени должны быть организованы не иерархически, а в виде сети взаимовлияний.

Методы и организация исследования. Исследование проводилось в период с мая по сентябрь 2025 года. Выборка составила 90 человек (48 мужчин, 42 женщины) в возрасте от 25 лет до 51 года (средний возраст – 37,4±6,2 лет). Критерии включения:

1) рабочий стаж – не менее 5 лет;

2) регулярные переработки (более 10 часов сверх нормы в неделю по самоотчету) в течение как минимум последних 12 месяцев;

3) суммарный балл по Голландской шкале трудоголизма (Dutch Work Addiction Scale, DUWAS) не менее 42 баллов (высокий уровень);

4) отсутствие острых психотических расстройств или органического поражения центральной нервной системы.

Критерии исключения: текущая алкогольная или наркотическая зависимости (кроме никотиновой), беременность, тяжелые соматические заболевания в стадии декомпенсации.

Проведено кросс-секционное сравнительное исследование с элементами ретроспективного анализа (для оценки предикторов использовался метод структурированного интервью о периоде за 2 года до достижения критериев трудоголизма).

Все участники подписали информированное согласие.

Методики сбора данных (психологическое тестирование и полуструктурированное интервью):

1) DUWAS (русскоязычная валидизация В.А. Штроо, 2019) – оценка уровня трудоголизма по двум субшкалам: работа сверх меры (excessive work) и компульсивная работа (compulsive work). α Кронбаха для выборки = 0,89;

2) Многомерная шкала перфекционизма Хьюитта-Флетта (Hewitt & Flett, 1991; адаптация И.И. Грачевой, 2006) – измеряет три вида перфекционизма: самоориентированный, социально предписанный и ориентированный на других. Использовалась для выявления предикторов;

3) Шкала тревоги и депрессии HADS (Zigmond & Snaith, 1983) – для контроля коморбидного аффективного статуса.

Статистический анализ проведен в SPSS 26.0. Применялись: описательная статистика (M, σ), t-критерий Стьюдента для сравнения подгрупп, корреляционный анализ Пирсона, иерархический кластерный анализ (метод Варда, квадрат евклидова расстояния) для выделения паттернов поддерживающего поведения, а также факторный анализ (главных компонент с варимакс-вращением) для структурирования предикторов. Для оценки предсказательной силы предикторов использовалась бинарная логистическая регрессия (зависимая переменная – медианный сплит по тяжести трудоголизма: выше/ниже 45 баллов DUWAS). Критический уровень значимости $p<0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты подтвердили гетерогенность выборки по клиническим проявлениям: средний балл DUWAS составил 48,3±5,1 (работа сверх меры – 25,7±3,8, компульсивная работа – 22,6±4,0). По HADS клинически выраженные признаки тревоги (≥11 баллов) выявлены у 61% (55 человек), признаки субклинической депрессии (8-10 баллов) – у 47% (42 человека), что согласуется с литературными данными о коморбидности трудоголизма с признаками аффективных расстройств.

В ходе исследования были идентифицированы 6 основных предикторов, статистически значимо различавших участников с признаками тяжелого (n=48) и умеренного (n=42) трудоголизма ($p<0,01$ для всех сравнений). Факторный анализ этих переменных выявил три фактора, объясняющих 71,4% дисперсии.

Первый фактор (28,6% дисперсии) – «Аффективная нестабильность с избеганием»*:* высокий нейротизм по самоотчету (из интервью о преморбидном периоде), низкая толерантность к неопределенности, склонность к руминациям. Испытуемые описывали, что уже за 2 года до становления признаков трудоголизма они испытывали трудности с переключением между задачами и использовали монотонную работу как способ снижения тревоги. этот предиктор является «аффективным фундаментом»: работа становится регулятором настроения.

Второй фактор (24,3% дисперсии) – «Социально-транслируемый перфекционизм». По шкале Хьюитта-Флетта социально предписанный перфекционизм по признакам в группе с тяжелым трудоголизмом достигает 78,6 баллов, в группе с умеренным – 61,3 балл ($t=5,98$, $p<0,001$). Одновременно фиксируется убеждение «Работа определяет мою ценность для других». Самоориентированный перфекционизм между группами не различается ($p=0,12$). Следовательно, запускающим механизмом служат не личные стандарты, а приписываемые ожидания от окружения – руководителя, партнера, родителей. У женщин связь этого предиктора с тяжестью аддикции выражена сильнее ($r=0,48$, $p=0,002$).

Третий фактор (18,5% дисперсии) – «Семейная модель сверхвовлеченности». Включает два условия: наличие хотя бы одного родителя с признаками трудоголизма (по сообщению участника) либо воспитание, при котором достижения ребенка становились единственным основанием для похвалы и привязанности. Логистическая регрессия дает для этого предиктора отношение шансов 3,8 (95% ДИ 1,9-7,6). Передача рабочих паттернов из поколения в поколение происходит через идентификацию и неосознаваемое повторение семейных сценариев.

По данным кластерного анализа выделены три устойчивых поведенческих профиля (табл.). Они обозначены как компенсаторно-ритуальный, социально-одобряемый

и диссоциативно-избегающий. Каждому профилю соответствует свой набор мишеней для психотерапии.

Паттерн А (n=34, 37,8%) – «Компенсаторно-ритуальный». В этой группе преобладают действия, связанные с микроконтролем и повторяющимися ритуалами. Типичные примеры: перепроверка писем в среднем 4,6 раза за день, ежедневное составление дополнительных списков дел (88% участников), сортировка файлов по папкам дольше 10 минут перед стартом работы. Убеждение «Нельзя допустить ошибку» коррелирует с паттерном А с коэффициентом r=0,71. Для психотерапии здесь значим не столько реальный объем задач, сколько сами ритуалы, которые лишь имитируют продуктивность. Человек с таким паттерном не заканчивает рабочий день, пока не выполнит определенное действие – например, не перечитает все непрочитанные сообщения, даже если они не требуют ответа. Задача терапевта – ввести ограничители для ритуалов («контейнеры») и использовать экспозицию с блокировкой ритуального действия.

Таблица

Типология паттернов поддерживающего поведения при трудоголизме

Профиль	Число человек, %	DUWAS, M±σ	Поведенческие признаки
A: Компенсаторно-ритуальный	34 (37,8%)	47,2±4,5	Перепроверка писем в среднем 4,6 раз/день; ежедневные дополнительные списки у 88%; сортировка файлов дольше 10 мин до начала работы
B: Социально-одобряемый	31 (34,4%)	46,9±5,0	Согласие на срочные задачи с последующими жалобами; доступность в мессенджерах после 22 ч; добровольное принятие чужих ошибок
C: Диссоциативно-избегающий	25 (27,8%)	52,1±4,9	Рабочие отрезки от 4 часов без пауз; пропуск приемов пищи, игнорирование головной боли; продолжение работы при низкой отдаче

Примечание: DUWAS – Голландская шкала трудовой зависимости.

Паттерн В (n=31, 34,4%) – «Социально-одобряемый». Центральное звено – поведение, рассчитанное на внешнее признание. Человек публично соглашается на срочные задания, а затем жалуется на усталость (парадокс: и то, и другое вместе); остается на связи в мессенджерах после 22:00; берет на себя чужие ошибки со словами «Я лучше переделаю сам». Корреляция с социально предписанным перфекционизмом – r=0,65, с убеждением «Работа = моральная ценность» – аналогичная. Участники из этой группы получают вторичную выгоду: симпатию коллег («Он незаменим») и уход от конфликтов. Мишень терапии – системы подкрепления в реальном окружении. Без изменений в окружении (тренинг отказа без вины, пересмотр роли «спасателя») паттерн сохраняется.

Паттерн С (n=25, 27,8%) – «Диссоциативно-избегающий». Это самая малочисленная, но и самая тяжелая группа: средний балл DUWAS = 52,1, что на 8% выше, чем в группах А и В. Во время работы человек «выпадает» из телесных и эмоциональных ощущений: теряет счет времени, забывает поесть, не замечает усталости вплоть до острого истощения. Типичные действия: работа без перерывов дольше 4 часов подряд, игнорирование голода и головной боли, продолжение работы даже при низкой эффективности («Все равно делаю хоть что-то»). Паттерн коррелирует с субклиническими диссоциативными симптомами (скрининг по опроснику для оценки диссоциативных симптомов (DES-C) в интервью). Терапевтическая мишень – возвращение интероцептивной осознанности и остановка автоматического поведения. В интервенциях нужны протоколы майндфулнес, обязательные микропаузы с телесным якорем.

Предиктор «Семейная модель сверхвовлеченности» с равной вероятностью приводит к любому из трех паттернов (χ^2=2,34, p=0,31). Предиктор «Аффективная нестабильность» в 64% случаев ведет к паттерну С (диссоциативному). Это означает, что формулировка случая должна быть индивидуальной: если у человека был тревожный преморбид, начинать надо с работы с диссоциативными механизмами, а не с перфекционистских убеждений.

Предикторы (особенно семейные и личностные) часто не воспринимаются

клиентом как проблема. Человек приходит с жалобой на усталость, а не на «социально предписанный перфекционизм». Поддерживающие паттерны, напротив – это поведение «здесь и сейчас», которое клиент способен описать (даже если не считает его проблемным). Поэтому терапевтическая стратегия строится в два этапа. Первый этап – прерывание паттерна через поведенческие эксперименты, например, «Попробуйте один день не перепроверять письма». Второй этап – работа с предикторами, чтобы снизить риск рецидива в стрессовой ситуации.

Если начать с предикторов без изменения поведения, клиент часто уходит в интеллектуализацию без реальных изменений.

Наши данные также показывают, что существующие шкалы трудоголизма (включая DUWAS) недостаточно дифференцируют паттерны. Два человека с одинаковым суммарным баллом могут иметь абсолютно разную структуру поддерживающего поведения (один – ритуальный контроль, другой – социальная демонстрация), что требует разных мишеней. Это аргументирует необходимость включения в стандартную диагностику оценки поведенческого репертуара, а не только симптоматической интенсивности.

Заключение. Проведенное исследование на выборке из 90 человек с клинически значимым трудоголизмом позволило эмпирически обосновать типологию психотерапевтических мишеней, дифференцированных по функциональному критерию «предикторы возникновения – паттерны поддерживающего поведения». Выделены три группы предикторов: аффективная нестабильность с избеганием (нейротизм, низкая толерантность к неопределенности), социально-транслируемый перфекционизм (социально предписанный тип, а не самоориентированный) и семейная модель сверхвовлеченности (трансгенерационная передача). В свою очередь, три поддерживающих паттерна – компенсаторно-ритуальный (микроконтроль и ритуализация), социально-одобряемый (демонстративная доступность и взятие чужих задач) и диссоциативно-избегающий (утрата контакта с телесными сигналами) – требуют разных терапевтических интервенций.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Турецкая, И.Ю. Трудоголизм как психологический феномен: дифференциация от вовлеченности и анализ этиопатогенеза / И.Ю. Турецкая // Парадигма. – 2025. – № 9-2. – С. 159-163. [in English] Turetskaya I.Yu. Workaholism as a psychological phenomenon: Differentiation from involvement and analysis of etiopathogenesis. *Paradigma*, 2025, no. 9-2, pp. 159-163. (in Russ.)
2. Work addiction risk, stress and well-being at work: testing the mediating role of sleep quality / M. Charkhabi, A. Firoozabadi, L. Seidel [et al.] // Frontiers in public health. – 2024. – Vol. 12. – P. 1352646.
3. Atroszko, P.A. Work addiction / P.A. Atroszko // Behavioral addictions: Conceptual, clinical, assessment, and treatment approaches. – Cham: Springer International Publishing, 2022. – P. 213-240.
4. Balducci, C. The individual "costs" of workaholism: An analysis based on multisource and prospective data / C. Balducci, L. Avanzi, F. Fraccaroli // Journal of Management. – 2018. – Vol. 44. – No. 7. – P. 2961-2986.
5. Zahid, R. The dark side of success: Impostor phenomenon as a predictor of self-sabotaging behavior and workaholism / R. Zahid, M. Fiaz, M. Taus // Open Access Organization and Management Review. – 2024. – Vol. 3. – No. 1. – P. 8-18.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:
Мария Александровна Яблокова – аспирант Новосибирского государственного университета экономики и управления, Новосибирск, e-mail: applekova@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR:
Maria A. Yablokova – Postgraduate Student, Novosibirsk State University of Economics and Management, Novosibirsk, e-mail: applekova@mail.ru.

Для цитирования: Яблокова, М.А. Типология психотерапевтических мишеней при трудоголизме: от предикторов возникновения к паттернам поддерживающего поведения / М.А. Яблокова // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_21

For citation: Yablokova M.A. Typology of psychotherapeutic targets in workaholism: from occurrence predictors to patterns of behavior maintenance. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_21

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_22
УДК 616-057

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_22
UDC 616-057

КОРРЕКЦИЯ ОКСИДАТИВНОГО СТРЕССА У ЛИЦ ОПАСНЫХ ПРОФЕССИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИРОДНЫХ ЛЕЧЕБНЫХ РЕСУРСОВ

А.С. Кайсинова[1,2], Д.С. Моисеенко[3], А.А. Федоров[4,5], Р.М. Гусов[2], Н.В. Ефименко[1]

[1]Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства», г. Ессентуки, Россия
[2]Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Пятигорск, Россия
[3]Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Кавказский специализированный санаторно-реабилитационный центр МЧС России», г. Кисловодск, Россия
[4]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Екатеринбург, Россия
[5]Федеральное бюджетное учреждение науки «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, г. Екатеринбург, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Цель – оценить коррекционный потенциал природных лечебных факторов Кисловодского курорта в комплексе с рациональной фармакотерапией оксидативного стресса у лиц опасных профессий. ***Методы.*** В исследование были включены 64 сотрудника Государственной противопожарной службы с гипертонической болезнью 1 стадии/артериальная гипертензия I-II степени и/или стенокардия напряжения I-II функциональный класс на фоне синдрома хронической усталости. В контрольной группе пациенты получали стандартную климато-, бальнео- и физиотерапию; в основной – дополнительно тиоктовую кислоту и динамическую электронейростимуляцию на биологически активные точки. ***Результаты.*** В основной группе отмечено снижение уровней малонового диальдегида в 2,2 раза ($p<0,01$) и диеновых конъюгатов в 1,8 ($p<0,01$), повышение глутатионпероксидазы в 1,7 раз ($p<0,01$), супероксиддисмутазы – в 1,3 ($p<0,05$), каталазы – в 1,6 ($p<0,01$), витамина Е – в 1,5 ($p<0,01$), витамина С – в 1,4 ($p<0,01$), что свидетельствовало о повышении адаптационных ресурсов организма. ***Заключение.*** Разработана и реализована программа коррекции оксидативного стресса с комплексным применением природных лечебных ресурсов и фармакологических регуляторов метаболизма.

Ключевые слова: оксидативный стресс, лица опасных профессий, природные лечебные ресурсы, медикаментозная поддержка.

OXIDATIVE STRESS CORRECTION IN INDIVIDUALS IN HAZARDOUS OCCUPATIONS USING NATURAL HEALING RESOURCES

A.S. Kajsinova[1,2], D.S. Moiseenko[3], A.A. Fedorov[4,5], R.M. Gusov[2], N.V. Efimenko[1]

[1]North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency, Essentuki, Russia
[2]Volgograd State Medical University, Pyatigorsk, Russia
[3]North Caucasus Specialized Sanatorium and Rehabilitation Center of the Russian EMERCOM, Kislovodsk, Russia
[4]Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia
[5]Ekaterinburg Medical and Scientific Center for Prevention and Health Protection of Industrial Workers, Ekaterinburg, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Objective – to evaluate the corrective potential of natural therapeutic factors of the Kislovodsk resort in combination with rational pharmacotherapy of oxidative stress in individuals of hazardous professions. ***Methods.*** The study included 64 employees of the State Fire Service with stage 1 hypertension/stage I-II arterial hypertension and/or functional class I-II angina pectoris against the background of chronic fatigue syndrome. In the control group, patients received standard climatic, balneological, and physiotherapy treatment; in the main group, they received additional treatment with thioctic acid and dynamic electrical nerve stimulation of biologically active points. ***Results.*** In the main group, there was a 2.2-fold decrease in the levels of malondialdehyde ($p<0.01$) and diene conjugates – 1.8-fold ($p<0.01$), an 1.7-fold increase ($p<0.01$) in glutathione peroxidase, superoxide dismutase – 1.3-fold ($p<0.05$), catalase – 1.6-fold ($p<0.01$), vitamin E – 1.5 fold ($p<0.01$), vitamin C – 1.4-fold ($p<0.01$), which indicated enhanced adaptive resources of the body. ***Conclusion.*** A program for correcting oxidative stress with the complex use of natural healing resources and pharmacological regulators of metabolism has been developed and implemented.

Keywords: oxidative stress, people in hazardous professions, natural healing resources, drug support.

Введение. Известно, что работа в опасных и вредных условиях труда приводит к стойким функциональным изменениям в организме, развитию профессиональных заболеваний, в основе патогенеза которых лежит и истощение адаптационных систем организма [1, 2]. При этом первыми реагируют оксидантные и антиоксидантные системы организма, что формирует проявления оксидативного стресса – нарушение баланса между образованием свободных радикалов и способностью организма их нейтрализовывать. В свою очередь, оксидативный стресс на ранних этапах ведет к эмоциональному выгоранию и синдрому хронической усталости, которые являются базой развития различных хронических сердечно-сосудистых заболеваний [3, 4].

Следует отметить, что на сегодняшний день психологической службой Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) разработаны методы медико-психологической реабилитации работников опасных профессий, в частности Государственной противопожарной службы (ГПС) [1, 2]. В то же время недостаточно внимания уделяется технологиям коррекции оксидативного стресса у данного контингента пациентов. В этом аспекте важную роль играет проведение реабилитации данного контингента в санаторно-курортных условиях, что обусловлено благоприятным саногенетическим воздействием природных лечебных ресурсов (климатотерапии, питьевых минеральных вод, углекислых минеральных ванн и др.) на процессы метаболизма (липидный обмен, гормоны сыворотки крови, процессы перекисного окисления липидов, активность ферментов сыворотки крови и др.) [5-10].

Цель исследования: оценить коррекционный потенциал природных лечебных факторов Кисловодского курорта в комплексе с рациональной фармакотерапией оксидативного стресса у лиц опасных профессий.

Методы и организация исследования. Проведено открытое рандомизированное исследование, в которое были включены 64 сотрудника ГПС, поступивших на реабилитацию в Северо-Кавказский специализированный санаторно-реабилитационный центр МЧС России с выявленными при проведении периодических медицинских осмотров болезнями системы кровообращения на фоне синдрома хронической усталости.

Критерии включения: сотрудники ГПС мужского пола в возрасте от 24 до 55 лет; стаж работы пожарным – 5-10 лет; гипертоническая болезнь 1 стадии/артериальная гипертензия (АГ) I-II степени и/или стенокардия напряжения I-II функциональный класс, хроническая сердечная недостаточность 0 стадии; синдром эмоционального выгорания 1-3 стадии (Z73.0 Переутомление); подписанное информированное добровольное согласие.

Критерии невключения: АГ выше II степени; стенокардия напряжения выше II функционального класса; противопоказания для санаторно-курортного лечения и медицинской реабилитации с применением природных лечебных ресурсов в соответствии с приказом Минздрава России от 27.03.2024 N 143н.

Критерии исключения: нарушение протокола научно-исследовательской работы; отказ от участия в исследовании.

Все пациенты были рандомизированы (метод конвертов) на 2 группы наблюдения. В контрольной группе (n=32) в программу реабилитации были включены: диетотерапия (нормокалорийный рацион с достаточным количеством белков, жиров, углеводов, витаминов и микроэлементов); лечебная физкультура малыми группами длительностью 30 мин, ежедневно, 10 процедур на курс лечения; терренкур по маршруту № 2 в условиях Национального парка «Кисловодский», протяженностью в оба конца 5200 м, при угле подъема 5-12^{o}, скоростью ходьбы 50-60 шагов в минуту, с постепенным переходом на среднюю скорость движения (до 80-100 шагов в мин), ежедневно; внутренний прием среднеминерализованной углекислой железистой сульфатно-гидрокарбонатной натриево-магниево-кальциевой минеральной воды с повышенным содержанием кремниевой кислоты «Сульфатный нарзан» в дозе 3,0 мл на 1 кг массы тела, 3 раза в день, за 30-40 мин до еды; углекислые минеральные

(нарзанные) ванны, температура воды в ванне – 36-37°С, длительность – 15 мин, на курс 8 ежедневных процедур; системная магнитотерапия вращающимся импульсным магнитным полем при прямом направлении вращения на магнитотерапевтической установке «ЭОЛ» (Россия), с длительностью цикла 60 с, максимальной индукцией 2,0 мТл, частотой 100 Гц, длительностью процедуры 15 мин, в количестве 8 процедур; малогрупповая психокоррекция продолжительностью 30 мин, на курс лечения 8 процедур. В основной группе (n=32) дополнительно были назначены: фармакотерапия регуляторами метаболизма – тиоктовая кислота (Россия), 600 мг/сут, внутривенно капельно, № 10 инъекций, ежедневно; затем продолжали пероральный прием альфа-липоевой кислоты, 100 мг (Эвалар, Россия), по 1 капсуле 1 раз в день; динамическая электронейростимуляция от электростимулятора чрескожного универсального «ДЭНАС-Комплекс» (Россия) на биологически активные точки (Хэ-гу, Су-Джок, Шэнь-мэнь, Чи Цзэ, Цзю-сан-ли, Фу Лю, Бай-хуэй, Юн-цюань), режим – «Терапия», частота – 7710 Гц, продолжительность – по 5 мин на каждую точку, на курс 10 ежедневных процедур.

Для оценки эффективности реабилитационных вмешательств были исследованы показатели активности пероксидации липидов в сыворотке крови: малоновый диальдегид (МДА) – по реакции с тиобарбитуровой кислотой фотометрическим методом; диеновые конъюгаты (ДК) – с использованием конъюгированных диеновых структур гидроперекисей липидов; и антиоксидантной способности по уровню: глутатионпероксидаза (ГПО) – фотометрическим методом; каталаза (К) – методом М.А. Королюк; супероксиддисмутаза (СОД) – методом иммуноферментного анализа с использованием моноклональных антител; витамины С (аскорбиновая кислота) и Е (токоферол) – высокоэффективной жидкостной хроматографией с масс-спектрометрией [11-13].

Статистическая обработка результатов исследования была выполнена с использованием валидизированной программы Statistica-13.0, проверка на нормальность распределения данных проводилась с применением критерия Шапиро-Уилка. Для показателей, имеющих нормальное распределение, проводился расчет средних арифметических и стандартных отклонений (M±σ), рассчитывался t-критерий Стьюдента, результаты считались статистически значимыми при $p<0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Проведенный на основе сопоставления анализ непосредственных наблюдений свидетельствовал о правильно выбранной терапевтической тактике: в основной группе динамические (конечные) показатели достигли референсных значений при достоверно значимых межгрупповых различиях в большинстве случаев.

Таблица

Показатели оксидативного стресса у лиц опасных профессий с болезнями системы кровообращения на фоне синдрома эмоционального выгорания до и после реабилитации, M±σ

Показатели	Основная группа (n=32)		Группа контроля (n=32)	
	До	После	До	После
МДА, мкмоль/л	6,9±1,8	3,1±1,0**′	6,7±1,5	4,8±1,1**
ДК, мкмоль/л	2,4±0,9	1,3±0,5**′	2,3±0,8	1,7±0,6**
ГПО, мкмоль/л	14,9±3,8	25,4±5,0**′	15,1±3,9	18,6±4,3*
СОД, нг/мл	12,2±3,1	16,8±3,6*	12,4±3,3	14,2±3,5
К, мкат/л	16,2±4,1	26,6±5,4**′	16,4±4,0	19,5±4,4
Витамин Е, мкг/мл	9,4±2,6	14,5±3,8**	9,8±3,5	12,3±3,4*
Витамин С, мкг/мл	11,2±2,8	16,3±3,7**′	11,5±2,7	13,2±2,9

Примечание: МДА – малоновый диальдегид; ДК – диеновые конъюгаты; ГПО – лутатионпероксидаза; СОД – супероксиддисмутаза; К – каталаза; * и ** – достоверность различий с данными до реабилитации $p<0,05$ и $p<0,01$, соответственно; ′ – достоверность различий с контрольной группой в конечных результатах.

Как представлено в таблице, в основной группе уровень МДА снизился в 2,2 раза ($p<0,01$), ДК – в 1,8 раз ($p<0,01$), что констатировало снижение продукции активных форм кислорода. В группе контроля также отмечалась достоверно значимая положительная динамика, однако в обоих случаях были выявлены межгрупповые различия при $p<0,05$.

Оценка содержания антиоксидантных ферментов также показала их достоверное повышение в сыворотке крови у пациентов основной группы: ГПО – в 1,7 раз ($p<0,01$), СОД – в 1,3 раз ($p<0,05$), К – в 1,6 раз ($p<0,01$), витамина Е – в 1,5 раз ($p<0,01$), витамина С – в 1,4 раз ($p<0,01$), что свидетельствовало о повышении адаптационных ресурсов организма. В группе контроля отмечена только четкая тенденция к улучшению показателей, кроме витамина Е, уровень которого статистически значимо вырос (в 1,3 раз; $p<0,05$). Наиболее существенные различия выявлены при межгрупповом сравнении конечных результатов тестов, с достоверным преимуществом основной программы реабилитации по всем изученным биохимическим параметрам ($p<0,05$-$0,01$).

Анализ литературы свидетельствует о наличии синдрома эмоционального выгорания на фоне оксидативного стресса у работников ГПС, во многом обуславливающего развитие хронических неинфекционных заболеваний, в первую очередь болезней системы кровообращения [1, 2, 14]. При этом основным патогенетическим механизмом может считаться дисбаланс про- и антиоксидантных систем [3, 4].

В ряде работ приведены данные о регулирующем влиянии лечебных физических факторов на процессы перекисного окисления липидов и антиоксидантную защиту [15-18]. Включение в программу реабилитации углекислой железистой сульфатно-гидрокарбонатной натриево-магниево-кальциевой минеральной воды «Сульфатный нарзан», обладающей выраженным антиоксидантным эффектом, углекислых минеральных ванн и физических нагрузок, характеризующихся кардиотропным и нейротропным воздействием, системной магнитотерапии и динамической электронейростимуляции на биологически активные точки, отвечающие за метаболические процессы, а также регулятора метаболизма тиоктовой кислоты в целом способствовало снижению уровня активных форм кислорода и повышению антиоксидантного потенциала крови.

Заключение. Разработана и реализована программа коррекции оксидативного стресса с комплексным применением природных лечебных ресурсов (климатоландшафтотерапии в условиях Национального парка «Кисловодский», углекислой, железистой сульфатно-гидрокарбонатной натриево-магниево-кальциевой минеральной воды с повышенным содержанием кремниевой кислоты «Сульфатный нарзан», углекислых минеральных (нарзанных) ванн), фармакологических регуляторов метаболизма (тиоктовая кислота) и физических, в том числе аппаратных, факторов, направленная на снижение уровня активных форм кислорода и повышение антиоксидантного потенциала, что, по-видимому, позволит снизить психоэмоциональную напряженность у работников ГПС, оказывая профилактику утяжеления течения сердечно-сосудистых заболеваний, сохраняя их профессиональное долголетие.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков, С.И. Коррекция дезадаптивного нервно-психического состояния у сотрудников государственной противопожарной службы МЧС России с помощью дыхательных психотехнологий : автореф. дисс. канд. мед. наук / Сергей Иванович Волков. – Санкт-Петербург, 2007. – 149 с.

2. Заборовская, В.Г. Оценка влияния курса медико-психологической реабилитации на психофизиологический статус сотрудников МЧС России / В.Г. Заборовская, Е.В. Куричкова, В.О. Штумф // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. – 2016. – № 3. – С. 51-56.

3. Окислительный стресс и антиоксидантная защита у лиц разного возраста, имеющих контакт с вредными производственными факторами / И.А. Умнягина, Т.В. Блинова, Л.А.

Страхова [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2019. – № 3. – С. 104-111.
4. Оценка оксидативного стресса у сотрудников ГПС МЧС России и основные направления его коррекции / Под ред. профессора С.С. Алексанина. – СПб.: ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России, 2019. – 55 с.
5. Бадтиева, В.А. Низкочастотное «бегущее» магнитное поле в лечении больных хронической венозной недостаточностью нижних конечностей / В.А. Бадтиева, Н.В. Трухачева, Т.В. Апханова // Вестник восстановительной медицины. – 2013. – № 3(55). – С. 10-14.
6. Обоснование включения импульсного низкочастотного электростатического массажа в комплексные лечебные и реабилитационные программы / Н.Б. Корчажкина, А.А. Михайлова, Д.И. Колгаева [и др.] // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2019. – Т. 18. – № 3. – С. 191-194. DOI: 10.17816/1681-3456-2019-18-3-191-194.
7. Патент № 2587970 C1 Российская Федерация, МПК A61H 21/00, A61H 23/00. Способ повышения функциональных резервов организма : № 2015102474/14 : заявл. 27.01.2015 : опубл. 27.06.2016 / С.П. Драган, А.В. Богомолов, С.М. Разинкин [и др.].
8. Узденов, М.Б. Модифицированные селеном питьевые маломинерализованные минеральные воды в медицинской реабилитации больных с коморбидной патологией / М.Б. Узденов // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2021. – Т. 98. – № 3-2. – С. 196.
9. Федоров, А.А. Опыт применения пассивной подвесной системы в комплексной реабилитации больных после эндопротезирования тазобедренного сустава / А.А. Федоров, Е.А. Баранов, В.М. Рыжкин // Курортная медицина. – 2020. – № 1. – С. 52-58.
10. Физическая и реабилитационная медицина: Национальное руководство / Под ред. Г.Н. Пономаренко. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2025. – 704 с.
11. Методы и маркеры донозологической диагностики и мониторинга индивидуального здоровья и поддержания активного долголетия / Н.Б. Корчажкина, А.А. Михайлова, А.В. Бадимова [и др.] // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2023. – Т. 100. – № 5-2. – С. 20-21.
12. Современные подходы к разработке системы валидных методов мониторинга индивидуального здоровья и поддержания активного долголетия / Н.Б. Корчажкина, А.А. Михайлова, И.В. Решетова [и др.] // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2023. – Т. 100. – № 6. – С. 6-13. DOI: 10.17116/kurort20231000616.
13. Определение прогностически значимых маркеров донозологического выявления предикторов ожирения и метаболических нарушений / К.В. Котенко, А.А. Михайлова, А.В. Бадимова [и др.] // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2023. – Т. 100. – № 5-2. – С. 21.
14. Раннее выявление группы риска развития и профилактики неинфекционных заболеваний среди сотрудников МЧС России: руководство под ред. С.С. Алексанина / Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России. – СПб.: ООО «НПО ПБ АС», 2020. – 90 с.
15. Санаторно-курортное лечение : Национальное руководство. Краткое издание. / Г.Р. Абусева, П.В. Антипенко, В.А. Бадтиева [и др.]. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2022. – 704 с.
16. Роль физических нагрузок и питьевых минеральных вод в профилактике и лечении абдоминального ожирения – основы метаболического синдрома / Ю.Б. Бариева, Л.А. Ботвинева, А.С. Кайсинова, Н.А. Самсонова // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2017. – Т. 16. – № 5. – С. 228-233.
17. Медицинская онкореабилитация. Опухоли шеи и средостения / Н.Б. Корчажкина, К.В. Котенко, Т.И. Грушина [и др.]. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2026. – 184 с.
18. Озонотерапия при гастродуоденальной патологии, ассоциированной с Helicobacter pylori / А.А. Федоров, А.С. Громов, С.В. Сапроненок [и др.] // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2006. – № 6. – С. 34-37.

REFERENCES

1. Volkov S.I. Correction of maladaptive neuropsychic state in employees of the State Fire Service of the Russian EMERCOM using breathing techniques: an author's abstract. Saint Petersburg, 2007. 149 p. (in Russ.)
2. Zaborovskaya V.G., Kurichkova E.V., Shtumf V.O. Influence of the course of medical and psychological rehabilitation on the psychophysiological status of Russian EMERCOM employees. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*, 2016, no. 3, pp. 51-56. (in Russ.)
3. Umnyagina I.A., Blinova T.V., Strakhova L.A. et al. Oxidative stress and antioxidant protection in people of various age under contact with adverse occupational factors. *Health Risk Analysis*, 2019, no. 3, pp. 104-111. (in Russ.)
4. Assessment of oxidative stress in employees of the State Fire Service of the Russian EMERCOM and the main directions for its correction. Aleksanin S.S., ed. Saint Petersburg: Nikiforov's All-Russian

Center for Emergency and Radiation Medicine, 2019. 55 p. (in Russ.)
5. Badtieva V.A., Trukhacheva N.V., Apkhanova T.V. The low frequency “running” the magnetic field in the treatment of patients with chronic venous insufficiency of the lower limbs. B*ulletin of Rehabilitation Medicine*, 2013, vol. 55, no. 3, pp. 10-14. (in Russ.)
6. Korchazhkina N.B., Mikhailova A.A., Kolgaeva D.I. Kovalev S.A., Rzhevsky V.S. Justification for the inclusion of pulsed low-frequency electrostatic massage in complex treatment and rehabilitation programs. *Russian Journal of the Physical Therapy, Balneotherapy and Rehabilitation*, 2019, vol. 18, no. 3, pp. 191-194. DOI: 10.17816/1681-3456-2019-18-3-191-194. (in Russ.)
7. Dragan S.P., Bogomolov A.V., Razinkin S.M. et al. Method for increasing the functional reserves of the body. Patent for invention RU 2587970 C1, 2016. (in Russ.)
8. Uzdenov M.B. Selenium-modified drinking low-mineralized mineral waters in medical rehabilitation of patients with comorbid pathology. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*, 2021, vol. 98, no. 3-2, p. 196. (in Russ.)
9. Fedorov A.A., Baranov E.A., Ryzhkin V.M. Experience of a passive suspension system in complex rehabilitation of patients after hip replacement. *Resort Medicine*, 2020, no. 1, pp. 52-58. (in Russ.)
10. Physical and Rehabilitation Medicine: National Guidelines. Ponomarenko G.N., ed. 2nd edition, revised and supplemented. Moscow: GEOTAR-Media, 2025. 704 p. (in Russ.)
11. Korchazhkina N.B., Mikhailova A.A., Badimova A.V. et al. Methods and markers of pre-clinical diagnostics and monitoring of individual health and maintenance of active longevity. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*, 2023, vol. 100, no. 5-2, pp. 20-21. (in Russ.)
12. Korchazhkina N.B., Mikhailova A.A., Reshetova I.V. et al. Modern approaches to developing a system of valid methods for monitoring individual health and maintaining active longevity. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*, 2023, vol. 100, no. 6, pp. 6-13. DOI: 10.17116/kurort20231000616. (in Russ.)
13. Kotenko K.V., Mikhailova A.A., Badimova A.V. et al. Definition of prognostically significant markers for pre-clinical detection of obesity and metabolic disorders predictors. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*, 2023, vol. 100, no 5-2, p. 21. (in Russ.)
14. Early Detection of the Risk Group for the Development and Prevention of Non-Communicable Diseases Among the Employees of the Russian EMERCOM: Guidelines. Aleksanin S.S., ed. Nikiforov’s All-Russian Center for Emergency and Radiation Medicine. Saint Petersburg: NPO PB AS LLC, 2020. 90 p. (in Russ.)
15. Abuseva G.R., Antipenko P.V., Badtieva V.A. et al. Sanatorium-Resort Treatment: National Guidelines. Brief Edition. Moscow: GEOTAR-Media, 2022. 704 p. (in Russ.)
16. Barieva Yu.B., Botvineva L.A., Kaisinova A.S., Samsonova N.A. Role of physical loads and drinking mineral water in prevention and treatment of obesity – basis of metabolic syndrome. *Russian Journal of the Physical Therapy, Balneotherapy and Rehabilitation*, 2017, vol. 16, no. 5, pp. 228-233. (in Russ.)
17. Korchazhkina N.B., Kotenko K.V., Grushina T.I. et al. Medical cancer rehabilitation. Tumors of the neck and mediastinum. Moscow: GEOTAR-Media, 2026, 184 p. (in Russ.)
18. Fedorov A.A., Gromov A.S., Sapronenok S.V. et al. Ozone therapy in gastroduodenal pathology associated with Helicobacter pylori. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*, 2006, no 6, pp. 34-37. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Агнесса Сардоевна Кайсинова – доктор медицинских наук, заместитель генерального директора Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства, Ессентуки; профессор кафедры медицины катастроф, Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал Волгоградского государственного медицинского университета, Пятигорск, e-mail: zamoms@skfmba.ru, ORCID: 0000-0003-1199-3303.

Дмитрий Сергеевич Моисеенко – директор Северо-Кавказского специализированного санаторно-реабилитационного центра МЧС России, Кисловодск; e-mail: info@skssrc.26.mchs.gov.ru, ORCID: 0000-0003-3764-3360.

Андрей Алексеевич Федоров – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры физической и реабилитационной медицины, Уральский государственный медицинский университет Минздрава России; ведущий научный сотрудник отделения физических методов лечения, Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий, Екатеринбург; e-mail: fedorov@ymrc.ru, ORCID: 0000-0002-9695-2959.

Руслан Михайлович Гусов – кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры медицины катастроф Пятигорского медико-фармацевтического института – филиала Волгоградского

государственного медицинского университета, Пятигорск; e-mail: 61312@mail.ru, ORCID: 0000-0002-1582-0138.
Наталья Викторовна Ефименко – доктор медицинских наук, профессор, заместитель генерального директора, Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства России, Ессентуки; e-mail: pniik.adm@skfmba.ru, ORCID: 0000-0002-8854-9916.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Agnessa S. Kajsinova – Doctor of Medical Sciences, Deputy Director General, North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency, Essentuki; Professor of the Department of Disaster Medicine, Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – branch of the Volgograd State Medical University, Pyatigorsk, e-mail: zamoms@skfmba.ru, ORCID: 0000-0003-1199-3303.
Dmitrij S. Moiseenko – Director of the North Caucasus Specialized Sanatorium and Rehabilitation Center of the Russian EMERCOM, Kislovodsk, e-mail: info@skssrc.26.mchs.gov.ru, ORCID: 0000-0003-3764-3360.
Andrej A. Fedorov – Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of Physical and Rehabilitation Medicine, Ural State Medical University; Leading Researcher of the Department of Physical Treatment Methods, Ekaterinburg Medical and Scientific Center for Prevention and Health Protection of Industrial Workers, Ekaterinburg, e-mail: fedorov@ymrc.ru, ORCID: 0000-0002-9695-2959.
Ruslan M. Gusov – Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor of the Department of Disaster Medicine, Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – branch of the Volgograd State Medical University, Pyatigorsk, e-mail: 61312@mail.ru, ORCID: 0000-0002-1582-0138.
Natalya V. Efimenko – Doctor of Medical Sciences, Professor, Deputy Director General, North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency, Essentuki, e-mail: pniik.adm@skfmba.ru, ORCID: 0000-0002-8854-9916.

Для цитирования: Коррекция оксидативного стресса у лиц опасных профессий с применением природных лечебных ресурсов / А.С. Кайсинова, Д.С. Моисеенко, А.А. Федоров [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_22

For citation: Kajsinova A.S., Moiseenko D.S., Fedorov A.A., Gusov R.M., Efimenko N.V. Oxidative stress correction in individuals in hazardous occupations using natural healing resources. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_22

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_23
УДК 616.06

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_23
UDC 616.06

ОСОБЕННОСТИ ХРОНИЧЕСКОГО ГЕНЕРАЛИЗОВАННОГО ПАРОДОНТИТА У ПАЦИЕНТОВ С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ

Р.Т. Кафаров[1], М.Н. Меджидов[1], О.С. Васильев[2], Л.А. Гридин[3], Е.Е. Ачкасов[2]

[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дагестанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Махачкала, Россия

[2]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия

[3]Московский центр проблем здоровья Правительства Москвы, г. Москва, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Сахарный диабет и хронический генерализованный пародонтит – это распространенные коморбидные заболевания, которые связаны двусторонними патогенетическими взаимоотношениями. С целью оптимизации медицинской помощи необходимо изучение эпидемиологических особенностей их сочетанного течения. ***Методы.*** Проведено исследование 84 пациентов с хроническим генерализованным пародонтитом и сахарным диабетом, средний возраст – 57 [50,0; 64,2] лет. ***Результаты.*** Пациенты женского пола имеют более высокую долю тяжелой степени хронического генерализованного пародонтита (32,1%) по сравнению с мужчинами (19,4%). Наиболее уязвимой возрастной группой для развития пародонтита являются пациенты 50-69 лет как среди мужчин, так и среди женщин. Эта же группа имеет наиболее высокую коморбидность (≈89% гипертоническая болезнь). У женщин наблюдается положительная корреляция между возрастом и тяжестью пародонтита, особенно выраженная в группах 50-69 лет (коэффициент корреляции Спирмена, ρ≈0,3-0,5). Средняя степень пародонтита является наиболее распространенной как для мужчин (51,6%), так и для женщин (41,5%). Женщины в возрасте 60-69 лет представляют собой группу повышенного риска развития тяжелого пародонтита (32% в этой возрастной группе). ***Заключение.*** Результаты исследования обосновывают необходимость междисциплинарного подхода и включения пародонтологического обследования в стандарты ведения пациентов с сахарным диабетом.

Ключевые слова: сахарный диабет, хронический генерализованный пародонтит, коморбидность, хронические инфекционно-воспалительные процессы.

CHARACTERISTICS OF CHRONIC GENERALIZED PERIODONTITIS IN PATIENTS WITH DIABETES MELLITUS

R.T. Kafarov[1], M.N. Medzhidov[1], O.S. Vasilyev[2], L.A. Gridin[3], E.E. Achkasov[2]

[1]Dagestan State Medical University, Makhachkala, Russia

[2]I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

[3]Moscow Centre of Healthcare, Moscow, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Diabetes mellitus and chronic generalized periodontitis are common comorbid diseases associated with bilateral pathogenetic relationships. The study of the epidemiological features of their combined course is necessary to optimize medical care. ***Methods.*** A study of 84 patients with chronic generalized periodontitis and diabetes with an average age of 57 [50.0; 64.2] years was conducted. ***Results.*** Female patients have a higher proportion of severe chronic generalized periodontitis (32.1%) compared with men (19.4%).The most vulnerable age group for the development of periodontitis are patients aged 50-69 years among both genders. The same group has the highest comorbidity (hypertension ≈89%). In women, there is a positive correlation between age and severity of periodontitis, especially pronounced in groups aged 50-69 years (Spearman correlation coefficient, ρ=0.3-0.5). The average degree of periodontitis is the most common for both men (51.6%) and women (41.5%). Women aged 60-69 years are at a higher risk of developing severe periodontitis (32% in this age group). ***Conclusion.*** The results of the study substantiate the need for an interdisciplinary approach and the inclusion of periodontal examination in the standards of management of patients with diabetes mellitus.

Keywords: diabetes mellitus, chronic generalized periodontitis, comorbidity, chronic infectious-inflammatory processes.

Введение. Хронический генерализованный пародонтит (ХГП) остается одной из ключевых проблем современной стоматологии. Это связано с его высокой распространенностью, сложностью патогенеза и значительным влиянием на качество жизни пациентов [1]. ХГП и сахарный диабет (СД) тесно связаны между собой и оказывают значительное влияние на здоровье населения. Эти заболевания образуют порочный круг, в котором воспаление и микробный дисбактериоз взаимно усиливают прогрессирование болезни, ухудшая общее состояние организма [2]. Воспалительные заболевания пародонта не только характеризуются локальной деструкцией костной ткани и связочного аппарата зубов, но и выступают в роли значимого фактора системного воспаления, усугубляющего течение ряда соматических заболеваний [3]. СД – это группа метаболических заболеваний, характеризующихся стойким повышением уровня сахара в крови, вызванным нарушением действия или секреции инсулина, или того и другого в течение длительного периода [4]. Гипергликемия способствует накоплению конечных продуктов гликирования (AGEs), что приводит к дисфункции иммунных клеток, усилению продукции провоспалительных цитокинов (ФНО-α, ИЛ-1β, ИЛ-6) и нарушению микроциркуляции в тканях пародонта [5]. С другой стороны, наличие нелеченого пародонтита ухудшает компенсацию углеводного обмена, что подтверждается снижением уровня гликированного гемоглобина (HbA1c) после проведения пародонтологического лечения [6].

Несмотря на многочисленные исследования, посвященные коморбидности СД и ХГП, остается ряд нерешенных вопросов. Большинство работ фокусируются на общих эпидемиологических аспектах, в то время как детальный анализ распределения степени тяжести ХГП в зависимости от пола, возраста и типа СД в различных популяционных группах требует дальнейшего изучения [7]. Особый интерес представляет анализ роли коморбидных состояний (гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца, патология желудочно-кишечного тракта), которые могут потенцировать негативное влияние гипергликемии на ткани пародонта.

Целью исследования явилось изучение клинико-лабораторных особенностей течения ХГП у пациентов с СД 1 и 2 типов с учетом половозрастных характеристик и структуры коморбидной патологии для оптимизации подходов к диагностике и лечению данной категории пациентов.

Методы и организация исследования. Исследование проводили на базе Первой городской больницы и Диагностического центра Республики Дагестан с 2023 по 2025 годы в два этапа. На первом этапе исследования [8] анализировали состояние 195 взрослых пациентов в возрасте от 18 лет до 81 года, страдающих ХГП с ранее диагностированным СД 1 или 2 типа. Средний возраст участников составил 55,9 лет (± стандартное отклонение 14,18 лет), медиана – 59,5 [50,0; 66,0] лет. На втором этапе исследования исходную выборку сузили до 84 человек, средний возраст – 54,3 года (± стандартное отклонение 15,2 лет), медиана – 57 [50,0; 64,2] лет, имеющих полный набор исследуемых лабораторных (уровень глюкозы и гликированного гемоглобина HbA1c в крови) и клинических данных (осмотр врача-стоматолога). Из них 53 пациента женского пола, 31 – мужского.

В рамках статистического анализа применялись следующие методы:

1. Методы описательной статистики: среднее значение (M), стандартное отклонение (σ), медиана и межквартильный размах (Me [Q1; Q3]) для количественных переменных, частота и проценты для категориальных переменных.

2. Сравнение групп: t-критерий Стьюдента для сравнения средних двух независимых групп, U-тест Манна-Уитни для сравнения двух групп, когда распределение не нормальное или выборки маленькие, однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) для оценки влияния одного категориального фактора на непрерывную зависимую переменную (например, возраста от типа СД). Статистика F (F-статистика) и p-значение (p-value) указывали на наличие/отсутствие общих различий, непараметрический тест Краскела-Уоллиса как аналог ANOVA применялся для данных, не соответствующих нормальному распределению (например, для сравнения уровня глюкозы по группам инвалидности).

3. Корреляционный анализ: коэффициент корреляции Пирсона (r) оценивал силу и направление линейной связи между двумя количественными переменными (например, глюкозой и HbA1c), коэффициент корреляции Спирмена (ρ) оценивал монотонную связь, менее чувствителен к выбросам и использовался как дополнительный метод.

4. Регрессионный анализ: линейная регрессия использовалась для прогнозирования уровня HbA1c на основе уровня глюкозы. Модель позволила количественно оценить изменение HbA1c при росте глюкозы на 1 ммоль/л. Оценку качества модели проводили с помощью коэффициента детерминации (R^2).

5. Графический анализ: бокс-плоты для отображения распределения количественных переменных по группам, графики плотности распределения для визуализации распределения переменных, диаграммы рассеяния для визуализации связи между двумя количественными переменными.

Результаты исследования и их обсуждение. В исследовании преобладали пациенты женского пола – 63,1% (n=53), возраст – 61,0 [54,0; 66,0] год. Процент пациентов мужского пола составил 36,9% (n=31), возраст – 51,0 [32,0; 59,5] год.

Абсолютное и процентное распределение степени ХГП среди мужчин и женщин представлено в таблице 1. Среди пациентов мужского пола преобладала средняя степень (51,6% мужчин), легкая степень встречалась у 29,0%, тяжелая – у 19,4%. Среди пациентов женского пола также преобладала средняя степень (41,5%), но доля тяжелой степени была значительно выше, чем у мужчин: у 32,1% женщин против 19,4% у мужчин. Статистически значимой связи между полом пациентов и степенью ХГП не обнаружено (χ^2 тест: χ^2=2,574, p=0,2761).

Таблица 1

Абсолютное и процентное распределение степени пародонтита среди мужчин и женщин

Степень пародонтита	Мужчины		Женщины	
	Абс.	%	Абс.	%
Легкая	9	29,0%	14	26,4%
Средняя	16	51,6%	22	41,5%
Тяжелая	6	19,4%	17	32,1%
Всего	31	100%	53	100%

Взаимосвязь степени ХГП от возрастного периода с учетом пола представлена в таблице 2. Пик заболеваемости ХГП (все степени) у мужчин приходился на возраст 50-59 лет (10 пациентов). Наименьшее количество пациентов – в группах 40-49 лет (3 пациента) и ≥70 лет (3 пациента). С возрастом не наблюдалось четкой тенденции к утяжелению степени ХГП. Для женщин наблюдалось нарастание количества пациентов с возрастом: максимум – в 60-69 лет (25 пациентов). В группе 60-69 лет наблюдалось наибольшее количество пациентов со средней (11 пациентов) и тяжелой (8 пациентов) степенями. После 70 лет наблюдалось резкое снижение количества пациентов (3 пациента).

Наибольшее количество пациентов мужского пола со средней степенью ХГП наблюдалось в группе 30-39 лет (3 пациента из 5) и 50-59 лет (7 пациентов из 10). Тяжелая степень наиболее часто встречалась в группах 40-49 лет (2 пациента из 3) и 50-59 лет (2 пациента из 10). С возрастом у мужчин не наблюдается четкой тенденции к утяжелению степени пародонтита (p>0,05).

Среди пациентов женского пола также преобладала средняя степень ХГП (41,5%), но доля тяжелой степени была значительно выше, чем у мужчин: 32,1% у женщин против 19,4% у мужчин. Пик тяжелой степени ХГП у женщин приходился на группы 50-59 лет (5 пациентов из 17) и 60-69 лет (8 пациентов из 25). В группе 60-69 лет у женщин тяжелая степень ХГП составляла 32% (8 пациентов из 25). В целом, заболеваемость ХГП среди пациентов женского пола нарастает с возрастом и достигает максимума в 60-69 лет (25 пациентов) (p<0,05). В этой же группе наблюдается наибольшее количество

пациентов со средней (11 пациентов) и тяжелой (8 пациентов) степенями. После 70 лет наблюдается резкое снижение количества пациентов (3 пациента).

Таблица 2

Распределение пациентов по степени пародонтита и по возрастным группам с учетом пола

Степень пародонтита	<30 лет	30-39 лет	40-49 лет	50-59 лет	60-69 лет	≥70 лет	Всего
Мужчины							
Легкая степень	1	2	1	1	2	2	9 (29%)
Средняя степень	4	3	0	7	1	1	16 (51,6%)
Тяжелая степень	1	0	2	2	1	0	6 (19,4%)
Всего пациентов	6	5	3	10	4	3	31 (100%)
Женщины							
Легкая степень	0	1	1	5	6	1	14 (26,4%)
Средняя степень	0	1	2	7	11	1	22 (41,5%)
Тяжелая степень	1	0	2	5	8	1	17 (32,1%)
Всего пациентов	1	2	5	17	25	3	53 (100%)

Таким образом, женщины имеют более высокую долю тяжелой степени ХГП (32,1%) по сравнению с мужчинами (19,4%) ($p<0,05$). Наиболее уязвимой возрастной группой для развития ХГП являются пациенты 50-69 лет как среди мужчин, так и среди женщин. Средняя степень ХГП является наиболее распространенной для обоих полов, что свидетельствует о необходимости своевременной диагностики и лечения для предотвращения прогрессирования. Женщины в возрасте 60-69 лет представляют собой группу повышенного риска развития тяжелого ХГП (32% в этой возрастной группе, что составляет 47% всех женщин с тяжелой степенью). У мужчин тяжелая степень распределена более равномерно по возрастам.

Следует учитывать, что малая выборка в группах <30 лет, 30-39 лет и ≥70 лет требует осторожности при интерпретации результатов для этих возрастных категорий.

У большинства пациентов – 79,8% (n=67) был диагностирован СД 2 типа, в то время как у меньшей части – 20,2% (n=17) был диагностирован СД 1 типа (табл. 3).

Таблица 3

Распределения типа сахарного диабета (СД) по степени выраженности пародонтита с учетом пола

Степень пародонтита	Мужчины			Женщины		
	СД 1 типа	СД 2 типа	Всего мужчин	СД 1 типа	СД 2 типа	Всего женщин
Легкая степень	3	7	10	0	14	14
Средняя степень	6	10	16	5	17	22
Тяжелая степень	2	3	5	1	16	17
Всего пациентов	11	20	31	6	47	53

Статистика по распределению уровня глюкозы и гликированного гемоглобина HbA1c в крови приведена в таблице 3, базовая статистика распределения уровня гликированного гемоглобина HbA1c и глюкозы по возрастным группам – в таблице 4.

Наибольшее среднее значение распределения глюкозы наблюдалось в группе 50-59 лет (12,47 ммоль/л), наименьшее – в группе ≥70 лет (9,43 ммоль/л), наибольший разброс (std) – в группе 30-39 лет (6,18), что может указывать на гетерогенность этой возрастной когорты.

Наибольшее среднее значение распределения среднего гликированного гемоглобина HbA1c наблюдалось в группе 30-39 лет (11,66%), наименьшее – в группе ≥70 лет (8,17%). Медиана распределения гликированного гемоглобина HbA1c также максимальна в 30-39 лет (12,8%) и минимальна в ≥70 лет (7,9%) (табл. 5).

Таблица 4

Уровень распределения глюкозы и гликированного гемоглобина HbA1c крови у пациентов с хроническим генерализованным пародонтитом (ХГП)

Пол	Степень ХГП	Кол-во пациентов	M	Me	σ	Min	Max
Уровень глюкозы							
Мужской	Легкая степень	10	9,97	10,0	2,92	4,9	14,3
	Средняя степень	16	13,27	10,15	5,91	7,2	26,3
	Тяжелая степень	5	13,22	12,0	5,75	8,7	23,0
Женский	Легкая степень	14	9,87	9,15	2,39	6,0	14,0
	Средняя степень	22	12,55	12,05	4,35	4,9	22,0
	Тяжелая степень	17	12,61	12,0	3,98	7,1	20,0
Уровень гликированного гемоглобина HbA1c							
Мужской	Легкая степень	10	8,99	8,15	3,18	4,6	14,4
	Средняя степень	16	11,45	11,15	3,74	6,4	18,1
	Тяжелая степень	5	11,94	13,1	3,84	6,4	15,4
Женский	Легкая степень	14	10,36	10,3	3,15	6,2	15,1
	Средняя степень	22	8,95	8,6	2,72	5,2	16,1
	Тяжелая степень	17	10,76	10,2	3,38	6,2	17,6

Таблица 5

Базовая статистика распределения уровня гликированного гемоглобина HbA1c и глюкозы по возрастным группам

Возрастная группа	<30 лет	30-39 лет	40-49 лет	50-59 лет	60-69 лет	≥70 лет
HbA1c, %						
Кол-во пациентов	7	7	8	27	28	6
M	9,94	11,66	10,14	10,35	10,10	8,17
Me	9,7	12,8	10,15	9,5	9,6	7,9
σ	2,9	4,05	3,84	3,51	3,16	2,1
Min	6,3	6,3	4,6	6,2	5,2	6,2
Max	13,8	18,1	15,4	17,9	17,6	12,0
Глюкоза, ммоль/л						
Кол-во пациентов	7	7	8	27	28	6
M	11,91	12,39	12,15	12,47	12,08	9,43
Me	11,0	11,8	11,25	11,2	10,9	9,55
σ	4,17	6,18	5,04	3,91	4,71	2,68
Min	7,2	4,9	7,2	7,2	6,0	4,9
Max	19,6	25,0	23,0	22,0	26,3	12,1

Анализ по коморбидности пациентов с ХГП приведен в таблице 6 и на рисунке 1. Гипертоническая болезнь (ГБ) наиболее распространена в возрастных группах 50-69 лет (≈89%), наименее – в группе <30 лет (28,6%). Ишемическая болезнь сердца (ИБС) максимально распространена в возрастной группе 60-69 лет (64,3%), отсутствует в группе <30 лет. Цереброваскулярная болезнь (ЦВБ) максимально распространена в возрастной группе 30-39 лет (57,1%), однако этот показатель может быть недостоверным в силу небольшого объема выборки (n=7). Заболевания желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) наиболее часты в возрастной группе 40-49 лет (75,0%), наименее – в группе ≥70 лет (16,7%).

Связь коморбидности с типом СД. Для пациентов мужского пола, страдающих хроническим генерализованным пародонтитом (рис. 1):

- статистически значимой связи между ГБ и типом СД не обнаружено (χ^2=2,675, p=0,1019);
- статистически значимой связи между ИБС и типом СД не обнаружено (χ^2=4,962, p=0,259);
- статистически значимой связи между ЦВБ и типом СД не обнаружено (χ^2=1,962, p=0,1614);

- статистически значимой связи между заболеванием ЖКТ и типом СД не обнаружено (χ^2=0,322, p=0,5705).

Для пациентов женского пола, страдающих ХГП:

- обнаружена статистически значимая связь между ГБ и типом СД (χ^2=8,227, p=0,0041);
- статистически значимой связи между ИБС и типом СД не обнаружено (χ^2=0,179, p=0,6722);
- статистически значимой связи между ЦВБ и типом СД не обнаружено (χ^2=0,179, p=0,6722);
- статистически значимой связи между заболеванием ЖКТ и типом СД не обнаружено (χ^2=0,000, p=1,0000).

Распределение уровня глюкозы и гликированного гемоглобина HbA1c по коморбидным заболеваниям с учетом пола приведено на рисунке 2.

Связь коморбидности со степенью пародонтита. У пациентов мужского пола: ГБ (χ^2=6,374, p=0,0413), ИБС (χ^2=0,423, p=0,8095), ЦВБ (χ^2=4,124, p=0,1272), заболевания ЖКТ (χ^2=5,147, p=0,0763).

У пациентов женского пола: ГБ (χ^2=2,611, p=0,2710), ИБС (χ^2=0,693, p=0,7073), ЦВБ (χ^2=0,233, p=0,8902), заболевания ЖКТ (χ^2=0,606, p=0,7388).

Корреляционная матрица коморбидности пациентов с учетом пола приведена на рисунке 3.

Таблица 6

Распределение коморбидности по возрастным группам среди пациентов с хроническим генерализованным пародонтитом

Возрастные группы пациентов					
<30 лет (n=7)	30-39 лет (n=7)	40-49 лет (n=8)	50-59 лет (n=27)	60-69 лет (n=28)	≥70 лет (n=6)
Гипертоническая болезнь					
28,6% (n=2)	42,9% (n=3)	62,5% (n=5)	88,9% (n=24)	89,3% (n=25)	83,3% (n=5)
Ишемическая болезнь сердца					
0,0% (n=0)	14,3% (n=1)	37,5% (n=3)	33,3% (n=9)	64,3% (n=18)	50,0% (n=3)
Цереброваскулярная болезнь					
14,3% (n=1)	57,1% (n=4)	25,0% (n=2)	37,0% (n=10)	28,6% (n=8)	33,3% (n=2)
Заболевания желудочно-кишечного тракта					
14,3% (n=1)	42,9% (n=3)	75,0% (n=6)	29,6% (n=8)	46,4% (n=13)	16,7% (n=1)

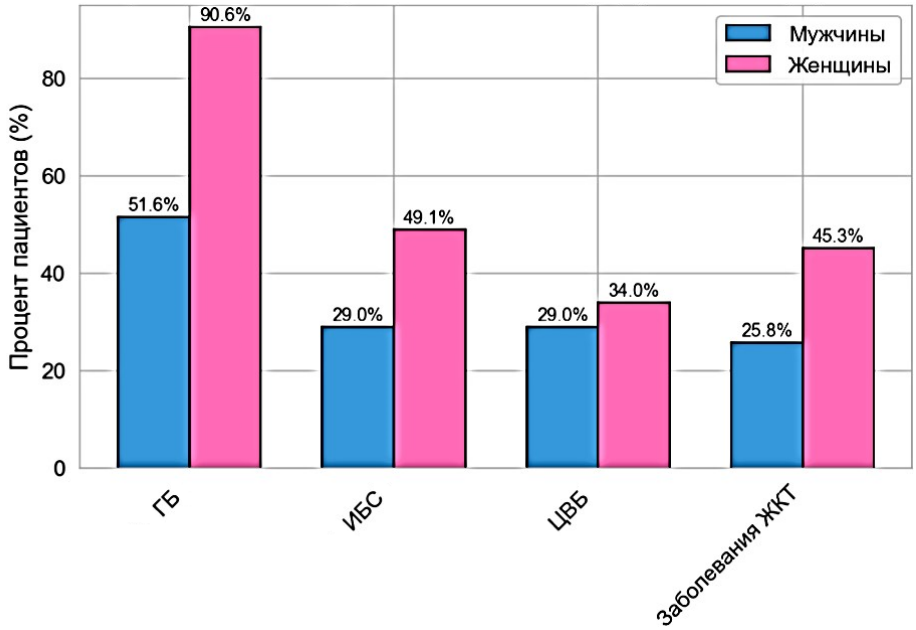
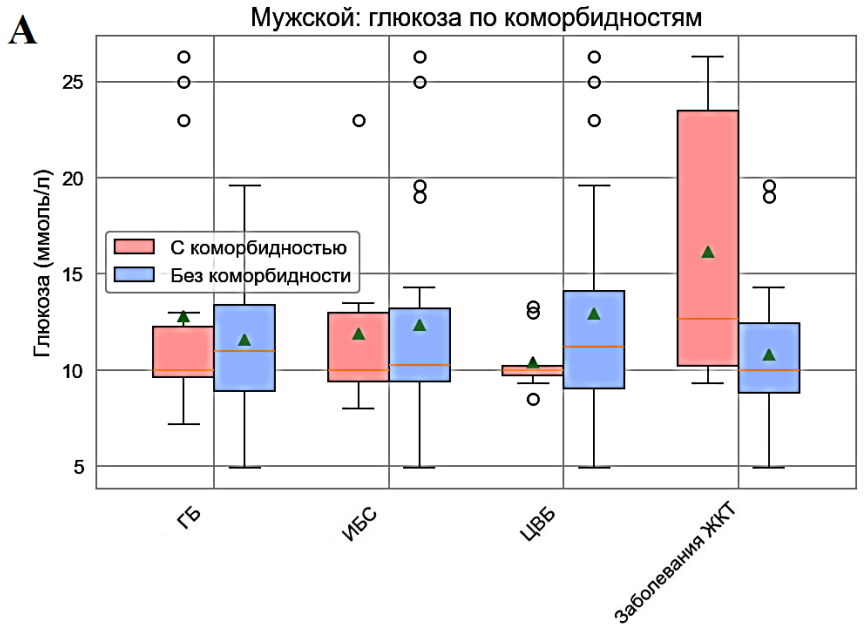
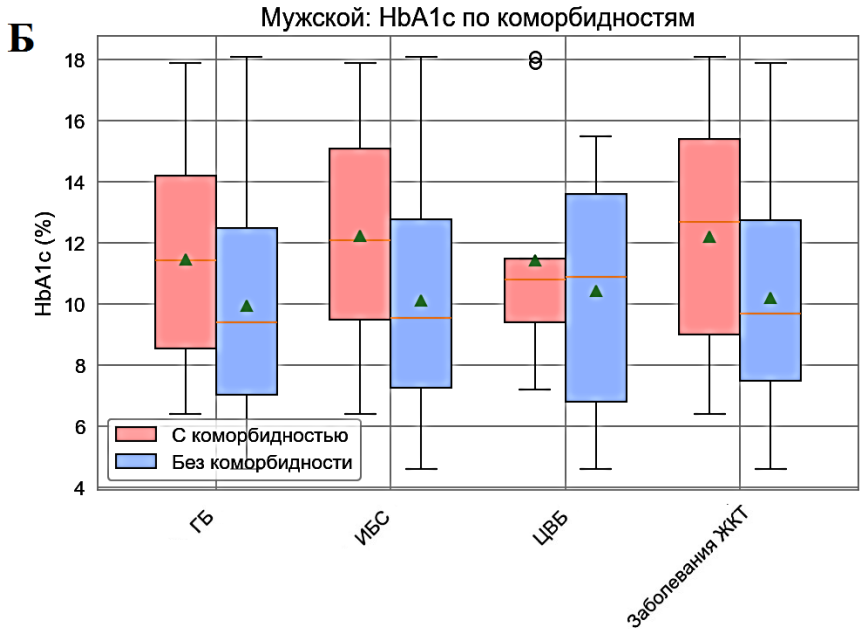
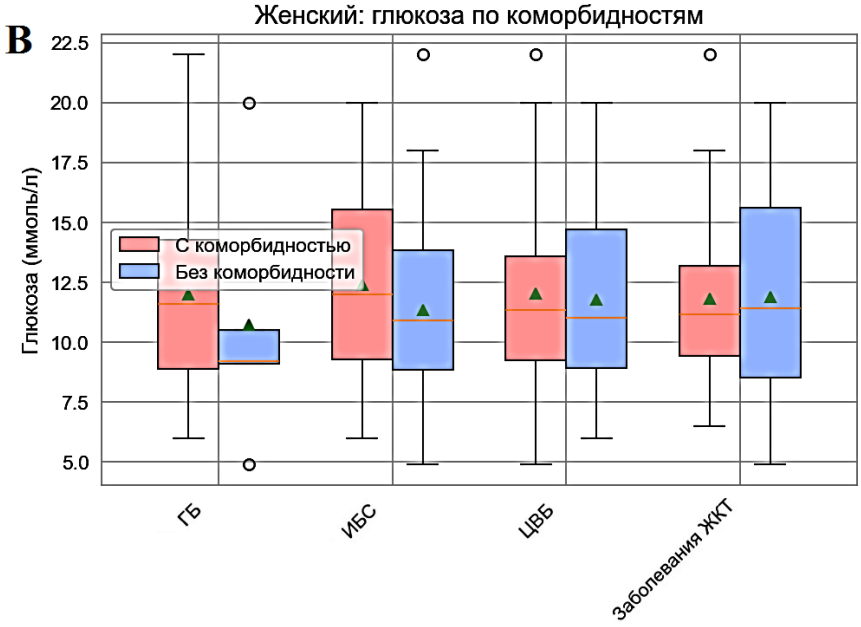


Рис. 1. Распределение пациентов по коморбидным заболеваниям с учетом пола, %
Примечание: ГБ – гипертоническая болезнь, ИБС – ишемическая болезнь сердца, ЦВБ – цереброваскулярная болезнь, ЖКТ – желудочно-кишечный тракт.


А
Мужской: глюкоза по коморбидностям
Глюкоза (ммоль/л)
25
20
15
10
5
С коморбидностью
Без коморбидности
ГБ
ИБС
ЦВБ
Заболевания ЖКТ


Б
Мужской: HbA1c по коморбидностям
HbA1c (%)
18
16
14
12
10
8
6
4
С коморбидностью
Без коморбидности
ГБ
ИБС
ЦВБ
Заболевания ЖКТ


В
Женский: глюкоза по коморбидностям
Глюкоза (ммоль/л)
22.5
20.0
17.5
15.0
12.5
10.0
7.5
5.0
С коморбидностью
Без коморбидности
ГБ
ИБС
ЦВБ
Заболевания ЖКТ

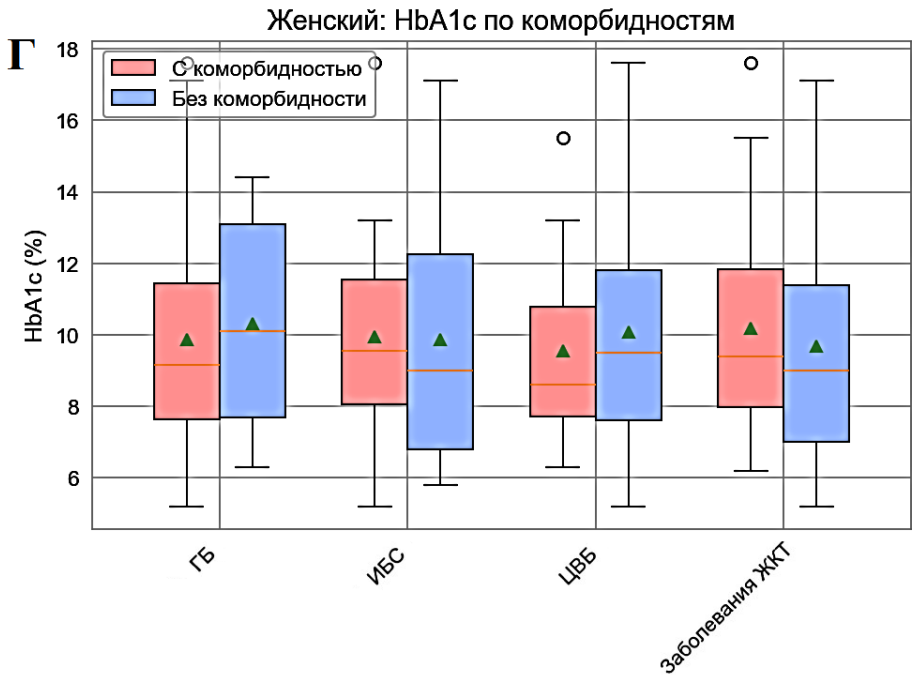
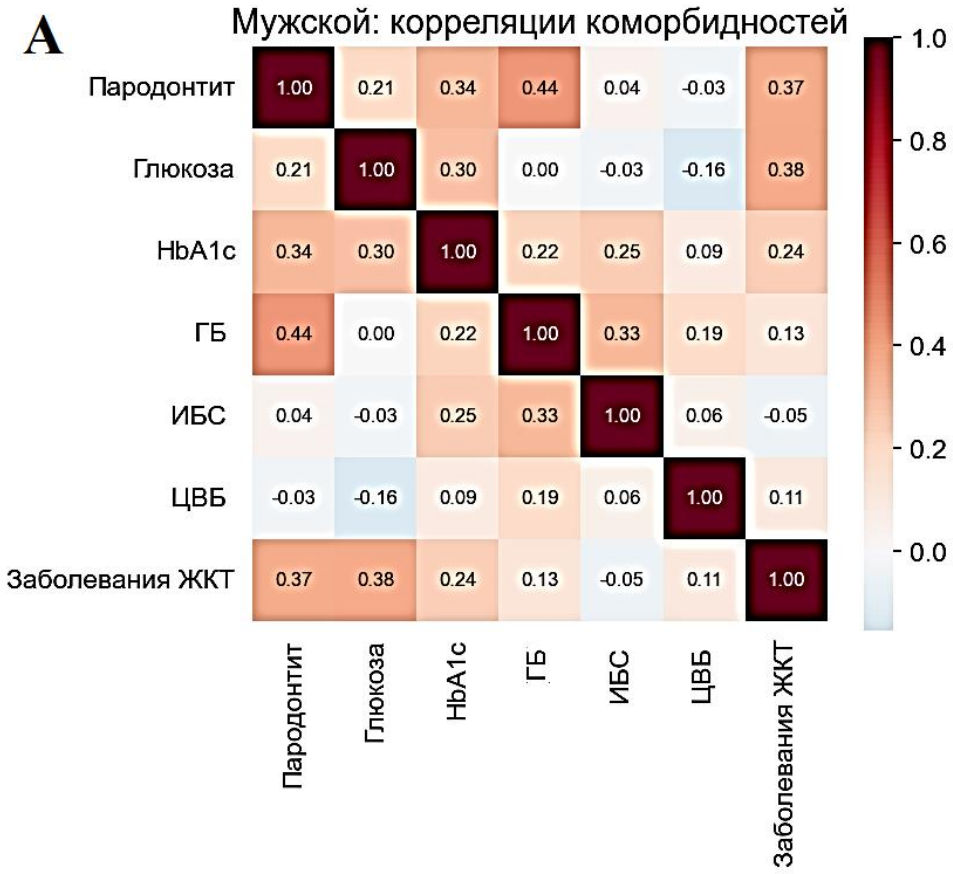


Рис. 2. Распределение уровня глюкозы и гликированного гемоглобина HbA1c по коморбидным заболеваниям с учетом пола: а – мужской: глюкоза по коморбидностям, б – мужской: HbA1c по коморбидностям, в – женский: глюкоза по коморбидностям, г – женский HbA1c по коморбидностям

Примечание: ГБ – гипертоническая болезнь, ИБС – ишемическая болезнь сердца, ЦВБ – цереброваскулярная болезнь, ЖКТ – желудочно-кишечный тракт.



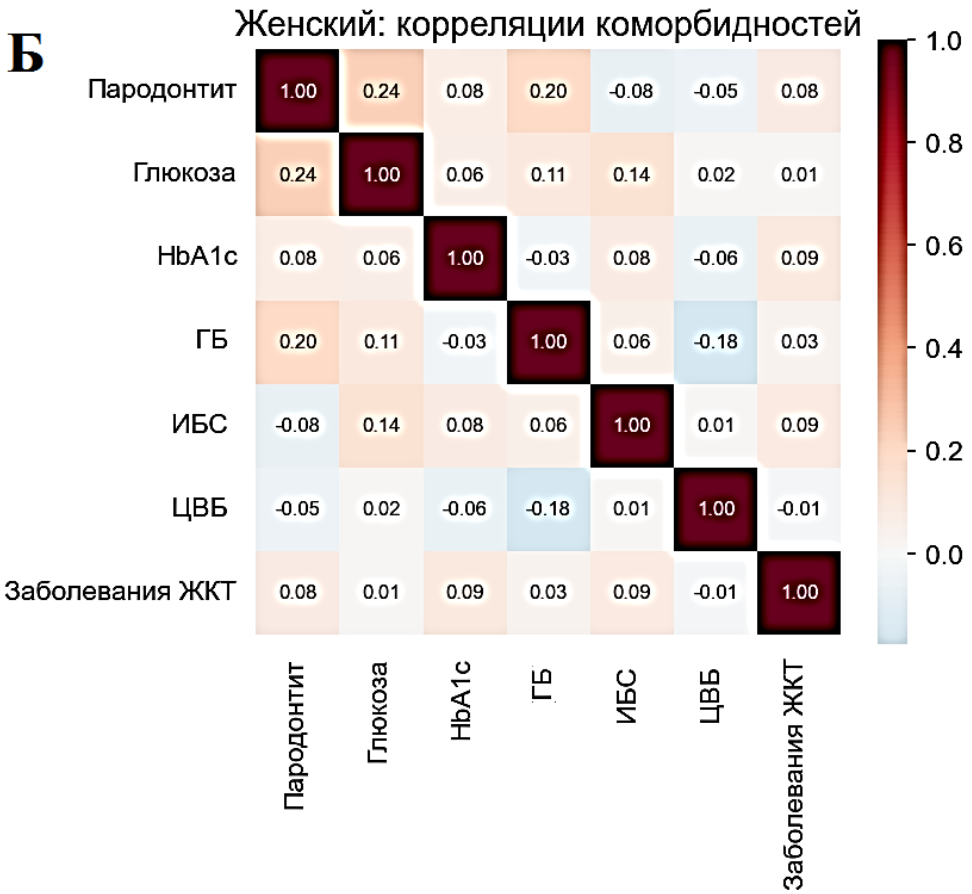


Рис. 3. Корреляционная матрица коморбидности пациентов: а – пациенты мужского пола, б – женского пола

Примечание: ГБ – гипертоническая болезнь, ИБС – ишемическая болезнь сердца, ЦВБ – цереброваскулярная болезнь, ЖКТ – желудочно-кишечный тракт.

Заключение. Пациенты женского пола имеют более высокую долю тяжелой степени ХГП (32,1%) по сравнению с мужчинами (19,4%), что может указывать на необходимость усиленного контроля стоматологического статуса у женщин с СД.

Наиболее уязвимой возрастной группой для развития ХГП являются пациенты 50-69 лет как среди мужчин, так и среди женщин. Эта же группа имеет наиболее высокую коморбидность (≈89% гипертоническая болезнь).

У женщин наблюдается положительная корреляция между возрастом и тяжестью ХГП, особенно выраженная в группах 50-69 лет (коэффициент корреляции Спирмена, ρ≈0,3-0,5). Это может свидетельствовать о кумулятивном эффекте диабета и гормональных изменений (менопауза) на состояние тканей пародонта. ХГП может быть маркером плохого контроля СД, особенно у женщин в постменопаузальном периоде. Наличие тяжелого ХГП требует более тщательного мониторинга углеводного обмена.

Средняя степень ХГП является наиболее распространенной как для мужчин (51,6%), так и для женщин (41,5%) что свидетельствует о необходимости своевременной диагностики и лечения для предотвращения прогрессирования.

Женщины в возрасте 60-69 лет представляют собой группу повышенного риска развития тяжелого ХГП (32% в этой возрастной группе).

Результаты исследования обосновывают необходимость междисциплинарного подхода и включения пародонтологического обследования в стандарты ведения пациентов с СД.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Impact of periodontitis on quality of life / M.S. Tonetti, S. Jepsen, L. Jin, J. Otomo-Corgel // Journal of Clinical Periodontology. – 2021. – No. 48(4). – P. 456-467.
2. Chronic Inflammation and Glycemic Control: Exploring the Bidirectional Link Between Periodontitis and Diabetes / J.S. Ranbhise, S. Ju, M.K. Singh [et al.] // Dent J (Basel). – 2025. –Vol. 13(3). – P. 100. DOI: 10.3390/dj13030100.
3. Hajishengallis, G. Local and systemic mechanisms linking periodontal disease and inflammatory comorbidities / G. Hajishengallis, T. Chavakis // Nat Rev Immunol. – 2021. – Vol. 21(7). – P. 426-440.
4. A review on diabetes mellitus: Type1 & Type2 / R. Kumar, P. Saha, Y. Kumar [et al.] // World J. Pharm. Pharm. Sci. – 2020. – No. 9. – P. 838-850.
5. Graves, D.T. The impact of diabetes on periodontal diseases / D.T. Graves, Z. Ding, Y. Yang // Periodontol 2000. – 2020. –Vol. 82(1). – P. 214-224.
6. TASTE Group. Systemic effects of periodontitis treatment in patients with type 2 diabetes: a 12 month, single-centre, investigator masked, randomised trial / F. D'Aiuto, N. Gkranias, D. Bhowruth [et al.] // Lancet Diabetes Endocrinol. – 2018. – Vol. 6(12). – P. 954-965.
7. Mayta-Mayorga, M. Association between type 2 diabetes and periodontitis: a population-based study in the North Peru / M. Mayta-Mayorga, V. Guerra-Rodríguez, A. Bernabe-Ortiz // Wellcome Open Res. – 2024. – No. 9. – P. 562.
8. Эпидемиологические особенности течения сахарного диабета у пациентов с хроническим генерализованным пародонтитом / Р.Т. Кафаров, М.Н. Меджидов, О.С. Васильев [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_26. [in English] Kafarov R.T., Medzhidov M.N., Vasilyev O.S., Gridin L.A., Achkasov E.E. Epidemiological characteristics of diabetes mellitus in patients with chronic generalized periodontitis. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_26.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Ризван Тельманович Кафаров – аспирант кафедры терапевтической стоматологии, Дагестанский государственный медицинский университет, Махачкала, e-mail: rizvan.kafarov@mail.ru, ORCID: 0009-0002-0896-1845.

Меджид Нисрединович Меджидов – доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой терапевтической стоматологии, Дагестанский государственный медицинский университет, Российская Федерация, e-mail: medzhidov_mn@mail.ru, ORCID: 0009-0001-6320-7952.

Олег Станиславович Васильев – доктор медицинских наук, профессор кафедры спортивной медицины и медицинской реабилитации Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, e-mail: iaam@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-7932-116X.

Леонид Александрович Гридин – доктор медицинских наук, профессор, генеральный директор Московского центра проблем здоровья Правительства Москвы, Москва, e-mail: leonidgridin@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-4941-8876.

Евгений Евгеньевич Ачкасов – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой спортивной медицины и медицинской реабилитации Первого МГМУ им. И.М. Сеченова, Москва, Российская Федерация, e-mail: 2215.g23@rambler.ru, ORCID: 0000-0001-9964-5199.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Rizvan T. Kafarov – Postgraduate Student of the Department of Therapeutic Dentistry, Dagestan State Medical University, Makhachkala, e-mail: rizvan.kafarov@mail.ru, ORCID: 0009-0002-0896-1845.

Medzhid N. Medzhidov – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Therapeutic Dentistry, Dagestan State Medical University, Makhachkala, e-mail: medzhidov_mn@mail.ru, ORCID: 0009-0001-6320-7952.

Oleg S. Vasilyev – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Sports Medicine and Medical Rehabilitation, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, e-mail: iaam@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-7932-116X.

Leonid A. Gridin – Doctor of Medical Sciences, Professor, General Director of the Moscow Centre of Healthcare, Moscow, e-mail: leonidgridin@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-4941-8876.

Evgenij E. Achkasov – Doctor of Medical Sciencesm Professor, Head of the Department of Sports Medicine and Medical Rehabilitation, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, e-mail: 2215.g23@rambler.ru, ORCID: 0000-0001-9964-5199.

Для цитирования: Особенности хронического генерализованного пародонтита у пациентов с сахарным диабетом / Р.Т. Кафаров, М.Н. Меджидов, О.С. Васильев [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_23

For citation: Kafarov R.T., Medzhidov M.N., Vasilyev O.S., Gridin L.A., Achkasov E.E. Characteristics of chronic generalized periodontitis in patients with diabetes mellitus. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_23

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_24
УДК 615.834

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_24
UDC 615.834

ОБОСНОВАНИЕ ЛЕЧЕБНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА-КУРОРТА НАЛЬЧИК

Ю.В. Корягина[1], В.В. Корнева[1], В.С. Нопина[2], О.Н. Акимкина[1]
[2]Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства», г. Ессентуки, Россия
[3]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Кабардино-Балкарская Республика обладает значительным лечебно-оздоровительным потенциалом благодаря сочетанию природных ресурсов, климатических условий и развитой инфраструктуры. Целью работы являлось обоснование лечебно-оздоровительного потенциала Кабардино-Балкарской Республики на примере города-курорта Нальчик. ***Методы.*** В рамках проведенного исследования была осуществлена практическая работа, в ходе которой фиксировались характеристики микроклимата на исследуемой территории. На основе принятых методик была проведена оценка биоклиматического потенциала. ***Результаты.*** Микроклиматические показатели исследуемой территории находятся в пределах нормы и обуславливают благоприятные условия для проведения оздоровительных процедур. Биоклиматический потенциал Кабардино-Балкарской Республики по принятой в курортологии модульной технологии достигает 2,15 из 3 баллов. ***Заключение.*** Лечебно-оздоровительный потенциал Кабардино-Балкарской Республики подтвержден исследованиями.

Ключевые слова: Кабардино-Балкарская Республика, Нальчик, климат, лечебно-оздоровительный потенциал, климатотерапия.

SUBSTANTIATION OF THE THERAPEUTIC AND RECREATIONAL POTENTIAL OF THE KABARDINO-BALKARIAN REPUBLIC ON THE EXAMPLE OF NALCHIK

Yu.V. Koryagina[1], V.V. Korneva[1], V.S. Nopina[2], O.N. Akimkina[1]
[1]North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency, Essentuki, Russia
[2]I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The Kabardino-Balkarian Republic has a significant therapeutic and recreational potential due to a combination of natural resources, climatic conditions, and developed infrastructure. Objective: to investigate the therapeutic and recreational potential of the Kabardino-Balkarian Republic on the example of Nalchik. ***Methods.*** As part of the research, practical work has been conducted to record the microclimate characteristics in the study area. The bioclimatic potential has been assessed using the accepted methods. ***Results.*** The microclimatic data collected from the studied area indicate that the conditions are within the normal range, creating favorable conditions for carrying out recreational activities. According to the modular technology used in balneology, the bioclimatic potential of the Kabardino-Balkarian Republic reaches 2.15 points out of possible 3. ***Conclusion.*** The research confirms the therapeutic and recreative potential of the Kabardino-Balkarian Republic.

Keywords: Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, climate, therapeutic and recreational potential, climate therapy.

Введение. Кабардино-Балкария представляет собой уникальный регион Российской Федерации, располагающий значительным рекреационным и туристическим потенциалом. Эта республика известна гармоничным сочетанием благоприятных погодных условий, живописных и неповторимых природных ландшафтов, а также богатыми запасами минеральных источников и целебных грязей.

Особую ценность для отдыхающих представляет горный воздух. Его сочетание с живописными пейзажами и климатическими факторами в рекреационных зонах создает уникальный, самобытный микроклимат. По мнению многих исследователей,

умеренная гипоксия воздуха в таких условиях оказывает стимулирующее воздействие, способствует восстановлению внутренних ресурсов организма, активизирует окислительные процессы, улучшает работу сердечно-сосудистой системы, стимулирует кроветворение и укрепляет иммунитет. Благоприятные условия данных факторов обеспечивают уникальное профилактическое воздействие на организм [1].

Нальчик является курортом федерального значения, обладает многообразием природных лечебных ресурсов. Здесь представлены различные типы минеральных вод, включая азотные, сульфидные, иодобромные, а также целебные иловые грязи Тамбуканского озера, что делает его уникальным оздоровительным центром [2-3].

Изучение лечебно-оздоровительного микроклиматического потенциала Кабардино-Балкарской Республики (КБР) на примере города-курорта Нальчик, проведено в связи с подготовкой и выдачей специальных медицинских заключений на лечебный климат в соответствии с требованиями постановления Правительства РФ от 27.05.2024 № 681 «О подготовке и выдаче специальных медицинских заключений».

Актуальность данных исследований также заключается в получении важной информации о лечебно-рекреационном потенциале санаторно-курортного комплекса России, а также благоприятности климата и микроклимата курортных регионов [4, 5].

Цель работы – оценить лечебно-оздоровительный потенциал КБР на примере города-курорта Нальчик.

Методы и организация исследования. Работа включала теоретический анализ и практическую часть исследования, которая проводилась сотрудниками Центра медико-биологических технологий Северо-Кавказского федерального научно-клинического центра Федерального медико-биологического агентства с целью определения микроклиматических параметров: температуры, влажности, давления воздуха, уровня радиационного загрязнения гамма-излучения, количества аэрозольных частиц различных размерных градаций (PM 2,5, PM 10 мг/м³) в приземной атмосфере, кислорода и углекислого газа в атмосферном воздухе (на уровне дыхания 1,5 м), концентрации легких аэроионов положительного и отрицательного заряда на территории Государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Детский республиканский санаторий «Звездочка» Министерства здравоохранения Кабардино-Балкарской Республики (ГБУЗ «ДРС «Звездочка» Минздрава КБР), расположенной на высоте 575-589 м над уровнем моря. В данной статье приведены только результаты исследования микроклимата.

В работе использовались приборы: малогабаритный счетчик аэроионов «МАС-01», дозиметр «РадиаСкан-801», анализатор аэрозоля «Temtop P600», измеритель качества воздуха «ИКВ-8», люксметр.

Ландшафтно-климатический (биоклиматический) потенциал КБР на примере города-курорта Нальчик рассчитывался в соответствии с методическими рекомендациями МР ФМБА России 13 – 2021 «Методика оценки ландшафтно-климатического потенциала курортов и лечебно-оздоровительных местностей» [6]. Данные проанализированы и систематизированы с помощью стандартных методов описательной статистики.

Результаты исследования и их обсуждение. КБР находится в пределах южной зоны умеренного климатического пояса. Сочетание температурных показателей и количества осадков на ее территории указывает на расположение между двумя климатическими зонами: Предкавказской и Высокогорно-Кавказской. Климатические условия региона определяются комплексным воздействием горного ландшафта и непосредственной близости Главного Кавказского хребта.

По данным многолетних наблюдений метеостанции Нальчик, среднегодовая температура составляет 11,2°С [7]. В годовом ходе наиболее теплым месяцем является июль со средней дневной температурой 27,1°С и средней ночной температурой 16,7°С. Наиболее холодный месяц – январь со средней дневной температурой 0,2°С и средней ночной температурой -7,1°С [8].

Продолжительность безморозного периода в предгорной зоне составляет в среднем 196 дней, что обеспечивает длительный

комфортный период для рекреационной деятельности. Продолжительность теплого периода, определяемого как интервал с температурами выше 0°С, в предгорьях КБР составляет 8,5-9 месяцев [9].

Среднегодовое количество атмосферных осадков в районе Нальчика составляет 500-600 мм. Основная их часть выпадает в теплый период года (апрель-октябрь), с максимумом в мае-июне (до 99 мм в мае). Среднее число дней с осадками 1 мм и более – около 93 дней в году, число дней с туманом – порядка 96 дней в году [10].

К числу важных климатических особенностей курорта Нальчик относится высокая повторяемость штилей, приходящихся преимущественно на осень и зиму. Среднегодовая скорость ветра составляет 1,7 м/с [11].

В годовом ходе относительной влажности воздуха среднегодовой показатель составляет 75%, что соответствует оптимальным значениям для большинства видов рекреационной деятельности.

Режим солнечной радиации характеризуется высокими показателями: продолжительность солнечного сияния в Нальчике достигает 1 721 часа в год. Число дней без солнца за год составляет в среднем 96 дней, что обусловлено значительной облачностью в отдельные периоды [12].

Исследования микроклиматических показателей осуществлялись по 5 точкам на территории санатория ГБУЗ «ДРС «Звездочка» Минздрава КБР, значения представлены в таблице.

Чистота воздуха на исследуемой территории характеризуется низким содержанием углекислого газа (433 количество единиц/млн) относительно нормы (до 450 количество единиц/млн), высоким содержанием кислорода (21%), наличием высокой аэроионизации воздуха и низким коэффициентом униполярности (964/0,7).

Таблица

Показатели микроклиматических модулей на территории Детского республиканского санатория «Звездочка»

№ПП	Т, °С	ОВ, %	ДВ, гПа	O_2, %	CO_2, ppm (кол-во ед//млн)	∑ [(N-)+(N+)] /КУИ, фон	О/К, Klux
1	18,1	73	715	21	435	990/0,8	24,5/7,8
2	17,6	70	714	21,1	450	880/0,7	23,9/8,5
3	17,5	70	714	21,2	420	1000/0,7	24,5/8,1
4	19,2	68	713	21,2	440	950/0,8	23,7/-
5	23	65	714	21,1	420	1000/0,7	23,4/5,7

Примечание: ПП – пробная площадка; Т – температура воздуха; ОВ – относительная влажность; ДВ – давление воздуха; O_2 – содержание кислорода в приземном слое атмосферы; CO_2, ppm,– содержание углекислого газа в приземном слое атмосферы; ∑[(N-)+(N+)] /КУИ – фон аэроионизации, ион/см^3; О/К – освещенность (Klux), освещенность на открытом месте (О), освещенность под кроной (К); М – среднее арифметическое.

Не менее важным показателем, свидетельствующим о чистоте воздуха, считается уровень аэрозольных частиц приземного слоя атмосферы в размерном диапазоне PM 2,5 (мельчайшие частицы размером от 0,001 до 2,5 мкм) и PM 10 (относительно крупные частицы размером от 2,5 до 10 мкм). На территории санатория ГБУЗ «ДРС «Звездочка» Минздрава КБР данные показатели не превышали установленных нормативов, соответствуя особо благоприятным условиям (рис. 1, 2).

Радиационно-экологическое исследование территории санатория показало, что мощность амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения была в пределах нормы (0,5 мкЗв/ч) на всей территории (0,1-0,14 мкЗв/ч), что говорит об отсутствии радиационного загрязнения в г. Нальчике (рис. 3).

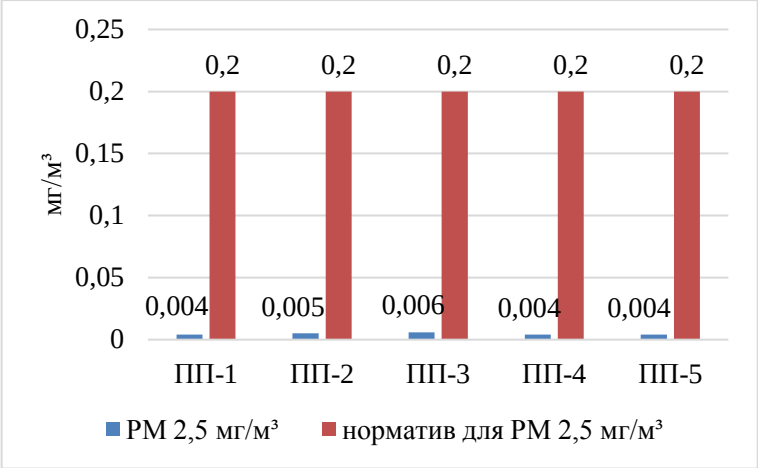


Рис. 1. Аэрозольное загрязнение приземной атмосферы частицами 0,2-10 мкм на территории Детского республиканского санатория «Звездочка», ПП – пробная площадка

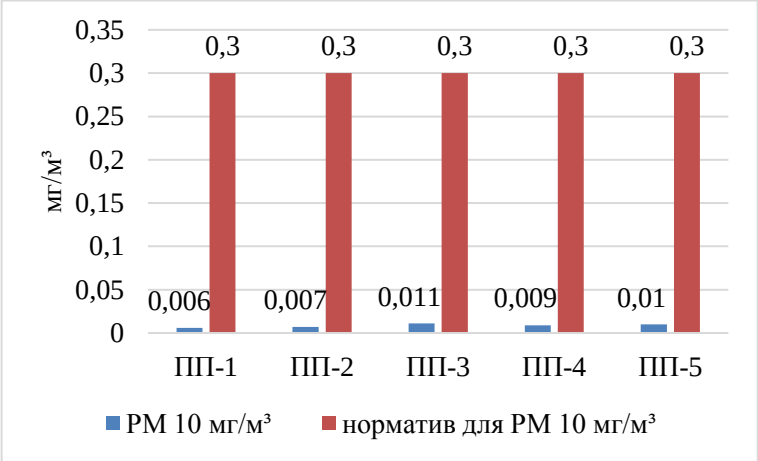


Рис. 2. Аэрозольное загрязнение приземной атмосферы частицами 0,5-1 мкм на территории Детского республиканского санатория «Звездочка», ПП – пробная площадка

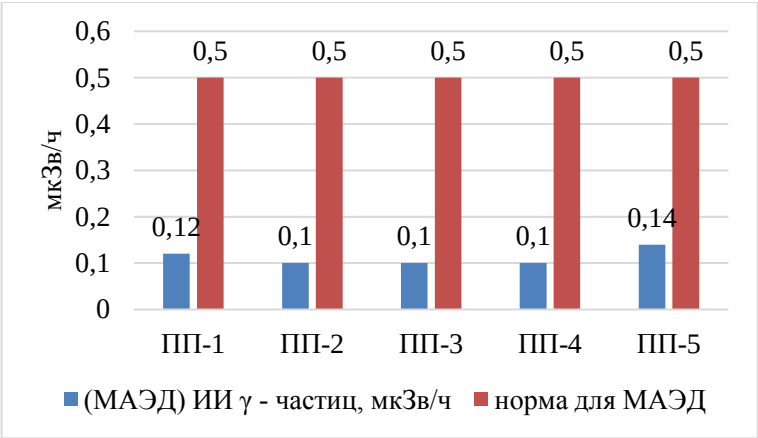


Рис. 3. Загрязнение амбиентного эквивалента дозы (МАЭД) гамма-излучения территории ГБУЗ «ДРС «Звездочка» Минздрава КБР (норма – не более 0,50 мкЗв/ч), ПП – пробная площадка

Следовательно, территория, на которой располагается санаторий ГБУЗ «ДРС «Звездочка» Минздрава КБР, характеризуется микроклиматическими параметрами, соответствующими установленным нормам. Эти условия создают предпосылки для эффективного проведения оздоровительных мероприятий, включающих разнообразные методики климатотерапии. Естественная физическая нагрузка способствует активизации метаболизма и снижению нервного напряжения. Одновременно с

этим, пребывание на такой территории стимулирует обменные процессы, укрепляет сосудистую систему, благотворно влияет на сердечную функцию и в целом общий тонус организма.

Биоклиматический потенциал Кабардино-Балкарской Республики по принятой в курортологии модульной технологии достигает 2,15 баллов из 3-х возможных, что соответствует высокой категории медико-климатических условий.

Заключение. Микроклиматические показатели территории расположения санатория ГБУЗ «ДРС «Звездочка» Минздрава КБР являются благоприятными для здоровья человека. Высокое содержание кислорода и отрицательных аэроионов в приземном воздухе дает возможность организовывать оздоровительные процедуры на открытом воздухе не только в летний период, но и круглогодично. Параметров атмосферного загрязнения аэрозолями обнаружено не было. Сведения о регистрации амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения участков различной категории опасности отсутствуют и соответствуют фоновым значениям для территории КБР.

Проведенный анализ ландшафтно-климатического (биоклиматического) потенциала КБР, основанный на модульной курортологической технологии, выявил высокий балл – 2,15 при максимальной трехбалльной шкале. Это свидетельствует о принадлежности региона к категории территорий с благоприятными медико-климатическими условиями. Следовательно, климатические особенности КБР обладают выраженными лечебно-оздоровительными свойствами, что подтверждается результатами научно-исследовательских работ.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of Interest. The authors declare no conflicts of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васин, В.А. Лечебно-оздоровительные и рекреационные ресурсы Кабардино-Балкарской республики / В.А. Васин, С.Р. Данилов, Е.Н. Чалая // Курортная медицина. – 2016. – № 4. – С. 17-22.
2. Галачиева, Л.А. Природно-рекреационные ресурсы Кабардино-Балкарии / Л.А. Галачиева. – СПб.: Издательство Лань, 2018. – 248 с.
3. Курорты Кабардино-Балкарской Республики // Государственный реестр курортного фонда Российской Федерации. – URL: https://kurort.minzdrav.gov.ru/articles/35 (дата обращения: 02.03.2026).
4. Обоснование лечебно-оздоровительного потенциала Самарской области на примере курорта Сергиевские Минеральные Воды / А.П. Тычинина, Ю.В. Корягина, В.В. Корнева, А.С. Караваева // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 4(34). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_04_29.
5. Лечебно-оздоровительный потенциал климата курорта федерального значения Ессентуки / А.П. Тычинина, Ю.В. Корягина, В.В. Корнева [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 2(32). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_26.
6. Методика оценки ландшафтно-климатического потенциала курортов и лечебно-оздоровительных местностей: Методические рекомендации МР ФМБА России 13 – 2021 / Н.П. Поволоцкая, В.В. Слепых, Л.И. Жерлицина [и др.]; ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России. – Ессентуки: ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, 2021. – 39 с.
7. Биоклиматические показатели индекса комфортности погоды города Нальчик за 2005-2026 гг. / Ю.В. Корягина, А.А. Никифоров, Н.В. Ефименко [и др.] // Свидетельство о государственной регистрации базы данных RU № 2026621256, 24.03.2026 г. Заявка № 2026620891 от 13.03.2026 г.
8. Климатические данные для г. Нальчик (период осреднения 1961-1990 гг.) // Гидрометцентр России. – URL: https://meteoinfo.ru/climate/klimatgorod/1712-1246618396 (дата обращения: 05.03.2026).
9. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3, Многолетние данные. Вып. 13: Волгоградская, Ростовская, Астраханская области, Краснодарский, Ставропольский края, Калмыцкая, Кабардино-Балкарская, Чечено-Ингушская, Северо-Осетинская АССР / Гос. ком. СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1990. – 724 с.
10. Особенности адаптивно-ландшафтной системы земледелия Кабардино-Балкарской республики / А.Л. Иванов, Э.Н. Молчанов, А.А. Маремуков [и др.]. – Нальчик: Полиграфсервис и Т, 2015. – 320 с.
11. Кешева, Л.А. Изменение температурного режима в различных климатических зонах Кабардино-Балкарской Республики / Л.А. Кешева, Н.В. Теунова // Доклады АМАН. – 2021. – Т. 21. – № 1. – С. 46-51.
12. Кондратьева, Н.В. Некоторые особенности климата предгорных и горных территорий Кабардино-Балкарии и их влияния на организм человека / Н.В. Кондратьева, А.Б. Узденова // Успехи современного естествознания. – 2021. – № 12. – С. 138-142.

REFERENCES

1. Vasin V.A., Danilov S.R., Chalaya E.N. Rich revitalizing and recreation resources of the Kabardino-Balkar Republic. *Resort Medicine*, 2016, no. 4, pp. 17-22. (in Russ.)
2. Galachieva L.A. Natural and recreational resources of Kabardino-Balkaria. Saint Petersburg: Lan, 2018. 248 p. (in Russ.)
3. Resorts of the the Kabardino-Balkarian Republic. The State Register of the Resort Fund of the Russian Federation. Available at: https://kurort.minzdrav.gov.ru/articles/35 (accessed: 02.03.2026). (in Russ.)
4. Tychinina A.P., Korneva V.V., Koryagina Yu.V., Karavaeva A.S. Substantiation of the therapeutic and recreational potential of the Samara Oblast on the example of the Sergievsky Mineral Waters resort. M*odern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 4(34). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_04_29 (in Russ.)
5. Tychinina A.P., Koryagina Yu.V., Korneva V.V., Nopina N.S., Akimkina O.N. Therapeutic potential of the Essentuki federal resort's climate. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 2(32). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_26 (in Russ.)
6. Povolotskaya N.P., Slepykh V.V., Zherlitsina L.I. et al. Methodology for assessing the landscape and climatic potential of resorts and recreative areas: methodological guidelines MR FMBA of Russia 13 – 2021. Essentuki: North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency, 2021. 39 p. (in Russ.)
7. Koryagina Yu.V., Nikiforov A.A., Efimentko N.V. et al. Bioclimatic indices of the Nalchik weather comfort index for 2005-2026. Certificate for the database registration RU 026621256, 2026. (in Russ.)
8. Climatic data for Nalchik (averaging period 1961-1990). Hydrometeorological Center of Russia. Available at: https://meteoinfo.ru/climate/klimatgorod/1712-1246618396 (accessed 05.03.2026). (in Russ.)
9. Scientific and applied handbook on the climate of the USSR. Series 3, Long-term data. Issue 13: Volgograd, Rostov, Astrakhan Oblasts, Krasnodar, Stavropol Krai, Kalmyk, Kabardino-Balkarian, Chechen-Ingush, North Ossetian ASSR. The USSR State Committee on Hydrometeorology and Environmental Control. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1990. 724 p. (in Russ.)
10. Ivanov A.L., Molchanov E.N., Maremukov A.A. et al. Peculiarities of adaptive-landscape system of agriculture of Kabardino-Balkarian Republic. Nalchik: Poligrafservis i T, 2015. 320 p. (in Russ.)
11. Kesheva L.A., Teunova N.V. Change of temperature regime in different climatic zones of the Kabardino-Balkarian Republic. *Adyghe International Scientific Journal*, 2021, vol. 21, no. 1, pp. 46-51. (in Russ.)
12. Kondratieva N.V., Uzdenova A.B. Some features of the climate of the foothill and mountain areas of Kabardino-Balkaria and their impact on the human body. *Advances in Current Natural Sciences*, 2021, no. 12, pp. 138-142. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Юлия Владиславовна Корягина – доктор биологических наук, профессор, руководитель центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки, e-mail: nauka@skfmba.ru.
Виктория Витальевна Корнева – научный сотрудник центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки, e-mail: korneva-tori@mail.ru.
Вероника Сергеевна Нопина – студент, ИКМ им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, Москва, e-mail: vernopina@yandex.ru.
Оксана Николаевна Акимкина – научный сотрудник центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки, e-mail: o.akimkina@skfmba.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Yulia V. Koryagina – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Center of Biomedical Technologies, North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency, Essentuki, e-mail: nauka@skfmba.ru.
Viktoria V. Korneva – Researcher of the Center of Biomedical Technologies, North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency, Essentuki, e-mail: korneva-tori@mail.ru.
Veronika S. Nopina – Student, N.V. Sklifosovskij Institute of Clinical Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow e-mail: vernopina@yandex.ru.
Oksana N. Akimkina – Researcher of the Center of Biomedical Technologies, North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency, Essentuki, e-mail: o.akimkina@skfmba.ru.

Для цитирования: Обоснование лечебно-оздоровительного потенциала Кабардино-Балкарской Республики на примере города-курорта Нальчик / Ю.В. Корягина, В.В. Корнева, В.С. Нопина, О.Н. Акимкина // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_24

For citation: Koryagina Yu.V., Korneva V.V., Nopina V.S., Akimkina O.N. Substantiation of the therapeutic and recreational potential of the Kabardino-Balkarian Republic on the example of Nalchik. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_24

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_25
УДК 616.594.14

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_25
UDC 616.594.14

КОРРЕКЦИЯ НАРУШЕНИЙ МЕТАБОЛИЗМА У ПАЦИЕНТОВ С АНДРОГЕННОЙ АЛОПЕЦИЕЙ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ФИЗИОТЕРАПИИ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ДЕРМАТОКОСМЕТИКИ

С.Р. Майрансаева, Е.А. Шатохина
Федеральное государственное бюджетное учреждение дополнительного профессионального образования «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента России, г. Москва, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Цель: оценить эффективность комплексного применения высокотехнологичной физиотерапии и специализированной дерматокосметики в отношении коррекции нарушений метаболизма у пациентов с андрогенной алопецией. ***Методы.*** В исследование было включено 79 пациентов, рандомизированных в 3 группы: в группе сравнения 1 было назначено лечение в соответствии с клиническими рекомендациями по андрогенной алопеции; в группе сравнения 2 вместо миноксидила была применена специализированная дерматокосметика (лосьон для роста волос «Три-энерджи фактор»); в основной группе дополнительно были использованы микроигольчатый RF-лифтинг и фотодинамическая терапия волосистой части головы. ***Результаты.*** Применение разработанной технологии привело к коррекции нарушений метаболизма: уровень Zn в сыворотке крови пациентов основной группы повысился на 24,8%, в группе сравнения 2 – на 21,9%, Cu – на 22,4% и 20,2% соответственно, тогда как в группе сравнения 1 динамика была несущественной. Содержание фолиевой кислоты в основной группе повысилось на 22,8%, в группе сравнения 2 – на 17,8%; цианокобаламина – на 18,2% в основной группе. Уровень витамина Д в основной группе повысился на 27,5%, в группе сравнения 2 – на 20,5%. ***Заключение.*** Комплексное применение высокотехнологичной физиотерапии и специализированной дерматокосметики у пациентов с андрогенной алопецией способствует достоверно значимой коррекции нарушений метаболизма.
Ключевые слова: андрогенная алопеция, микроэлементозы, витаминная недостаточность, восстановительное лечение, дерматокосметика (лосьон для роста волос «Три-энерджи фактор»), микроигольчатый RF-лифтинг, фотодинамическая терапия.

CORRECTION OF METABOLISM DISORDERS IN PATIENTS WITH ANDROGENIC ALOPECIA USING HIGH-TECH PHYSIOTHERAPY AND SPECIALIZED DERMATOCOSMETICS

S.R. Majransaeva, E.A. Shatokhina
Central State Medical Academy, Moscow, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Objective: to evaluate the effectiveness of the combined use of high-tech physiotherapy and specialized dermatocosmetics in correcting metabolic disorders in patients with androgenetic alopecia. ***Methods.*** The study included 79 patients, randomized into three groups. The Group 1 received treatment in accordance with clinical guidelines for androgenetic alopecia. The Group 2 received specialized dermatocosmetics (Tri-Energy Factor hair growth lotion). The Study Group additionally received microneedle radio-frequency skin tightening and photodynamic scalp therapy. ***Results.*** The use of the developed technology led to the correction of metabolic disorders: the serum Zn level increased by 24.8% the Study Group, in the Group 2 – by 21.9%, Cu – by 22.4% and 20.2% respectively, while in the Group 1 the dynamics were insignificant. The folic acid content in the Study Group increased by 22.8%, in the Group 2 – by 17.8%; cyanocobalamin – by 18.2% in the Study Group, and in the Group 2 there was a tendency towards improvement. Vitamin D levels increased by 27.5% in the Study Group and by 20.5% in the Group 2. ***Conclusion.*** The combined use of high-tech physiotherapy and specialized dermatocosmetics for patients with androgenetic alopecia significantly corrects metabolic disorders.
Keywords: androgenetic alopecia, microelementoses, vitamin deficiency, restorative treatment, dermatocosmetics (Tri-Energy Factor hair growth lotion), microneedle radio-frequency skin tightening, photodynamic therapy.

Введение. В последние годы ведущие специалисты в области дерматологии отмечают важную роль нарушений метаболизма в развитии заболеваний кожи и придатков, в том числе андрогенной алопеции (АГА) [1-3]. В частности, в ряде работ отмечено, что микроэлементозы и дефицит витамина Д и группы В при АГА негативно сказываются на трофике кожи, приводя к нарушениям регуляции циклической активности волосяных фолликулов [3-6]. В этом аспекте актуальна разработка инновационных технологий восстановительного лечения с использованием тех лечебных факторов, которые более всего способствуют их коррекции. Предполагается, что использование высокотехнологичной физиотерапии и специализированной дерматокосметики позволит достоверно значимо обеспечить коррекцию нарушений метаболизма у пациентов с АГА за счет синергии их лечебных эффектов [7, 8].

Цель исследования: оценить эффективность комплексного применения высокотехнологичной физиотерапии и специализированной дерматокосметики в отношении коррекции нарушений метаболизма (микроэлементозов и витаминной недостаточности) у пациентов с андрогенной алопецией.

Методы и организация исследования. Исследование, в которое вошло 79 пациентов с АГА, проведено в условиях клиники ООО «SkinCare Clinic» (г. Москва). Критерии включения: пациенты с верифицированным диагнозом АГА I-II стадии по Людвигу у женщин и II-III стадии по Гамильтону-Норвуду у мужчин (L64); лица обоих полов; возраст – от 38 до 65 лет; проявления микроэлементозов и витаминной недостаточности; подписанное информированное добровольное согласие. Критерии невключения: тяжелые формы АГА (III стадии по Людвигу и V и более стадии по Норвуду-Гамильтону); рубцовые формы алопеций; гнездная алопеция; телогеновое выпадение волос; состояние после трансплантации волос; симптоматическое выпадение волос на фоне эндогенных дефицитов, гиперандрогении (поликистоз яичников, адреногенитальный синдром, андроген-продуцирующие опухоли); беременные и женщины послеродового периода (6 мес. после родов); сахарный диабет 1 и 2 типов. Критерии исключения: нарушение протокола исследования.

Пациенты были рандомизированы в 3 группы: в группе сравнения 1 (ГС1), куда было включено 26 человек, было назначено лечение в соответствии с клиническими рекомендациями по АГА (лосьон миноксидила 5%, 2 раза в день, утром и вечером, в течение 6 месяцев); в группе сравнения 2 (ГС2), состоящей из 26 больных, вместо миноксидила была применена специализированная дерматокосметика в виде лосьона для роста волос «Три-энерджи фактор» 5,5%, 2 раза в день, утром и вечером, в течение 6 месяцев; в опытной группе (ОГ), где наблюдалось 27 пациентов, дополнительно были использованы высокотехнологичные физиотерапевтические технологии – микроигольчатый RF-лифтинг волосистой части головы на аппарате «Vivace» (Южная Корея), 1 процедура в месяц, 4 процедуры на курс лечения; фотодинамическая терапия волосистой части головы на фототерапевтическом светодиодном аппарате «HELEO 4» (Россия), перед началом процедуры на кожу головы наносили фотосенсибилизирующий гель со сферометаллохлорином™ на 20 мин, затем пациент одевал защитные очки и проводилась процедура, время воздействия – 25 мин, 1 процедура в неделю, 6 месяцев.

Для контроля эффективности восстановительных мероприятий были применены: исследование содержания микроэлементов в сыворотке крови (Mg, Ca, Zn, Cu, Fe) колориметрическим методом; определение уровня витаминов B9 (фолиевой кислоты), B12 (цианокобаламина), D (25(OH)-D3), E (альфа-токоферола) было проведено методом иммуноферментного и иммунолюминесцентного анализов, высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрией.

Статистическая обработка результатов исследования была выполнена с использованием валидизированной программы Statistica-13.0, проверка на нормальность распределения данных проводилась с применением критерия Шапиро-Уилка. Для показателей, имеющих нормальное

распределение, проводился расчет средних арифметических и стандартных отклонений (м±σ). Для величин в нормально распределенных совокупностях рассчитывался t-критерий Стьюдента, результаты считались статистически значимыми при p<0,05.

Результаты исследования и их обсуждение. Проведенный в сравнительном аспекте анализ динамических показателей свидетельствовал о высокой эффективности разработанной нами инновационной технологии комплексного применения высокотехнологичной физиотерапии и специализированной дерматокосметики в отношении коррекции витаминной недостаточности, что представлено в таблице.

Согласно данным, указанным в таблице, уровень Zn в сыворотке крови пациентов ОГ повысился на 24,8% (p<0,05), в ГС2 – на 21,9% (p<0,05), Cu – на 22,4% (p<0,05) и 20,2% (p<0,05) соответственно, тогда как в ГС1 динамика была несущественной. По остальным микроэлементам динамика была незначительной во всех группах наблюдения.

Содержание фолиевой кислоты в ОГ повысилось на 22,8% (p<0,05), в ГС2 – на 17,8% (p<0,05); цианокобаламина – на 18,2% (p<0,05) в ОГ, а в ГС2 отмечалась четкая тенденция к улучшению. Уровень витамина Д в основной группе повысился на 27,5% (p<0,01), в ГС2 – на 20,5% (p<0,05), что еще раз подтверждает возможности фотодинамической терапии в синтезе холекальциферола (витамина Д3) в эпидермисе кожи [9]. Степень повышения токоферола в ОГ составила 23,0% (p<0,05), в ГС2 – 17,5% (p<0,05). Следует отметить, что в ГС1 динамика была несущественной во всех случаях.

Таблица

Динамика содержания микроэлементов и витаминов
у пациентов с андрогенной алопецией, М±σ

Показатели	ГС1 (n=39)		ГС2 (n=40)		ОГ (n=39)	
	До	После	До	После	До	После
1	2	3	4	5	6	7
Mg, ммоль/л	0,8±0,2	0,8±0,3	0,8±0,2	0,9±0,3	0,8±0,3	0,9±0,4
–						
Ca, ммоль/л	2,2±0,8	2,2±0,7	2,2±0,7	2,3±0,7	2,2±0,6	2,3±0,5
–						
Zn, мкмоль/л	10,2±0,8	10,9±1,1	10,3±0,8	13,2±1,0	10,3±1,0	13,7±1,3
p_{4-5}<0,05; p_{6-7}<0,05; p_{3-7}<0,05						
Cu, мкмоль/л	13,7±1,6	14,3±1,9	13,4±1,5	16,8±1,8	13,5±1,6	17,4±1,9
p_{4-5}<0,05; p_{6-7}<0,05; p_{3-7}<0,05						
Fe, мкмоль/л	21,8±2,4	22,1±2,1	21,5±2,2	23,9±2,6	21,6±2,5	24,7±2,8
p_{4-5}<0,05; p_{6-7}<0,05; p_{3-7}<0,05						
Витамин B_9, нг/мл	6,5±1,5	6,9±1,5	6,5±1,4	7,9±1,6	6,4±1,4	8,3±1,7
p_{4-5}<0,05; p_{6-7}<0,05; p_{3-7}<0,05						
Витамин B_{12}, пг/мл	294±46,8	317±47,4	292±45,2	343±48,2	291±48,8	356±49,6
p_{6-7}<0,05						
Витамин D, нг/мл	25,6±4,2	27,4±4,1	25,1±4,3	31,6±4,2	24,2±4,5	33,4±4,8
p_{4-5}<0,05; p_{6-7}<0,05; p_{3-7}<0,05						
Витамин E, мкг/мл	6,1±1,3	6,8±1,2	6,1±1,4	7,4±1,6	6,0±1,3	7,8±1,4
p_{4-5}<0,05; p_{6-7}<0,05; p_{3-7}<0,05						

Примечание: ГС1 – группа сравнения 1; ГС2 – группа сравнения 2; ОГ – основная группа; Mg – магний; Ca – кальций; Zn – цинк; Cu – медь; Fe – железо.

В исследовании было выявлено, что в группах, где использовались специализированная дерматокосметика (ГС2) и ее сочетание с высокотехнологичной физиотерапией (ОГ), в большинстве случаев отмечалось достоверно значимое улучшение метаболических показателей, тогда как в группе сравнения 1 – только тенденция к их приближению к референсным значениям. Это объясняется, во-первых, наличием в составе концентрата-бустера для восстановления роста волос – лосьона для роста волос «Три-энерджи фактор» биорегуляторного трипептида из аминокислот (аланин, гистидин, лизин), U-ferment – источник витаминов группы В (комплекс витаминов, полученный путем натуральной ферментации молочнокислыми микроорганизмами) и адениндинуклеотидфосфата никотиновой кислоты, обладающего антиандрогенным действием [10]; во-вторых, десенсибилизирующим, иммуномодулирующим, метаболическим регенеративным эффектами фотодинамической терапии [9, 11-13]; в-третьих, противовоспалительным и репаративно-регенеративным воздействиями микроигольчатого радиочастотного лифтинга [7, 8, 13]. Синергия их терапевтических эффектов обусловила достоверно значимое улучшение метаболических показателей в ОГ при межгрупповых различиях с данными в ГС1 по большинству показателей, что соотносится с выводами других независимых исследователей и подтверждает валидность полученных нами результатов [14-18].

Заключение. Полученные результаты впервые демонстрируют высокую эффективность инновационной программы восстановительного лечения пациентов с АГА с комплексным применением высокотехнологичной физиотерапии (микроигольчатый RF-лифтинг и фотодинамическая терапия волосистой части головы) и специализированной дерматокосметики (лосьон для роста волос «Три-энерджи фактор») в отношении достоверно значимой коррекции микроэлементозов и витаминной недостаточности.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клинические рекомендации Андрогенная алопеция / А.А. Кубанов, К.И. Плахова, И.Н. Кондрахина [и др.] / Разработчик: Общероссийская общественная организация «Российское общество дерматовенерологов и косметологов». – М., 2024. – 68 с.
2. Регуляция циклической активности волосяных фолликулов / В.Л. Горячкина, М.Ю. Иванова, Д.А. Цомартова [и др.] // Морфология. – 2014. – Т. 146. – № 5. – С. 83-87. DOI: 10.17816/morph.398801.
3. Значение генетических и негенетических факторов в возникновении и развитии андрогенной алопеции у мужчин: многопараметрический анализ / И.Н. Кондрахина, Д.А. Вербенко, А.М. Затевалов [и др.] // Вестник РАМН. – 2019. – Т. 74. – № 3. – С. 167-175. DOI: 10.15690/vramn1141.
4. Кондрахина, И.Н. Андрогенная алопеция у мужчин: значение генетических, гормональных и метаболических факторов (проспективное когортное сравнительное исследование) / И.Н. Кондрахина // Российский журнал кожных и венерических болезней. – 2022. – Т. 25. – № 5. – С. 349-361.
5. Mahmood, L. The metabolic processes of folic acid and Vitamin B12 deficiency / L. Mahmood // J. Health Res. Rev. – 2014. – Vol. 1(1). – P. 5-9. DOI: 10.4103/2394-2010.143318.
6. Assessment of vitamin D receptors in alopecia areata and androgenetic alopecia / M.M. Fawzi, S.B. Mahmoud, S.F. Ahmed [et al.] // J Cosmet Dermatol. – 2016. – Vol. 15(4). – P. 318-323. DOI: 10.1111/jocd.12224.
7. Санаторно-курортное лечение : Национальное руководство. Краткое издание / Г.Р. Абусева, П.В. Антипенко, В.А. Бадтиева [и др.]. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2022. – 704 с. DOI: 10.33029/9704-6654-4-SKK-2022-1-704.
8. Физическая и реабилитационная медицина : Национальное руководство. Краткое издание / Г.Р. Абусева, В.А. Бадтиева, А.В. Барсуков [и др.]. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2025. – 704 с. DOI: 10.33029/9704-9011-2-PRM-2025-1-704.
9. Фотодинамическая терапия в дерматологии: Методические рекомендации / В.Н. Волгин, Т.В. Соколова, М.С. Колбина [и др.]. – М: ГВКГ им. Н.Н. Бурденко, 2011. – 67 с.
10. Чалисова, Н.И. Стимулирующее влияние сочетаний дипептидов и трипептидов на развитие культуры тканей различного генеза /

Н.И. Чалисова, Г.А. Рыжак, Е.А. Никитина // Интегративная физиология. – 2024. – Т. 5. – № 4. – С. 365-374.
11. Саламашенко, Н.А. Сочетанный протокол лечения андрогенной алопеции с применением фотодинамической терапии и экзосом из стволовых клеток розы дамасской (клиническое наблюдение) / Н.А. Саламашенко // РМЖ. Медицинское обозрение. – 2025. – № 9(6). – С. 363-368.
12. Логачева, Н.С. Влияние комбинированной терапии СО-2 лазером и транексамовой кислотой на качество жизни пациентов с мелазмой: сравнительное исследование с использованием шкалы MELASQOL / Н.С. Логачева, А.А. Шарова, Е.А. Шатохина // Медицинский алфавит. – 2025. – № 23. – С. 103-107.
13. Комбинированное лечение сенильных изменений кожи с применением фонофореза гиалуроновой кислоты и лазерных технологий. / Ж.Ю. Юсова, Е.А. Шатохина, М.А. Елфимов, В.В. Портнов // Курортная медицина. – 2024. – № 1. – С. 121-126.
14. Бадтиева, В.А. Низкочастотное «бегущее» магнитное поле в лечении больных хронической венозной недостаточностью нижних конечностей / В.А. Бадтиева, Н.В. Трухачева, Т.В. Апханова // Вестник восстановительной медицины. – 2013. – № 3(55). – С. 10-14.
15. Лечебные физические факторы в программах лечения больных хроническим панкреатитом / А.С. Кайсинова, Н.В. Ефименко, М.Б. Узденов, [и др.] // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2022. – № 8(204). – С. 47-55.
16. Федоров, А.А. Влияние магнитолазерной терапии в комплексе с йодобромными хлоридными натриевыми ваннами на показатели ремоделирования костной и хрящевой ткани при остеоартрозе у рабочих криолитового производства / А.А. Федоров, Е.В. Рябко // Курортная медицина. – 2015. – № 4. – С. 73-77.
17. Обоснование включения импульсного низкочастотного электростатического массажа в комплексные лечебные и реабилитационные программы / Н.Б. Корчажкина, А.А. Михайлова, Д.И. Колгаева [и др.] // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2019. – Т. 18. – № 3. – С. 191-194. DOI: 10.17816/1681-3456-2019-18-3-191-194.
18. Современные реабилитационные и цифровые технологии в педиатрии. Методы реабилитации детей различного возраста с использованием новейших медицинских разработок / Н.Б. Корчажкина, В.К. Котенко, М.А. Хан [и др.]. – Москва : ЭКСМО, 2025. – 400 с.

REFERENCES

1. Kubanov A.A., Plakhova K.I., Kondrakhina I.N. et al. Clinical guidelines for androgenetic alopecia. Developer: All-Russian Public Organization “Russian Society of Dermatovenerologists and Cosmetologists”. Moscow, 2024. 68 p. (in Russ.)
2. Goryachkina V.L., Ivanova M.Yu., Tsomartova D.A. et al. Regulation of hair follicle cycle. *Morphology*, 2014, vol. 146, no. 5, pp. 83-87. DOI: 10.17816/morph.398801. (in Russ.)
3. Kondrakhina I.N., Verbenko D.A., Zatevalov A.M., Kubanov A.A., Deryabin D.G. The Value of Genetic and Non-Genetic Factors in the Emergence and in the Development of Androgenetic Alopecia in Men: Multifactor Analysis. *Annals of the Russian academy of medical sciences*, 2019, vol. 74, no. 3, pp. 167-175. DOI: 10.15690/vramn1141 (in Russ.)
4. Kondrakhina I.N. Androgenic alopecia in men: the significance of genetic, hormonal and metabolic factors (prospective cohort comparative study). *Russian Journal of Skin and Venereal Diseases*, 2022, vol. 25, no. 5, pp. 349-361. (in Russ.)
5. Mahmood L. The Metabolic Processes of Folic Acid and Vitamin B12 Deficiency. *J. Health Res. Rev.*, 2014, vol. 1, no. 1, pp. 5-9. DOI: 10.4103/2394-2010.143318.
6. Fawzi M.M., Mahmoud S.B., Ahmed S.F., Shaker O.G. Assessment of vitamin D receptors in alopecia areata and androgenetic alopecia. *J Cosmet Dermatol*, 2016, vol. 15, no. 4, pp. 318-323.
7. Abuseva G.R., Antipenko P.V., Badtieva V.A. et al. Sanatorium-resort treatment: National guidelines. Brief edition. Moscow: GEOTAR-Media, 2022. 704 p. (in Russ.)
8. Abuseva G.R., Badtieva V.A., Barsukov A.V. et al. Physical and Rehabilitation Medicine: National Guidelines. Brief Edition. Moscow: GEOTAR-Media, 2025. 704 p. (in Russ.)
9. Volgin V.N., Sokolova T.V., Kolbina M.S., Sokolovskaya A.A., Trishkina O.V. Photodynamic Therapy in Dermatology: Guidelines. Moscow: N.N. Burdenko State Medical University, 2011. 67 p. (in Russ.)
10. Chalisova N.I., Ryzhak G.A., Nikitina E.A. The impact of dipeptide and tripeptide combinations on the development of tissue cultures from different origins. *Integrative Physiology*, 2024, vol. 5, no. 4, pp. 365-374. (in Russ.)
11. Salamashenko N.A. Combined protocol for the treatment of androgenic alopecia using photodynamic therapy and exosomes from Damask rose stem cells (case report). *Russian Medical Inquiry*, 2025, vol. 9, no. 6, pp. 363-368. (in Russ.)
12. Logacheva N.S., Sharova A.A., Shatokhina E.A. he influence of combined CO_2 laser therapy and tranexamic acid on the quality of life of patients

with melasma: a comparative study using the mekasqol scale. *Medical alphabet,* 2025, no. 23, pp. 103-107. (in Russ.)
13. Yusova Zh.Yu., Shatokhina E.A., Elfimov M.A., Portnov V.V. Combined Treatment of Senile Skin Changes Using Hyaluronic Acid Phonophoresis and Laser Technologies. *Resort Medicine*, 2024, no. 1, pp. 121-126. (in Russ.)
14. Badtieva V.A., Trukhacheva N.V., Apkhanova T.V. The low frequency "running" the magnetic field in the treatment of patients with chronic venous insufficiency of the lower limbs. *Bulletin of Rehabilitation Medicine,* 2013, vol. 55, no. 3, pp. 10-14. (in Russ.)
15. Kaisinova A.S., Efimenko N.V., Uzdenov M.B. et al. Therapeutic physical factors in treatment programs for patients with chronic pancreatitis. *Experimental & clinical gastroenterology*, 2022, vol. 204, no. 8, pp. 47-55. (in Russ.)
16. Fedorov A.A., Ryabko E.V. Effect of Magnetolaser Therapy in the Complex with Iodine-Bromine Chloride Sodium Baths on Indicators of Remodeling of Bone and Cartilage Tissue at Osteoarthrosis at Workers of Cryolite Production. *Resort Medicine*, 2015, no. 4, pp. 73-77. (in Russ.)
17. Korchazhkina N.B., Mikhailova A.A., Kolgaeva D.I., Kovalev S.A., Rzhevsky V.S. The rationale for the inclusion of a pulsed low-frequency electrostatic massage in the complex treatment and rehabilitation programmes. *Russian Journal of Physiotherapy, Balneology and Rehabilitation*, 2019, vol. 18, no. 3, pp. 191-194. (in Russ.)
18. Korchazhkina N.B., Kotenko V.K., Khan M.A. et al. Modern Rehabilitation and Digital Technologies in Pediatrics. Methods of rehabilitation for children of different ages using the latest medical developments. Moscow: EKSMO, 2025. 400 p. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

София Руслановна Майрансаева – аспирант кафедры дерматовенерологии и косметологии, Центральная государственная медицинская академия Управления делами Президента Российской Федерации, Москва, e-mail: sofia.mairansaeva@gmail.com, ORCID: 0009-0000-8395-734X.
Евгения Афанасьевна Шатохина – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры дерматовенерологии и косметологии, Центральная государственная медицинская академия Управления делами Президента Российской Федерации, Москва, e-mail: e.a.shatokhina@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8050-9514.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Sofia R. Majransaeva – Postgraduate Student of the Department of Dermatovenereology and Cosmetology, Central State Medical Academy, Moscow, e-mail: sofia.mairansaeva@gmail.com, ORCID: 0009-0000-8395-734X.
Evgenia A. Shatokhina – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Dermatovenereology and Cosmetology, Central State Medical Academy, Moscow, e-mail: e.a.shatokhina@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8050-9514.

Для цитирования: Майрансаева, С.Р. Коррекция нарушений метаболизма у пациентов с андрогенной алопецией под воздействием высокотехнологичной физиотерапии и специализированной дерматокосметики / С.Р. Майрансаева, Е.А. Шатохина // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_25

For citation: Majransaeva S.R., Shatokhina E.A. Correction of metabolism disorders in patients with androgenic alopecia using high-tech physiotherapy and specialized dermatocosmetics. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_25

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_26
УДК 616-036.82; 578.834.1

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_26
UDC 616-036.82; 578.834.1

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ НА ФОНЕ МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ У ПАЦИЕНТОВ С COVID-19: ПРОСПЕКТИВНОЕ КЛИНИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

О.А. Шукалович[1], Е.Ф. Туровинина[1], А.Н. Багаутдинова[2]
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Тюмень, Россия
[2]Государственное автономное учреждение здравоохранения Тюменской области «Областной лечебно-реабилитационный центр «Градостроитель», г. Тюмень, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Пандемия COVID-19 потребовала пересмотра подходов к реабилитации пациентов. Ключевой аспект восстановления – микроциркуляция. Ее нарушения могут привести к осложнениям и долгосрочным последствиям, поэтому оценка ее состояния важна для реабилитации. ***Методы.*** В исследование включены 120 пациентов с подтвержденным COVID-19. Участники разделены на группы в зависимости от программы реабилитации. Контроль эффективности проведен методом Лазерной допплеровской флоуметрии до, после и через год после курса реабилитации. ***Результаты.*** Прохождение программы реабилитации способствовало улучшению клинических показателей и функциональных параметров микроциркуляции в основной и в 1-ой группе сравнения ($p<0,001$), но через год показатели ухудшаются во всех обследуемых группах ($p<0,05$). ***Заключение.*** Применение оценки эффективности по показателям микроциркуляции в динамике позволяет персонифицировать программу реабилитации и получить объективные показатели проведенных мероприятий.
Ключевые слова: реабилитация, COVID-19, микроциркуляция крови.

ASSESSMENT OF THE DYNAMICS OF FUNCTIONAL INDICATORS OF MICROCIRCULATION IN PATIENTS WITH COVID-19 UNDERGOING MEDICAL REHABILITATION: PROSPECTIVE CLINICAL STUDY

O.A. Shukalovich[1], E.F. Turovinina[1], A.N. Bagautdinova[2]
[1]Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia
[2]Medical and Rehabilitation Center “Gradostroitel”, Tyumen, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The COVID-19 pandemic has required a review of approaches to patient rehabilitation. The key aspect of recovery is microcirculation. Its disorders can lead to complications and long-term consequences, so assessing its condition is important for rehabilitation. ***Methods.*** The study included 120 patients with confirmed COVID-19. The participants are divided into groups depending on the rehabilitation program. The effectiveness was monitored by Laser Doppler Flowmetry before, after, and one year after the course. ***Results.*** The rehabilitation program improved the clinical parameters and functional parameters of microcirculation in the main and in the 1st comparison group ($p<0.001$), but after a year the indicators deteriorate in all the studied groups ($p<0.05$). ***Conclusion.*** The use of performance evaluation based on microcirculation indicators in dynamics allows to personalize the rehabilitation program and obtain objective indicators of the measures taken.
Keywords: rehabilitation, COVID-19, blood microcirculation.

Введение. COVID-19 оказал значительное влияние на здоровье населения по всему миру. Помимо острых проявлений болезни многие пациенты сталкиваются с долгосрочными последствиями и осложнениями, которые требуют тщательного изучения и разработки эффективных реабилитационных программ. При изучении клинических проявлений заболевания и отдаленных последствий было выявлено, что в патогенезе COVID-19 важнейшую роль играет нарушение микроциркуляции, что определяет клиническое течение заболевания и осложнения [1, 2]. Согласно данным ряда исследований, нарушения микроциркуляции могут оказывать негативное влияние на процесс реабилитации, замедляя восстановление и увеличивая риск осложнений

[3-5]. В последние годы наблюдается значительный интерес к изучению динамики показателей микроциркуляции на фоне комплексной медицинской реабилитации (МР). В частности, было показано, что улучшение микроциркуляции способствует более быстрому восстановлению функциональных показателей и снижению уровня воспалительных процессов. В исследовании О.А. Шукалович и соавт. [6] показано, что индивидуальное применение преформированных факторов по показателям микроциркуляции в курсе медицинской реабилитации имеет большую эффективность и уменьшает сроки выздоровления пациентов. Таким образом, оценка динамики микроциркуляторных показателей в ходе реабилитационных мероприятий становится важным аспектом клинической практики, в том числе при COVID-19.

Публикация результатов проспективного клинического исследования расширит базу научных знаний о влиянии COVID-19 на микроциркуляцию и эффективность реабилитационных мероприятий. Это будет способствовать развитию медицины и улучшению качества медицинской помощи пациентам, перенесшим инфекцию.

Цель: оценка динамики изменений функциональных показателей микроциркуляции на фоне программы медицинской реабилитации у пациентов, перенесших COVID-19.

Методы и организация исследования. Исследование проведено на базе лечебно-реабилитационного центра «Градостроитель» г. Тюмени в соответствии с этическими принципами. Исследование выполнено в период с марта 2022 по март 2023 гг.

Критерии включения: состояние после перенесенного COVID-19, с поражением легочной ткани; срок реабилитации – в течение 6 месяцев после перенесенной инфекции; оценка состояния пациента по шкале реабилитационной маршрутизации – 2 балла; в основной группе – 30 мужчин и 30 женщин, в 1-ой и 2-ой группах сравнения – по 15 женщин и 15 мужчин, средний возраст пациентов – 62,3 года; информированное добровольное согласие.

Критерии невключения: соматические заболевания в стадии декомпенсации.

Критерии исключения: резкое ухудшение общесоматического состояния пациента; отказ пациента от участия в исследовании. Участники исследования (n=90), проходившие курс медицинской реабилитации, были разделены на две группы, сопоставимые по полу, возрасту и степени тяжести заболевания. В основной группе (n=60) пациенты получали реабилитацию в соответствии с клиническими рекомендациями [7, 8]: диетотерапию; индивидуальную лечебную физкультуру: специальные дыхательные упражнения с учетом локализации патологического очага и степени распространенности поражения легких продолжительностью 25 мин, 10 занятий на курс лечения; аппаратные методы кинезотерапии не применялись; психокоррекцию малыми группами продолжительностью 25 мин; ежедневно, 10 сеансов на курс лечения; физиотерапию: аэрозольтерапия в зависимости от клинических проявлений, низкочастотная магнитотерапия на аппарате «АЛМАГ-02» (ФСР 2009/04790; Россия), излучатели размещали на проекции корня легких; тип магнитного поля: основной излучатель – бегущие магнитные поля справа-налево; индукция – 20 мТл; частота – 100 Гц; время воздействия – 20 мин. В 1-ой группе сравнения (n=30) пациенты получали реабилитацию в соответствии с клиническими рекомендациями, но без прохождения физиотерапии. В дополнительной 2-ой группе сравнения (n=30) пациенты не проходили курс медицинской реабилитации. Всем пациентам до и после реабилитационных мероприятий проведена оценка нарушений микроциркуляции. Использовались аппарат лазерный диагностический «ЛАЗМА СТ» и метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ). Метод ЛДФ дает возможность объективно регистрировать микроциркуляторный кровоток [9, 10]. Производилось зондирование ткани лазерным излучением. Обработка отраженного от ткани излучения основана на выделении из зарегистрированного сигнала допплеровского сдвига частоты отраженного сигнала, пропорционального скорости движения частиц в микроциркуляторном русле; в ходе проводимых исследований обеспечивалась регистрация изменения потока крови в

микроциркуляторном русле. Общая длительность одного исследования составляла 15 мин. Измерения проводились на коже с артериовенозными анастомозами (АВА) на ладонной поверхности дистальной фаланги 4-го пальца кисти левой руки в одно и то же время в условиях физического и психического покоя, через 2 часа после приема пищи с предварительной адаптацией пациентов к температуре помещения 20-23 °С, в положении сидя, левое предплечье на столе на уровне сердца. В настоящее время метод лазерной допплеровской флоуметрии является ведущим для диагностики состояния микроциркуляторного русла. Метод является неинвазивными и противопоказаний для использования не имеет. С ЛДФ оценивались следующие параметры: интегративный показатель микроциркуляции (М-величина перфузии) и функциональные показатели регуляции: активные факторы микроциркуляции, соответствующие амплитуде колебаний кровотока, обусловленные эндотелиальным (Аэ), миогенным (Ам) и нейрогенным (Ан) механизмами регуляции сосудистого тонуса и пассивные факторы регуляции, показатели венозного оттока, вызываемого дыхательными экскурсиями (Ад) и пульсовым кровотоком (Ас) [9]. Проведение научной работы одобрено этической комиссией комитета по этике Тюменского государственного медицинского университета (протокол № 104 от 02.02.2022г). Статистическая обработка полученных данных проведена с использованием стандартной программы SPSS Statistic 27.0. Для проверки нормальности распределения данных использовался критерий Шапиро-Уилка, для сравнения двух зависимых групп по одному признаку – критерий Вилкоксона. При сравнении трех независимых групп по одному признаку применялся критерий Краскела-Уоллиса. За уровень значимости достоверности различий принимали $p<0,05$. Данные представлены в виде медианы и межквартильного размаха (Me [Q1; Q3]).

Результаты исследования и их обсуждение. В результате годичного наблюдения за пациентами, перенесшими коронавирусную инфекцию, были выявлены статистически значимые изменения показателей микроциркуляции и клинического состояния пациента на фоне медицинской реабилитации и без нее (табл. 1).

Так, при анализе величины перфузии (М), как интегративного показателя микроциркуляции, выявлено, что М изменился во всех группах через 1 год ($p<0,001$). При этом полученные данные показывают ухудшение состояния пациента на уровне микроциркуляторной системы.

Повышенный уровень показателя микроциркуляции М свидетельствует об усиленном кровоснабжении, что связано с воспалительными процессами. Уровень М ниже нормы означает недостаточное поступление кислорода и питательных веществ в клетки, что может вызвать их повреждение или гибель.

Активные и пассивные показатели микроциркуляции имеют разную функциональную значимость, все они достоверно изменились через 1 год, но в разной степени: нейрогенный показатель (Ан) в основной группе и в 1-й группе сравнения через год показал положительную динамику ($p>0,05$), а во 2-й группе сравнения показатель стал выше. Повышение нейрогенной активности (Ан) отражает изменения в регуляции сосудистого тонуса, приводящие к спазмам сосудов или, наоборот, к их расширению.

Миогенный показатель (Ам) статистически значимо изменился на 10 сутки МР ($p<0,001$*), в основной группе через год определены функционально значимые данные. В группах сравнения через год показатель существенно повысился. Между тем, увеличение миогенной активности (Ам) отражает повышение тонуса гладкой мускулатуры сосудов, что вызывает спазм и сужение сосудов, тем самым ухудшая кровоснабжение органов и тканей.

Эндотелиальный показатель (Аэ) во всех группах также функционально изменился через год. Повышение эндотелиального показателя микроциркуляции свидетельствует о вазодилатации и увеличении проницаемости сосудов и, как следствие, приводит к отекам тканей, что способствует воспалительным процессам.

Снижение деятельности активных факторов приводит к недостаточному притоку крови к органам и тканям, что может

вызвать ишемию (недостаток кислорода и питательных веществ) [11].

Дыхательная амплитуда (Ад) в основной группе на 10 сутки функционально улучшилась, но через год показатель снова стал меньше, чем до начала курса МР. В 1-й и во 2-й группах сравнения через год показатель сохранился в референсных значениях. Пульсовой кровоток в основной и в контрольной группах на 10 сутки МР функционально улучшился, но через год в основной группе показатель снова снижается, при этом в 1-й группе сравнения изменений через год обнаружено не было.

Таблица 1

Результаты оценки динамики показателей микроциркуляции на фоне курса медицинской реабилитации (основная группа и группа сравнения 1) и без реабилитации (группа сравнения 2), Me [Q1; Q3]

Показатели микроциркуляции	Период реабилитации	Группа			P<
		Основная (n=60)	Сравнения 1 (n=30)	Сравнения 2 (n=30)	
Величина перфузии, пф.ед.	1 сутки	18 [13; 21]	16,7 [13,6; 21,2]	17,9 [14,9; 22]	–
	10 сутки	12 [9; 14]	11,1 [9,5; 14,2]	–	–
	Через год	13 [10,3; 14,7]	13,1 [11,09; 14,7]	14,6 [12,3; 20,5]	0,001
Активные факторы регуляции					
Нейрогенный показатель, пф.ед.	1 сутки	0,68 [0,53; 0,85]	0,65 [0,52; 0,91]	0,62 [0,43; 0,74]	–
	10 сутки	1,6 [1,3; 1,7]	1,6 [1,5; 1,8]	–	–
	Через год	1,6 [1,4; 1,8]	1,4 [1,34; 2,01]	1,32 [0,56; 1,47]	0,001
Миогенный показатель, пф.ед.	1 сутки	0,49 [0,37; 0,70]	0,60 [0,46; 0,72]	0,46 [0,34; 0,69]	–
	10 сутки	0,83 [0,67; 1,06]	0,93 [0,82;1,66]	–	0,001
	Через год	0,29 [0,21; 0,37]	1,5 [1,03; 1,77]	1,09 [0,62; 1,46]	0,001
Эндотелиальный показатель, пф.ед.	1 сутки	0,74 [0,56; 1,08]	0,82 [0,63; 1,05]	0,73 [0,47; 0,99]	–
	10 сутки	2,3 [1,9; 2,7]	2,4 [2,09; 2,87]	–	–
	Через год	0,56 [0,44; 0,76]	1,96 [1,56; 2,57]	1,6 [0,95; 1,98]	0,001
Пассивные факторы регуляции					
Дыхательная амплитуда, пф.ед.	1 сутки	0,31 [0,24; 0,41]	0,25 [0,23; 0,35]	0,29 [0,24; 0,41]	–
	10 сутки	0,46 [0,39; 0,59]	0,42 [0,36; 0,46]	–	–
	Через год	0,22 [0,16; 0,26]	0,46 [0,34; 0,67]	0,33 [0,33; 0,67]	0,001
Пульсовой кровоток, пф.ед.	1 сутки	0,63 [0,46; 0,92]	0,63 [0,23; 0,35]	0,58 [0,47; 0,75]	–
	10 сутки	1,3 [0,67; 1,06]	1,2 [0,47; 1,5]	–	–
	Через год	2,3 [1,6; 3,5]	1,16 [0,78; 1,45]	1,01 [0,47; 1,34]	0,001

При изменениях в регуляции пассивных факторов (Ад, Ас) нарушается нормальное кровообращение в капиллярах, что приводит к недостаточному питанию тканей и их кислородному голоданию.

Интерпретация показателей микроциркуляции проводилась с учетом клинической картины, согласно временным методическим рекомендациям (версия 18) [8]: для оценки переносимости гипоксии применялись функциональные тесты Генчи, Штанге, для оценки переносимости физической нагрузки – тест с 6-минутной ходьбой (табл. 2).

Результаты пробы Штанге в основной группе на 10 сутки МР соответствовали удовлетворительному состоянию, в группе сравнения 1 – неудовлетворительному, через год после МР в обеих группах показатели переходят в неудовлетворительный диапазон (<35 с), при этом через год динамика результатов пробы статистически значима в обеих группах. Так как пациенты группы сравнения 2 не проходили курс медицинской реабилитации, динамика функциональных проб оценивалась в основной группе и группе сравнения 1.

Результаты пробы Генчи статистически значимо изменились в основной группе и 1-ой группе сравнения на всех этапах исследования, на 10 сутки после МР показатели в удовлетворительном диапазоне, через год показатели в неудовлетворительном диапазоне (<29 с).

Результаты теста 6-минутной ходьбы статистически и клинически значимо изменились в основной группе на всех этапах исследования. При этом в 1-ой группе сравнения через год показатель улучшился с 217 до 310 метров.

Таблица 2

Результаты оценки динамики функциональных проб на фоне курса медицинской реабилитации, Me [Q1; Q3]

Функциональные пробы	Период реабилитации	Группа		P<
		Основная (n=60)	Сравнения 1 (n=30)	
Проба Штанге, с	1 сутки	31 [24,5; 34,5]	29 [24; 31]	–
	10 сутки	35 [28; 39,5]	34 [28; 37]	–
	Через год	25 [21; 31]	30,5 [25; 35]	0,001
Проба Генчи, с	1 сутки	25 [21; 33]	28 [24; 31]	0,001
	10 сутки	31 [26,5; 37]	34 [29; 38]	0,001
	Через год	23 [19,5; 29]	29,5 [27; 34]	0,001
Тест 6-мин ходьбы, м	1 сутки	240 [215; 317,5]	217 [215; 250]	0,001
	10 сутки	410 [360; 440]	315 [290; 380]	0,001
	Через год	250 [197,5; 268,5]	310 [276; 357]	0,001

Оценка показателей микроциркуляции до и после курса медицинской реабилитации относится к объективным критериям эффективности проведенных мероприятий. В результате исследования полученные данные подтверждают важность учета индивидуальных особенностей пациента и персонифицированного подхода к реабилитации, который способствует улучшению микроциркуляции и, как следствие, ускорению процессов восстановления, тем самым уменьшая отдаленные последствия перенесенного заболевания. По результатам изменений в показателях микроциркуляции наблюдается динамика в сторону ухудшения, а по клиническим характеристикам отмечается значительное улучшение после курса МР. Таким образом, интеграция индивидуального подхода в реабилитацию с учетом не только клинических показателей, но и состояния микроциркуляторного русла, может привести к более эффективным результатам и улучшению качества жизни пациентов.

В исследовании других авторов (Бабушкин И.Е., Кулишова Т.В. 2022 г.) показано, что нормализация капиллярного кровотока у пациентов сопровождается улучшением эндотелиальной функции сосудов, оптимизацией гемостазиологических и воспалительных процессов в сосудистой системе, что имеет важное значение для профилактики и уменьшения рисков возникновения осложнений, при этом оценка состояния микроциркуляции проводилась сразу после курса МР [4].

Аналогично в другом исследовании подтверждено, что введение рутинного исследования нарушения микроциркуляции в клиническую практику позволяет персонализировать потенциальные терапевтические подходы в лечении постковидного синдрома путем дифференцированного подбора процедур и кратности их назначения при составлении и проведении реабилитационных программ [12, 13].

Также в период пандемии было проведено исследование, в результате которого были зарегистрированы значимые изменения на уровне микроциркуляции у пациентов, перенесших COVID-19, что является неблагоприятным фактором в отношении прогноза и требует разработки профилактических мероприятий, направленных на снижение рисков развития тромбообразования.

В нашем исследовании оценка динамики показателей микроциркуляции, проводимая сразу после курса МР, показывает аналогичную картину, однако через год выявленные нарушения на микроциркуляторном уровне сохраняются или выходят за пределы референсных значений, что является обоснованием необходимости длительного контроля и проведения реабилитационных мероприятий.

Заключение. Применение индивидуальной оценки микроциркуляции в динамике

позволяет персонифицировать программу реабилитации и получить объективные показатели эффективности проведенных мероприятий. Микроциркуляторные нарушения после COVID-19 сохраняются через год, что дает основания для проведения дальнейших исследований и реабилитации.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нарушение микроциркуляции и клеточного метаболизма у пациентов с постковидным синдромом / В.В. Сидоров, А.А. Лобанов, И.А. Гришечкина [и др.] // Вестник новых медицинских технологий. – 2022. – № 2. – С. 64-68. DOI: 10.24412/1609-2163-2022-2-64-68.
2. Вызовы и подходы к медицинской реабилитации пациентов, перенесших осложнения COVID-19 / А.Д. Фесюн, А.А. Лобанов, А.П. Рачин [и др.] // Вестник восстановительной медицины. – 2020. – № 97 (3). – Р. 3-13. DOI: 10.38025/2078-1962-2020-97-3-3-13
3. Нарушения микроциркуляции у больных с тяжелым течением COVID-19 / Е.Е. Ладожская-Гапеенко, К.Н. Храпов, Ю.С. Полушин [и др.] // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2021. – Т. 18. – № 4. – С. 7-19. DOI: 10.21292/2078-5658-2021-18-4-7-19
4. Влияние медицинской реабилитации на состояние микроциркуляции и активности воспаления у пациентов после перенесенной пневмонии, ассоциированной с новой коронавирусной инфекцией (COVID-19) / И.Е. Бабушкин, Т.В. Кулишова, Н.Ю. Карелова [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2022. – № 2. – С. 156.
5. Золотовская, И.А. Основные характеристики параметров микроциркуляции у пациентов, перенесших COVID-19 / И.А. Золотовская, П.Р. Шацкая, И.Л. Давыдкин // Профилактическая медицина. – 2020. – № 23(7). – С. 56-62.
6. Шукалович, О.А. Подходы к персонификации программ реабилитации пациентов, перенесших COVID-19 / О.А. Шукалович, Е.Ф. Туровинина // Курортная медицина. – 2024. – № 2. – С. 127-132. DOI: 10.24412/2304-0343-2024_2_127.
7. Временные методические рекомендации. Медицинская реабилитация при новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Версия 2. 31.07.2020. – URL: https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/051/187/original/31072020_Reab_COVID-19_v1.pdf (дата обращения: 16.04.2026)
8. Временные методические рекомендации. Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Версия 18. 26.10.2023. – URL: https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/064/610/original/%D0%92%D0%9C%D0%A0_COVID-19_V18.pdf (дата обращения: 16.04.2026)
9. Крупаткин, А.И. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно-тканевых систем: Колебания, информация, нелинейность. Руководство для врачей / А.И. Крупаткин, В.В. Сидоров. – М.: Стереотип, 2022. – 496 с.
10. Власова, Т.И. Современные методы оценки микроциркуляции / Т.И. Власова, Т.Д. Власов // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2024. – № 23(4). – С. 5-21. DOI: 10.24884/1682-6655-2024-23-4-5-21.
11. Возможности капилляроскопической оценки микроциркуляции в кардиологии / А.С. Лишута, М.В. Кожевникова, О.А. Слепова [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2025. – № 24(8). – С. 4380. DOI: 10.15829/1728-8800-2025-4380.
12. Синдром усталости у пациентов с лонг-ковидом и постковидным синдромом (обзор литературы) / А.А. Визель, П.Е. Колесников, А.Р. Абашев, И.Ю. Визель // Русский медицинский журнал. – 2024. – № 3. – С. 44-49.
13. COVID-19 и сосудистые нарушения (обзор литературы) / Н.Н. Петрищев, О.В. Халепо, Ю.А. Вавиленкова [и др.] // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2020. – Т. 19. – № 3. – С. 90-98. DOI: 10.24884/1682-6655-2020-19-3-90-98.

REFERENCES

1. Sidorov V.V., Lobanov A.A., Grishechkina I.A. et al. Violation of microcirculation and cellular metabolism in patients with COVID-19. *Journal of New Medical Technologies*, 2022, no. 2, pp. 64-68. DOI: 10.24412/1609-2163-2022-2-64-68 (in Russ.)
2. Fesyun A.D., Lobanov A.A., Rachin A.P. et al. Challenges and approaches to medical rehabilitation of patients with Covid-19 complications. *Bulletin of rehabilitation medicine,* 2020, no. 97(3), pp. 3-13. DOI: 10.38025/2078-1962-2020-97-3-3-13 (in Russ.)
3. Ladozhskaya-Gapenko E.E., Khrapov K.N., Polushin Yu.S. et al. Microcirculation Disorders in Patients with Severe COVID-19. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2021, vol. 18, no. 4, pp. 7-19. DOI: 10.21292/2078-5658-2021-18-4-7-19 (in Russ.)

4. Babushkin I.E., Kuleshova T.V., Karelova N.Yu., Kharchenko S.S., Kryanga A.A. The effect of medical rehabilitation on the state of microcirculation and inflammation activity in patients after pneumonia associated with a new coronavirus infection (COVID-19). *Modern problems of science and education*, 2022, no. 2, p. 156. (in Russ.)
5. Zolotovskaya I.A., Shatskaia P.R., Davydkin I.L. Main characteristics of microcirculation parameters in patients who underwent COVID-19. *Russian Journal of Preventive Medicine*, 2020, no. 23(7), pp. 56-62. (in Russ.)
6. Shukalovich O.A., Turovinina E.F. Approaches to personification of rehabilitation programmes for patients after COVID-19. *Resort Medicine*, 2024, no. 2, pp. 127-132. DOI: 10.24412/2304-0343-2024_2_127. (in Russ.)
7. Temporary methodological guidelines. Medical rehabilitation after COVID-19. Version 2. 31.07.2020. Available at: https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/051/187/original/31072020_Reab_COVID-19_v1.pdf (accessed 16.04.2026) (in Russ.)
8. Temporary methodological guidelines. Prevention, diagnosis and treatment of COVID-19. Ver. 18. 26.10.2023. Available at: https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/064/610/original/%D0%92%D0%9C%D0%A0_COVID-19_V18.pdf (accessed 16.04.2026) (in Russ.)
9. Krupatkin A.I., Sidorov V.V. Functional diagnostics of microcirculatory and tissue systems: Fluctuations, information, non-linearity. Guidelines for doctors. Moscow: Stereotip, 2022. 496 p. (in Russ.)
10. Vlasova T.I., Vlasov T.D. Current methods for microvascular blood flow research. *Regional blood circulation and microcirculation*, 2024, no. 23(4), pp. 5-21. DOI: 10.24884/1682-6655-2024-23-4-5-21. (in Russ.)
11. Lishuta A.S., Kozhevnikova M.V., Slepova O.A. et al. Microcirculation assessment using capillaroscopy in cardiology. *Cardiovascular Therapy and Prevention*, 2025, no. 24(8), p. 4380. DOI: 10.15829/1728-8800-2025-4380. (in Russ.)
12. Vizel A.A., Kolesnikov P.E., Abashev A.R., Vizel I.Yu. Fatigue syndrome in patients with long COVID and post-COVID syndrome (literature review). *Russian Medical Journal*, 2024, no. 3, pp. 44-49. (in Russ.)
13. Petrishchev N.N., Khalepo O.V., Vavilenkova Y.A., Vlasov T.D. COVID-19 and vascular disorders (literature review). *Regional blood circulation and microcirculation*, 2020, vol. 19, no. 3, pp. 90-98. DOI: 10.24884/1682-6655-2020-19-3-90-98. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Ольга Александровна Шукалович – старший преподаватель кафедры медицинской профилактики и реабилитации, Тюменский государственный медицинский университет, Тюмень, e-mail: olenkashuk@mail.ru, ORCID: 0009-0003-7056-846X.
Елена Фаридовна Туровинина – доктор медицинских наук, профессор, Тюменский государственный медицинский университет, Тюмень, e-mail: e_turov@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6585-0554.
Анна Николаевна Багаутдинова – врач физической и реабилитационной медицины, Областной лечебно-реабилитационный центр «Градостроитель», Тюмень, e-mail: gradostroitl@med-to.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Olga A. Shukalovich – Senior Lecturer of the Department of Medical Prevention and Rehabilitation of Tyumen State Medical University, Tyumen, e-mail: olenkashuk@mail.ru, ORCID: 0009-0003-7056-846X.
Elena F. Turovinina – Doctor of Medical Sciences, Professor, Tyumen State Medical University, Tyumen, e-mail: e_turov@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6585-0554.
Anna N. Bagautdinova – Physical Medicine and Rehabilitation Physician, Medical and Rehabilitation Center “Gradostroitel”, Tyumen, e-mail: gradostroitl@med-to.ru.

Для цитирования: Шукалович, О.А. Оценка динамики функциональных показателей микроциркуляции на фоне медицинской реабилитации у пациентов с COVID-19: проспективное клиническое исследование / О.А. Шукалович, Е.Ф. Туровинина, А.Н. Багаутдинова // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_26

For citation: Shukalovich O.A., Turovinina E.F., Bagautdinova A.N. Assessment of the dynamics of functional indicators of microcirculation in patients with COVID-19 undergoing medical rehabilitation: prospective clinical study. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_26

Дата публикации: 01.06.2026 Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_27 DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_27
УДК 303.722.23; 612.015.3; 612.014.461; 796.412.2 UDC 303.722.23; 612.015.3; 612.014.461; 796.412.2

ЗАВИСИМОСТЬ ВЕЛИЧИНЫ ОСНОВНОГО ОБМЕНА И ВОДНЫХ СЕКТОРОВ ОРГАНИЗМА ОТ ВАРИАЦИЙ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ТЕЛА ПРИ ОДИНАКОВЫХ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЯХ У ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ГИМНАСТОК

К.В. Выборная[1], Д.Б. Никитюк[1,2,3]

[1]Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, г. Москва, Россия

[2]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия

[3]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», г. Москва, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Наличие избыточной жировой массы при нормальных показателях индекса массы тела является предиктором возникновения метаболических нарушений и ожирения после окончания спортивной карьеры. Цель исследования – выявить зависимость показателя величины основного обмена и водных секторов организма от вариаций компонентного состава тела при одинаковых антропометрических показателях у спортсменок, специализирующихся в художественной гимнастике. ***Методы.*** Методом биоимпедансометрии определяли количество лабильных компонентов тела, величину основного обмена и показатели водных секторов организма у 239 художественных гимнасток. ***Результаты.*** У 5,9% гимнасток выявлено повышенное содержание жировой массы при нормальном индексе массы тела. Они имели большие показатели жировой массы и меньшие показатели тощей и скелетно-мышечной масс, удельных значений основного обмена и воды организма ($p \leq 0,05$), чем спортсменки с нормальной жировой массой при одинаковых соматометрических показателях. ***Заключение.*** Результаты исследования показывают важность проведения оценки величины основного обмена аппаратными методами.

Ключевые слова: художественная гимнастика, соматометрия, биоимпедансометрия, избыточная жировая масса тела при нормальных показателях индекса массы тела, величина основного обмена, статус гидратации организма

DEPENDENCE OF THE VALUE OF BASAL METABOLISM AND WATER SECTORS OF THE BODY ON VARIATIONS IN THE COMPONENT COMPOSITION OF THE BODY WITH THE SAME ANTHROPOMETRIC INDICATORS IN RHYTHMIC GYMNASTS

K.V. Vybornaya[1], D.B. Nikityuk[1,2,3]

[1]Federal Research Centre for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia

[2]I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

[3]RUDN University, Moscow, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The presence of excess body fat with normal body mass index values is a predictor of metabolic disorders and obesity after the end of a sports career. The aim of the study was to identify the dependence of the basal metabolic rate and body water sectors on variations in body composition with the same anthropometric indicators in athletes specializing in rhythmic gymnastics. ***Methods.*** The amount of labile body components, the basal metabolic rate, and the indicators of the body water sectors were identified in 239 rhythmic gymnasts using bioimpedance analysis. ***Results.*** 5.9% of the gymnasts had an increased body fat content with a normal body mass index. They had higher body fat mass, lower lean and skeletal muscle mass, specific values of basal metabolism and body water ($p \leq 0.05$) than athletes with normal fat mass with the same somatometric indicators. ***Conclusion.*** The results of the study demonstrate the importance of assessing the basal metabolic rate using instrumental methods.

Keywords: rhythmic gymnastics, somatometry, bioimpedance analysis, excess body fat with normal body mass index, basal metabolic rate, hydration status.

Введение. Величина основного обмена (ВОО) является основополагающим показателем расчета потребности спортсмена в пищевых веществах и энергии. ВОО зависит от количества метаболически активных тканей в организме и, соответственно, количества жировой ткани, поэтому она выше у спортсменов, чем у физически неактивных людей, и выше у представителей мужского пола по сравнению с женским [1].

В Российской Федерации действуют клинические рекомендации «Ожирение у детей» [2], согласно которым для диагностики ожирения следует рассчитывать коэффициент стандартного отклонения (standard deviation score, SD) от нормальной массы тела для возраста детей. Оценка состояния питания детей основана на сопоставлении полученных значений индекса массы тела (ИМТ) с интервалами SD, которым соответствует интерпретация, разработанная Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) и внедренная в разработанную ВОЗ программу «AntroPlus» [3], а также в программное обеспечение (ПО) биоимпедансного анализатора состава тела «АВС-01 Медасс». Дополнительно существует классификация доли жировой массы тела (ЖМТ), подразделяющая обследуемый контингент по проценту ЖМТ для определенного возраста и пола на недостаточное, нормальное, избыточное содержание и ожирение. Эта классификация также внедрена в ПО анализатора «АВС-01 Медасс» [1].

При оценке пищевого статуса рядом авторов отмечены случаи, при которых ИМТ не может быть использован как показатель компонентного состава тела пациента: наличие отека или асцита, массивный рост объемного образования (опухоли) или увеличение органа, сильно развитые скелетно-мышечная масса (СММ) и тощая масса тела (ТМТ) у спортсменов при высоких показателях ИМТ и нормальных или пониженных значениях ЖМТ («ложная избыточная масса тела», «ложное ожирение»), наличие избыточной ЖМТ при нормальных показателях ИМТ («скрытая избыточная масса тела», «скрытое ожирение») [1, 4-6].

За рубежом для определения избыточной ЖМТ при нормальных показателях ИМТ используют термин «Normal weight obesity» («NWO») или «Ожирение при нормальной массе тела» («ОНМТ»), называемый также «скрытое ожирение», для определения состояния избыточной ЖМТ, процент которой соответствует ожирению, при нормальном значении ИМТ [7, 8]. У лиц с нормальной массой тела по ИМТ и высоким процентом жировой ткани наблюдается высокая степень метаболической дисрегуляции, они имеют более высокий риск развития метаболического синдрома, кардиометаболической дисфункции и риск более высокой смертности [9, 10].

Выявление спортсменов с избыточной ЖМТ при нормальных показателях ИМТ является важным для спортивной медицины, т.к. избыточная ЖМТ является предиктором возникновения не только метаболических нарушений, но и ожирения после окончания спортивной карьеры.

Цель исследования – выявить зависимость показателя величины основного обмена и водных секторов организма от вариаций компонентного состава тела при одинаковых антропометрических показателях у спортсменок, специализирующихся в художественной гимнастике.

Методы и организация исследования. В исследовании приняли участие спортсменки 6,0-20 лет, занимающиеся художественной гимнастикой (n=239). Обследованных разделили на 4 группы: в 1-ю группу вошли девочки 5,5-10,5 лет, во 2-ю – девушки 10,6-14,5 лет, в 3-ю – девушки 14,6-17,5 лет, в 4-ю – девушки 18,4-19,8 лет (количество обследованных и средний возраст по группам представлены в таблицах).

Антропометрические измерения проводили по стандартной методике [11]. Количество лабильных компонентов тела, величину основного обмена и показатели водных секторов организма определяли методом биоимпедансометрии с помощью анализатора «АВС-01 Медасс» (НТЦ «Медасс», Россия) [1].

Оценку соответствия длины тела (ДТ) и ИМТ обследованных гимнасток в возрасте до 18 лет нормативам ВОЗ [12] проводили с помощью программы ВОЗ AnthroPlus (вкладка «Обследование состояния питания») методом вычисления Z-score [3]. Для спортсменок 18-20 лет использовали оценку

ИМТ согласно общепринятой классификации для взрослых. Оценку наличия избыточной жировой массы при нормальных показателях антропометрии проводили с помощью программного обеспечения (ПО) анализатора «АВС-01 Медасс».

Дополнительно для оценки статуса питания применяли метод, сочетающий в себе оценку ИМТ и ЖМТ («АВС-01 Медасс»), т.к. диагностика по значению ИМТ не учитывает избыточную ЖМТ при нормальных показателях ИМТ и наличие высокого содержания тощей массы у спортивного контингента при повышенных показателях ИМТ.

Статистические расчеты проводились с помощью пакета Statistica 12 (StatSoft, США) и программы Microsoft Excel. Нормальность распределения оценивали с помощью критерия Шапиро-Уилка. Достоверность различий определяли с помощью непараметрических критериев Манна-Уитни (U-тест) и рангового критерия Краскела-Уоллиса (H-критерий), поскольку более половины полученных данных имели распределение, отличное от нормального. Статистически значимыми считали различия при $p \leq 0,05$. Данные представлены в виде медианы (Me) и межквартильных интервалов [нижний квартиль (Q1); верхний квартиль (Q3)]. Корреляционный анализ данных проводился по Спирмену с помощью пакета Statistica 12.

Результаты исследования и их обсуждение. Оценка пищевого статуса показала, что 3,3% обследованных гимнасток (8 из 239 чел.) имели дефицит массы тела (МТ); у одной из них была диагностирована низкая ДТ. Все остальные 96,7% гимнасток (231 человек: 214 человек до 18 лет, обследованные по программе AnthroPlus, и 17 человек в возрасте старше 18 лет, прошедшие оценку статуса питания по критериям ИМТ для взрослой популяции), принадлежали к группе с нормальной массой тела. У 5,9% гимнасток (14 чел.) диагностировано повышенное содержание жировой массы тела при нормальном ИМТ. 225 гимнасток имели нормальное или пониженное содержание жировой массы тела в организме; 3 спортсменки с дефицитом массы тела имели пониженное содержание ЖМТ.

На всем возрастном отрезке от 6 до 20 лет наблюдается закономерное возрастание показателей МТ, ДТ, ИМТ и индекса отношения окружности талии к окружности бедер (ИТБ). Девочки 1 и 2 групп статистически значимо ($p=0,000$) различались между собой и от представительниц 3 и 4 групп спортсменок по всем показателям. Спортсменки 3 и 4 групп статистически значимо ($p=0,000$) различались между собой и от представительниц 1 и 2 групп по ИМТ, тогда как по ДТ, МТ и ИТБ статистически значимых различий между 3 и 4 группами обнаружено не было (показатели ДТ и ИТБ были одинаковыми, показатели МТ, ОБ и ИМТ были незначительно выше у художественных гимнасток 4 группы).

Выявлено возрастание показателей ЖМТ, доли ЖМТ, ТМТ, активной клеточной массы (АКМ), СММ и ее доли ($p=0,000$). Девочки 1 и 2 групп статистически значимо ($p=0,000$) различались между собой и отличались от представительниц 3 и 4 групп спортсменок по всем показателям. Спортсменки 3 и 4 групп статистически значимо ($p=0,000$) различались между собой и отличались от представительниц 1 и 2 групп по АКМ, тогда как по ЖМТ, доле ЖМТ, ТМТ, СММ и доле СММ различий между 3 и 4 группой обнаружено не было (показатели СММ были практически одинаковыми, показатели ЖМТ, доли ЖМТ и ТМТ были незначительно выше у художественных гимнасток 4 группы, а показатель доли СММ – выше у гимнасток 3 группы) (табл. 1).

При анализе данных основного обмена, водных секторов (распределения воды организма) и индексов гидратации организма четырех групп спортсменок, занимающихся художественной гимнастикой, было показано, что в возрастном интервале от 6 до 20 лет наблюдается закономерное возрастание ($p=0,000$) показателей ВОО, общей воды организма (ОВО), внеклеточной воды (ВнекВ) и внутриклеточной воды (ВнукВ), закономерное уменьшение показателей удельной ВОО (ВООуд), доли ВнекВ, индексов гидратации ВнекВ/ВнукВ и ВнекВ/ОВО при практически одинаковых показателях доли ВнукВ. Девочки 1 и 2 группы статистически значимо ($p=0,000$) различались между собой и отличались от

представительниц 3 и 4 групп спортсменок по всем показателям. Спортсменки 3 и 4 групп статистически значимо различались между собой по ВОО (p=0,0056), ВООуд (p=0,04), ВнукВ (p=0,0107), доле ВнекВ (p=0,0404), индексам ВнекВ/ОВО (p=0,000) и ВнекВ/ВнукВ (p=0,000), а также статистически значимо отличались (p=0,000) от представительниц 1 и 2 групп; тогда как по ОВО, ВнекВ и доле ВнукВ различий между 3 и 4 группами обнаружено не было (показатели доли ВнукВ были практически одинаковыми, показатели ОВО, ВнекВ и доли ВнукВ были незначительно выше у художественных гимнасток 4 группы) (табл. 1).

Таблица 1

Показатели соматометрии и биоимпедансного анализа состава тела художественных гимнасток 6-20 лет в зависимости от возраста, Me [Q1; Q3]

Показатель	1 группа, n=95	2 группа, n=95	3 группа, n=32	4 группа, n=17
Возраст, лет	9,0* [7; 9]	12,0* [11; 13]	16,0* [15; 16]	19,0* [19; 19]
Длина тела, см	132* [126; 141]	149* [142; 156]	$165^{1,2}$ [161,5; 171,5]	$165^{1,2}$ [162; 168]
Масса тела, кг	26,8* [21,8; 30,5]	35,9* [32; 40,9]	$50,9^{1,2}$ [46,3; 54,1]	$53,9^{1,2}$ [52,1; 57,2]
ИМТ, кг/м^2	14,9* [14; 15,6]	16,3* [15,3; 17,2]	18,2* [17,2; 20]	19,6* [19,1; 21,1]
ИТБ	0,82* [0,79; 0,84]	0,77* [0,75; 0,81]	$0,72^{1,2}$ [0,70; 0,75]	$0,72^{1,2}$ [0,69; 0,76]
ЖМТ, кг	3,6* [2,7; 4,8]	5,6* [4,5; 7,6]	$11,1^{1,2}$ [7; 14,3]	$12,2^{1,2}$ [10,7; 14,6]
Доля ЖМТ, %	14,1* [10,9; 16,1]	16,1* [13,3; 18,9]	$20,9^{1,2}$ [13,9; 26,7]	$23,0^{1,2}$ [20,6; 24]
ТМТ, кг	23,1* [19,6; 25,7]	30,8* [27; 34,6]	$40,5^{1,2}$ [38,5; 41,95]	$42,2^{1,2}$ [39,9; 43,9]
АКМ, кг	12,0* [10,4; 13,8]	16,4* [14,5; 18,2]	22,4* [20,1; 23,8]	24,2* [23,3; 24,9]
СММ, кг	8,4* [6,8; 10,2]	14,1* [11,1; 17,4]	$21,0^{1,2}$ [19,6; 22,2]	$21,1^{1,2}$ [20,1; 22,6]
Доля СММ, % в ТМТ	36,3* [34,5; 39,8]	46,1* [41,2; 50,6]	$51,3^{1,2}$ [50; 53]	$50,5^{1,2}$ [49,8; 51,1]
ВООуд, ккал/м^2	1008* [950,4; 1093,9]	911* [877,8; 940]	839* [816,5; 864,65]	870* [840,5; 899,9]
ОВО, кг	16,3* [14; 18,3]	22,6* [19,8; 25,3]	$29,6^{1,2}$ [28,2; 30,8]	$30,9^{1,2}$ [29,2; 32,2]
ВнекВ, кг	8,4* [7,4; 9,1]	10,4* [9,4; 11,5]	$12,9^{1,2}$ [12,4; 13,3]	$13,2^{1,2}$ [12,3; 13,6]
ВнукВ, кг	8,0* [6,5; 9,1]	12,0* [10,4; 13,9]	16,6* [15,7; 17,5]	17,6* [16,9; 18,5]
Доля ВнекВ, %	31,4* [29,9; 33,7]	28,6* [27,1; 29,8]	25,0* [23,6; 27,1]	24,1* [23,5; 24,5]
Доля ВнукВ, %	30,0* [28,9; 31,3]	$32,9^{1}$ [31,9; 33,9]	$32,6^{1}$ [30; 35,6]	$32,5^{1}$ [31,5; 33,5]
ВнекВ/ВнукВ	1,060* [0,99; 1,14]	0,860* [0,810; 0,910]	0,775* [0,750; 0,800]	0,740* [0,730; 0,740]
ВнекВ/ОВО	0,510* [0,5; 0,53]	0,460* [0,450; 0,480]	0,440* [0,430; 0,440]	0,420* [0,420; 0,430]

Примечание: ИМТ – индекс массы тела; ИТБ – индекс отношения окружности талии к окружности бедер; ЖМТ – жировая масса тела; ТМТ – тощая масса тела; АКМ – активная клеточная масса тела; СММ – скелетно-мышечная масса; ВООуд – удельная величина основного объема; ОВО – общая вода организма; ВнекВ – внеклеточная вода; ВнукВ – внутриклеточная вода; * – статистически значимые отличия показателя группы от показателей остальных трех групп; [1] – достоверные отличия от 1 группы; [2] – достоверные отличия от 2 группы; достоверность различий определяли попарно между всеми группами с помощью непараметрического критерия Краскела-Уоллиса, статистически значимыми считали различия при $p \leq 0,05$.

Далее спортсменки 3 (14,6-17,5 лет) и 4 (18,4-19,8 лет) групп были объединены в единую группу (14,6-19,8 лет) и разделены на 2 подгруппы в зависимости от отсутствия (1-я подгруппа) или наличия (2-я подгруппа) у них избыточной жировой массы тела при нормальной массе тела.

При одинаковых соматометрических показателях и возрасте спортсменки 2-й подгруппы имели статистически значимо более высокие показатели ЖМТ (p=0,000002), доли ЖМТ (p=0,000000), статистически значимо меньшие показатели ТМТ (p=0,016340), СММ (p=0,000399), доли

СММ (p=0,000042), а также меньшие показатели АКМ и большие показатели доли АКМ, но различия не достигали уровня статистической значимости (рис. 1, табл. 2).

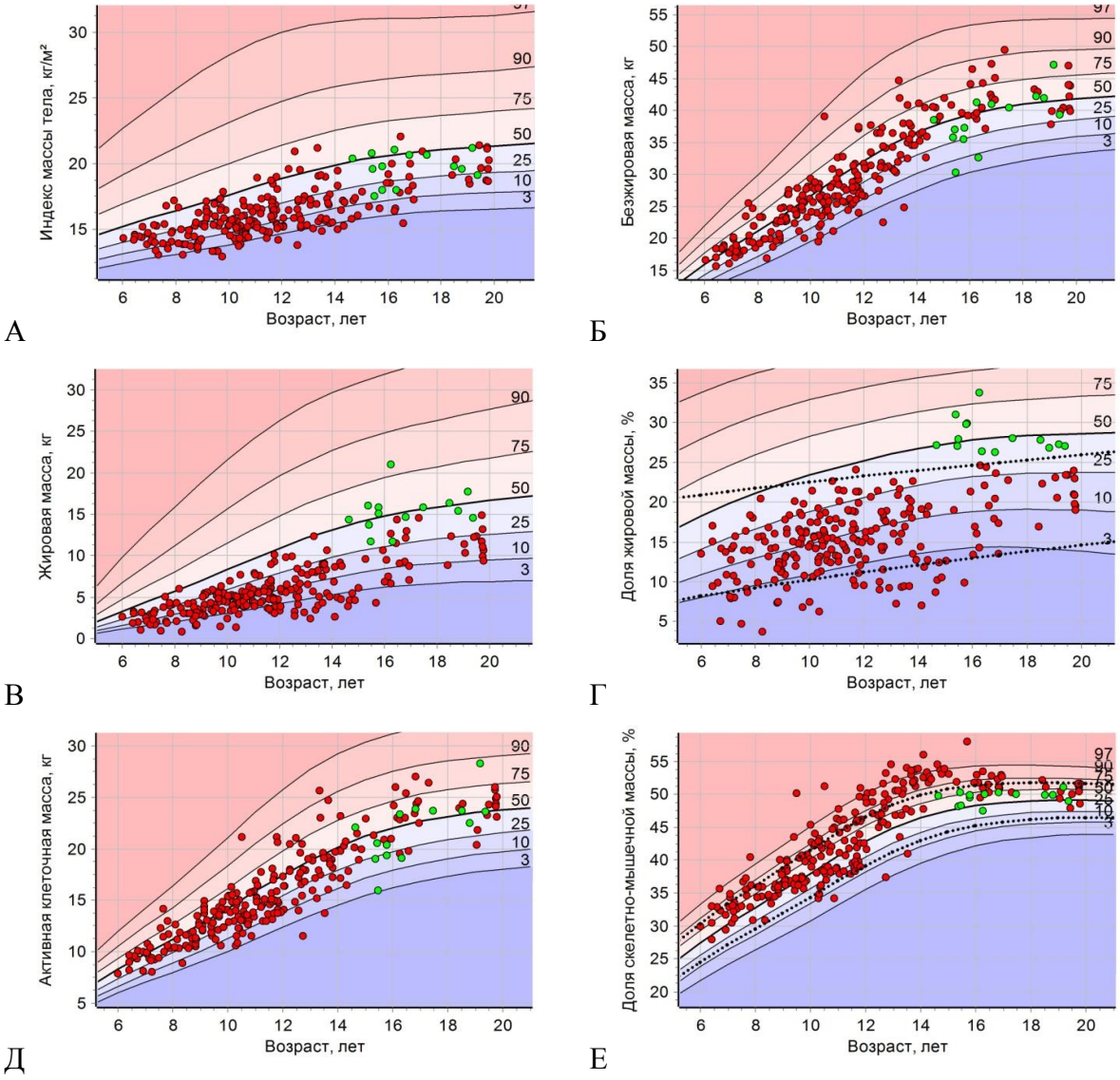


Рис. 1. Показатели индекса массы тела (ИМТ) (а), тощей (безжировой) массы тела (б), жировой массы тела (ЖМТ) в абсолютных (в) и относительных (г) величинах, активной клеточной массы (д) и доли скелетно-мышечной массы (е) спортсменок, занимающихся художественной гимнастикой (салатовые маркеры – спортсменки с избыточной ЖМТ при нормальных показателях ИМТ, красные маркеры – остальные спортсменки)

Показано, что спортсменки 2-й подгруппы имели достоверно меньшие показатели ВООуд (p=0,00931), ОВО (p=0,015852), ВнекВ (p=0,006065), ВнукВ (p=0,020765), доли ВнекВ (p=0,00000) и доли ВнукВ (p=0,00000), а также меньшие показатели ВОО и большие показатели индексов гидратации ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнукВ, но различия не достигали уровня статистической значимости (рис. 2, табл. 2).

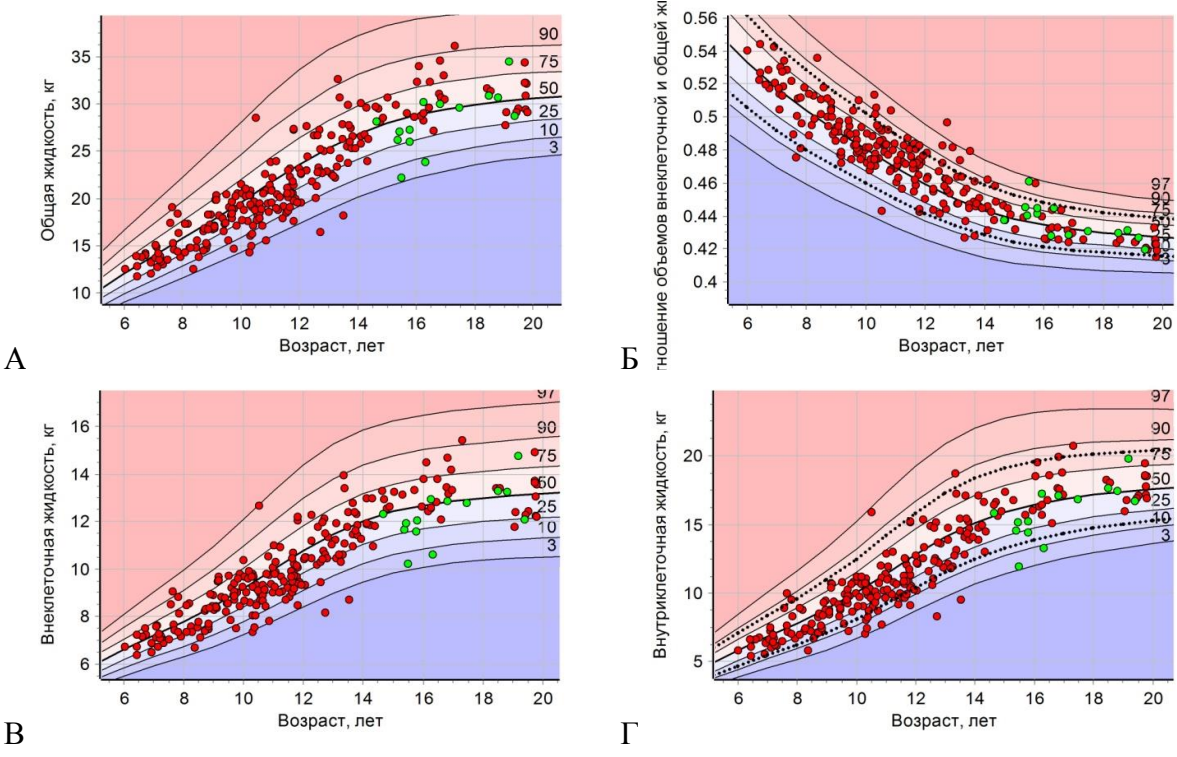
Был проведен корреляционный анализ данных, показавший наличие достоверных корреляционных связей средней, высокой и очень высокой сил между показателями компонентного состава тела и показателями величины основного обмена и водных секторов организма (табл. 3), а также между возрастом обследованных спортсменок и показателями компонентного состава тела, величиной основного обмена и водными секторами организма (табл. 4).

Таблица 2

Показатели соматометрии и биоимпедансного анализа состава тела художественных гимнасток 14,5-20 лет в зависимости от содержания в их организме жировой массы, Me [Q1; Q3]

Показатель	1 подгруппа, n=35	2 подгруппа, n=14
Возраст, лет	16,0 [16; 19]	16,0 [15; 18]
Длина тела, см	165,0 [163; 171]	164,5 [160; 172]
Масса тела, кг	51,3 [48; 55]	53,6 [50,8; 57,3]
ИМТ, кг/м^2	18,7 [17,3; 20]	19,8 [19,1; 20,7]
ИТБ	0,74 [0,7; 0,76]	0,70 [0,68; 0,73]
ЖМТ, кг	10,0 [7,1; 12,2]	15,3* [14,3; 16,1]
Доля ЖМТ, %	19,6 [14,3; 22,7]	27,6* [27; 29,9]
ТМТ, кг	40,9 [39,7; 44,1]	38,9* [35,8; 41,3]
АКМ, кг	23,3 [21,3; 24,7]	22,3 [19,4; 23,7]
СММ, кг	21,7 [20,3; 22,7]	19,2* [17,7; 20,6]
Доля СММ, % в ТМТ	51,6 [50,5; 52,9]	49,8* [49; 50]
ВОО, ккал/сут.	1352 [1290,1; 1394,9]	1321 [1228,8; 1365,2]
ВООуд, ккал/м^2	865 [832,5; 882,1]	826* [800,4; 846,4]
ОВО, кг	29,9 [29; 32,2]	28,5* [26,2; 30,2]
ВнекВ, кг	13,2 [12,5; 13,6]	12,2* [11,7; 12,9]
ВнукВ, кг	17,2 [16,5; 18,6]	16,3* [14,5; 17,3]
Доля ВнекВ, %	24,9 [24,2; 27]	22,8* [22,7; 23,3]
Доля ВнукВ, %	33,6 [32,4; 35,6]	30,0* [28,5; 30,4]
ВнекВ/ВнукВ	0,750 [0,740; 0,780]	0,770 [0,750; 0,800]
ВнекВ/ОВО	0,430 [0,420; 0,440]	0,435 [0,430; 0,440]

Примечание: ИМТ – индекс массы тела; ИТБ – индекс отношения окружности талии к окружности бедер; ЖМТ – жировая масса тела; ТМТ – тощая масса тела; АКМ – активная клеточная масса тела; СММ – скелетно-мышечная масса; ВОО – величина основного объема; ВООуд – удельная величина основного объема; ОВО – общая вода организма; ВнекВ – внеклеточная вода; ВнукВ – внутриклеточная вода; * – достоверные различия между двумя подгруппами; достоверность различий между двумя группами определяли с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни.



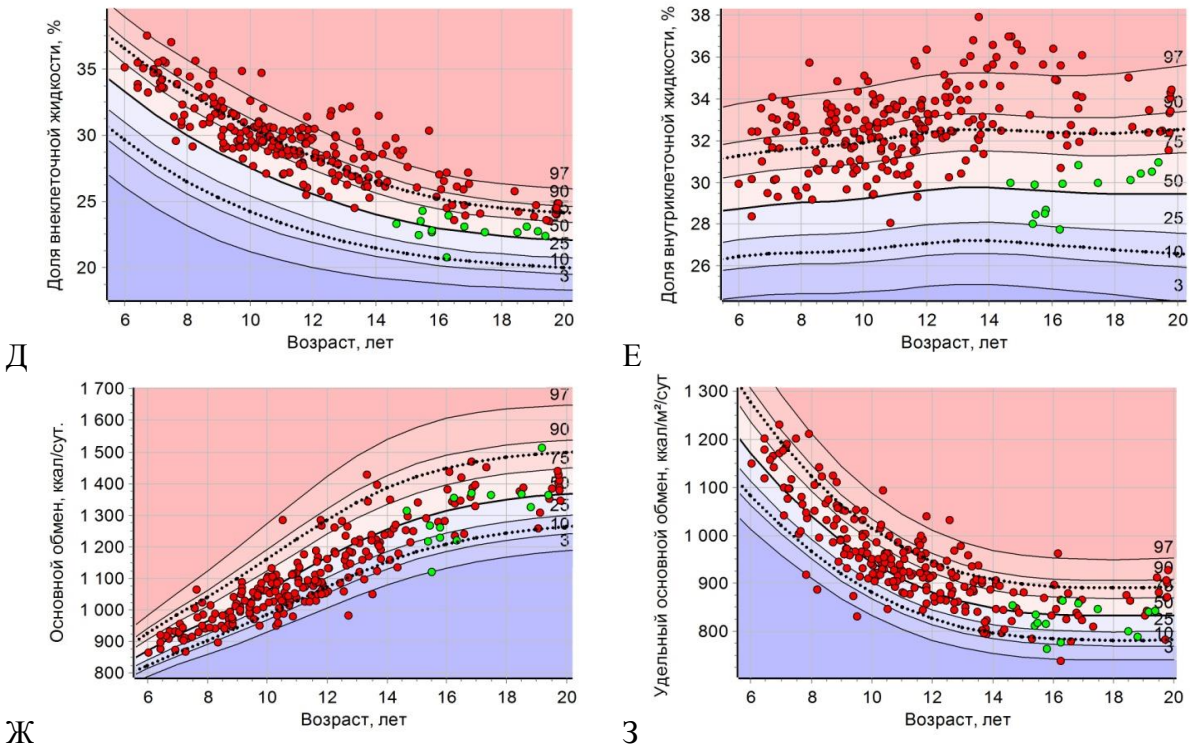


Рис. 2. Показатели общей воды (жидкости) организма (ОВО) (а), отношения внеклеточной жидкости к ОВО (индекс гидратации организма ВнекВ/ОВО) (б), внеклеточной жидкости (ВнекВ) (в) и ее доли (д), внутриклеточной жидкости (ВнукВ) (г) и ее доли (е), величины основного обмена (ВОО) (ж) и ее удельного значения в расчете на площадь поверхности тела (з) спортсменок, занимающихся художественной гимнастикой (салатовые маркеры – спортсменки с избыточной жировой массой тела при нормальных показателях индекса массы тела, красные маркеры – остальные спортсменки)

Таблица 3

Результаты корреляционного анализа, показывающие наличие сильных и очень сильных корреляционных связей между показателями компонентного состава тела и показателями величины основного обмена и водных секторов организма (n=239)

Показатель	ИМТ, кг/м^2	ЖМТ, кг	Доля ЖМТ, %	ТМТ, кг	АКМ, кг	Доля АКМ, %	СММ, кг	Доля СММ, %
ВОО, ккал/сут	0,540			**0,886**	**0,999**	0,568	**0,704**	
ВООуд, ккал/сут/м^2	0,306	-0,399	-0,419		0,360	0,537		
ОВО, кг	0,341			**0,999**	**0,884**		**0,889**	0,301
ВнекВ, кг			-0,334	**0,945**	**0,749**		**0,963**	0,496
ВнукВ, кг	0,429			**0,978**	**0,933**	0,327	**0,818**	
Доля ВнекВ, %	-0,666	**-0,955**	**-0,952**			-0,440	0,411	**0,817**
Доля ВнукВ, %	-0,432	**-0,897**	**-0,977**	0,290			0,532	**0,747**
ВнекВ/ВнукВ	-0,572			-0,569	**-0,777**	-0,653	-0,306	
ВнекВ/ОВО	-0,451			-0,486	-0,676	-0,631		

Примечание: ИМТ – индекс массы тела; ЖМТ – жировая масса тела; ТМТ – тощая масса тела; АКМ – активная клеточная масса тела; СММ – скелетно-мышечная масса; ВОО – величина основного объема; ВООуд – удельная величина основного объема; ОВО – общая вода организма; ВнекВ – внеклеточная вода; ВнукВ – внутриклеточная вода; в таблице указаны только статистически значимые корреляционные связи; полужирным шрифтом выделены корреляционные связи высокой и очень высокой силы по шкале Чеддока; корреляционные связи считали статистически достоверными при $p<0,05$.

Таблица 4

Результаты корреляционного анализа, показывающие наличие сильных и очень сильных корреляционных связей между возрастом обследованных спортсменок и показателями компонентного состава тела, величиной основного обмена и водными секторами организма (n=239)

Показатель	Возраст
ИМТ, кг/м^2	**0,727482**
ЖМТ, кг	**0,771986**
Доля ЖМТ, %	0,498645
ТМТ, кг	**0,915986**
АКМ, кг	**0,912834**
Доля АКМ, %	0,323499
СММ, кг	**0,917563**
Доля СММ, %	**0,877831**
ВОО, ккал/сут	**0,913075**
ВООуд, ккал/сут/м^2	**-0,819211**
ОВО, кг	**0,925541**
ВнекВ, кг	**0,905882**
ВнукВ, кг	**0,933652**
Доля ВнекВ, %	**-0,842412**
Доля ВнукВ, %	0,564416
ВнекВ/ВнукВ	**-0,945763**
ВнекВ/ОВО	**-0,945057**

Примечание: ИМТ – индекс массы тела; ЖМТ – жировая масса тела; ТМТ – тощая масса тела; АКМ – активная клеточная масса тела; СММ – скелетно-мышечная масса; ВОО – величина основного объема; ВООуд – удельная величина основного объема; ОВО – общая вода организма; ВнекВ – внеклеточная вода; ВнукВ – внутриклеточная вода; в таблице указаны только достоверные корреляции; полужирным шрифтом выделены корреляционные связи высокой и очень высокой силы по шкале Чеддока; корреляционные связи считали статистически достоверными при $p<0,05$.

Анализ данных показал, что существуют определенные закономерности (табл. 4) изменения количества лабильных компонентов тела, водных секторов организма и величины основного обмена, связанные с увеличением возраста обследованных спортсменок – с увеличением возраста увеличиваются также показатели лабильных компонентов массы тела, показатели ВОО, количества общей, внеклеточной и внутриклеточной воды организма, доли внутриклеточной воды; одновременно уменьшаются показатели удельной ВОО, доли внеклеточной воды и индексов гидратации организма (ВнекВ/ВнукВ, ВнекВ/ОВО), о чем говорят отрицательные корреляционные связи.

В группе обследованных спортсменок в возрасте 14,5-20 лет было выявлено 14 девушек, имеющих избыточную жировую массу при нормальных показателях ИМТ. При одинаковых соматометрических показателях и различном компонентном составе тела спортсменки имеют разный уровень основного обмена и содержания воды в организме. Различия обусловлены меньшими показателями ВОО и ОВО при меньших показателях ТМТ и ее составляющих и, наоборот, высокие показатели ТМТ определяют высокую ВОО и ОВО.

ВОО можно определить расчетным и аппаратным методами. Как было показано в предыдущей работе, при оценке ВОО у спортсменов различных специализаций с использованием уравнений прогноза (метод расчета) результаты могут различаться на 3,9-15,5% в мужских группах и на 13,8-30,8% в женских группах [13]. Можно предположить, что формулы для расчета ВОО, основанные на 2-х (ДТ и МТ: De Lorenzo) или 3-х (ДТ, МТ, возраст: Harris-Benedict, Mifflin-St Jeor) [13] переменных и не учитывающие компонентный состав тела, при одинаковых соматометрических данных двух спортсменок с различным содержанием ЖМТ дадут одинаковые результаты расчета ВОО, если расчет будет

проведен по любой из приведенных формул. Также можно предположить, что у этих же двух спортсменок при использовании формул для расчета ТМТ, в которых также используются две переменные (ДТ и МТ: Boer, Hume, James) [13], результаты прогноза количества ТМТ будут одинаковыми. Соответственно, подставляя величины ТМТ, полученные расчетным методом, в уравнения прогноза ВОО с использованием данных ТМТ (Katch_McArdle, Cunningham) [13], мы также получим одинаковые прогностические величины ВОО для двух вышеупомянутых спортсменок. При этом нашими исследованиями показано, что при одинаковых соматометрических параметрах и различном компонентном составе спортсменки будут различаться по показателю ВОО.

Количество воды в организме также напрямую зависит от количества метаболически-активных тканей: большее абсолютное количество общей, внеклеточной и внутриклеточной воды ассоциировано с большим количеством ТМТ и СММ и меньшим количеством ЖМТ, и наоборот. Внеклеточная вода составляет примерно 1/3 (30-40%) от ОВО, а внутриклеточная – примерно 2/3 (60-70%). Относительные показатели внеклеточной и внутриклеточной воды (от общей МТ) также ассоциированы с количеством лабильных компонентов массы тела: большее относительное количество ВнекВ и ВнукВ связано с большим количеством метаболически-активных тканей и меньшим количеством ЖМТ. Значение индексов гидратации (ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнукВ) в двух подгруппах не различается и соответствует популяционным значениям, что указывает на нормальный статус гидратации организма обследованных спортсменок [14].

Заключение. Исследований, посвященных избыточной ЖМТ при нормальном ИМТ у спортсменов, в российской и зарубежной литературе найдено не было. Данное исследование является первым, в котором освящена данная проблема в детско-юношеском спорте у художественных гимнасток. Несмотря на то, что частота встречаемости избыточной ЖМТ при нормальных показателях ИМТ в обследованной группе спортсменок невысока и составляет 5,9% в общей группе спортсменок 6-20 лет, среди девочек 14,5-20 лет она достигла 28,6% (14 девочек из 49). При этом 12 спортсменок (24,5%) имели значения ЖМТ, приравниваемые к избыточной МТ, а 2 спортсменки (4,1%) – к ожирению (при оценке пищевого статуса по доле ЖМТ).

Нами были выявлены достоверные корреляционные связи средней, высокой и очень высокой силы между показателями компонентного состава тела и показателями величины основного обмена и водных секторов организма, а также между возрастом обследованных спортсменок и показателями компонентного состава тела, величиной основного обмена и водными секторами организма. В связи с тем, что ВОО является отправной точкой расчета потребностей спортсменок в пищевых веществах и энергии, результаты проведенного исследования показывают важность проведения оценки ВОО аппаратными методами – более точными, чем расчетные методы определения ВОО.

Тренерам и врачам команд следует знать, что художественные гимнастки имеют риск набора избыточной жировой массы тела при нормальных показателях ИМТ, как в период пубертата (начиная в среднем с 14,5 лет), так и после окончания спортивной карьеры.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа выполнена в рамках темы FGMF-2025-0002 «Разработка и реализация инновационных антропонутрициологических подходов для оптимизации уровня физического развития и спортивной работоспособности в детско-юношеском спорте».

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Financing. The study was carried out under the project FGMF-2025-0002 titled “Development and realization of innovational antroponutritiological approaches for optimizing the level of physical development and sports performance in youth sports”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николаев, Д.В. Лекции по биоимпедансному анализу состава тела человека / Д.В. Николаев, С.П. Щелыкалина. – М.: РИО ЦНИИОИЗ МЗ РФ, 2016. – 152 с.
2. Клинические рекомендации «Ожирение у детей» (КР 2024). – URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/229_3 (дата обращения: 03.02.2026).
3. Приложение для ПО «WHO AnthroPlus» для оценки статуса питания детей 5-19 лет на основе стандартов роста детей ВОЗ, опубликованных в 2007 году. – URL: https://who-anthroplus.informer.com/download/ (дата обращения: 03.02.2026).
4. Биоимпедансный анализ состава тела: что важно знать терапевту? / О.М. Драпкина, О.А. Максимова, А.Ф. Шептулина, О.Н. Джиоева // Профилактическая медицина. – 2022. – Т. 25. – № 10. – С. 91-96. DOI: 10.17116/profmed20222510191.
5. Современные методы оценки состава тела / Д.С. Русакова, М.Ю. Щербакова, К.М. Гаппарова [и др.] // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2012. – № 8. – С. 71-81.
6. Современные методы анализа композиционного состава тела / А.С. Самойлов, А.В. Жолинский, Н.В. Рылова [и др.] // Практическая медицина. – 2022. – Т. 20. – № 1. – С. 21-26. DOI: 10.32000/2072-1757-2022-1-21-26.
7. Associations between normal weight central obesity and cardiovascular disease risk factors in Japanese middle-aged adults: a cross-sectional study / T. Shirasawa, H. Ochiai, T. Yoshimoto [et al.] // Journal of Health, Population and Nutrition. – 2019. – Vol. 38. – No. 1. – P. 1-7. DOI: 10.1186/s41043-019-0201-5.
8. Suliga, E. Prevalence of metabolic syndrome in normal weight individuals / E. Suliga, D. Kozieł, S. Głuszek // Annals of Agricultural and Environmental Medicine. – 2016. – Vol. 23. – No. 4. – P. 631-635. DOI: 10.5604/12321966.1226858.
9. The concept of normal weight obesity / E. Oliveros, V.K. Somers, O. Sochor [et al.] // Prog. Cardiovasc. Dis. – 2014. – Vol. 56. – No. 4. – P. 426-433. DOI: 10.1016/j.pcad.2013.10.003.
10. Wijayatunga, N.N. Normal weight obesity and unaddressed cardiometabolic health risk – a narrative review / N.N. Wijayatunga, E.J. Dhurandhar // Int J Obes. – 2021. – No. 45. – P. 2141-2155. DOI: 10.1038/s41366-021-00858-7.
11. Анатомо-антропонутрициологические методы оценки физического и пищевого статусов детского и взрослого населения с различным уровнем физической активности: методические рекомендации // В.А. Тутельян, Д.Б. Никитюк, К.В. Выборная [и др.]. – Москва: Мультипринт, 2022. – 112 с. DOI: 10.56188/978-5-6048236-0-6-202.
12. Стандарты роста детей ВОЗ, разработанные в 2007 году. – URL: https://www.who.int/tools/child-growth-standards (дата обращения: 03.02.2026).
13. Сравнительная оценка величины основного обмена спортсменов с различным уровнем физической активности на основе прогностических уравнений / Р.М. Раджабкадиев, К.В. Выборная, А.И. Соколов, Д.Б. Никитюк // Вопросы питания. – 2024. – Т. 93. – № 5. – С. 35-42. DOI: 10.33029/0042-8833-2024-93-5-35-42.
14. Выборная, К.В. Особенности оценки водных секторов и статуса гидратации организма с помощью биоимпедансных анализаторов состава тела / К.В. Выборная // Медицинский алфавит. Серия «Диетология и нутрициология». – 2024. – Т. 16. – № 1. – С. 25-34. DOI: 10.33667/2078-5631-2024-16-73-82.

REFERENCES

1. Nikolaev D.V., Shchelykalina S.P. Bioimpedance analysis of the human body composition: lectures. Moscow: RIO TSNIIOIZ, 2016. 152 p. (in Russ.)
2. Clinical Guidelines “Obesity in Children” (CG 2024). Available at: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/229_3 (accessed: 03.02.2026). (in Russ.)
3. WHO AnthroPlus software application for assessing the nutritional status of children aged 5-19 years based on the WHO Child Growth Standards published in 2007. Available at: https://who-anthroplus.informer.com/download/ (accessed: 03.02.2026). (in Russ.)
4. Drapkina O.M., Maksimova O.A., Sheptulina A.F., Dzhioeva O.N. Bioimpedance analysis of body composition: what should general practitioner know? *Russian Journal of Preventive Medicine*, 2022, vol. 25, no. 10, pp. 91-96. DOI: 10.17116/profmed20222510191. (in Russ.)
5. Rusakova D.S., Shcherbakova M.Y., Gapparova K.M. et al. Modern evaluating methods of the body. *Experimental and Clinical Gastroenterology*, 2012, no. 8, pp. 71-81. (in Russ.)
6. Samoylov A.S., Zholinskiy A.V., Rylova N.V. et al. Modern methods of body composition analysis. *Practical medicine*, 2022, vol. 20, no. 1, pp. 21-26. DOI: 10.32000/2072-1757-2022-1-21-26. (in Russ.)
7. Shirasawa T., Ochiai H., Yoshimoto T. et al. Associations between normal weight central obesity and cardiovascular disease risk factors in Japanese middle-aged adults: a cross-sectional study. *Journal of Health, Population and Nutrition*, 2019, vol. 38(1), pp. 1-7. DOI: 10.1186/s41043-019-0201-5.
8. Suliga E., Kozieł D., Głuszek S. Prevalence of metabolic syndrome in normal weight individuals. *Annals of Agricultural and Environmental*

Medicine, 2016, vol. 23, no. 4, pp. 631-635. DOI: 10.5604/12321966.1226858.
9. Oliveros E., Somers V.K., Sochor O., Goel K., Lopez-Jimenez F. The concept of normal weight obesity. *Prog Cardiovasc Dis*, 2014, vol. 56(4), pp. 426-433. DOI: 10.1016/j.pcad.2013.10.003.
10. Wijayatunga N.N., Dhurandhar E.J. Normal weight obesity and unaddressed cardiometabolic health risk – a narrative review. *Int J Obes*, 2021, no. 45, pp. 2141-2155. DOI: 10.1038/s41366-021-00858-7.
11. Tutelyan V.A., Nikityuk D.B., Vybornaya K.V. et al. Anatomical and anthroponutritional methods for assessing the physical and nutritional status of children and adults with different levels of physical activity: methodological guidelines. Moscow: Multiprint, 2022. 112 p. DOI: 10.56188/978-5-6048236-0-6-2022. (in Russ.)
12. WHO Child Growth Standards, developed in 2007. Available at: https://www.who.int/tools/child-growth-standards (accessed: 03.02.2026). (in Russ.)
13. Radjabkadiev R.M., Vybornaya K.V., Sokolov A.I., Nikityuk D.B. Comparative assessment of the basal metabolic rate in athletes with different level of physical activity based on prediction equations. *Problems of Nutrition*, 2024, vol. 93, no. 5, pp. 35-42. DOI: 10.33029/0042-8833-2024-93-5-35-42. (in Russ.)
14. Vybornaya K.V. Features of assessing water sectors and body hydration status using bioimpedance body composition analyzers. *Medical alphabet*, 2024, no. 16, pp. 73-82. DOI: 10.33667/2078-5631-2024-16-73-82. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Ксения Валерьевна Выборная – научный сотрудник лаборатории антропонутрициологии и спортивного питания, Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, Москва, e-mail: dombim@mail.ru.
Дмитрий Борисович Никитюк – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, директор Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи, Москва; профессор кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, Москва; профессор кафедры экологии и безопасности пищи Института экологии, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, e-mail: dimitrynik@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Ksenia V. Vybornaya – Researcher of the Laboratory of Anthroponutrition and Sports Nutrition, Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, e-mail: dombim@mail.ru.
Dmitrij B. Nikityuk – Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Director of the Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety; Professor of the Department of Operative Surgery and Regional Anatomy, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University; Head of the Department of Ecology and Food Safety, Ecology Faculty, RUDN University, Moscow, e-mail: dimitrynik@mail.ru.

Для цитирования: Выборная, К.В. Зависимость величины основного обмена и водных секторов организма от вариаций компонентного состава тела при одинаковых антропометрических показателях у художественных гимнасток / К.В. Выборная, Д.Б. Никитюк // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_27

For citation: Vybornaya K.V., Nikityuk D.B. Dependence of the value of basal metabolism and water sectors of the body on variations in the component composition of the body with the same anthropometric indicators in rhythmic gymnasts. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_27

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_28
УДК 001.89:002.1(072)

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_28
UDC 001.89:002.1(072)

ЧЕК-ЛИСТ SNOW: РУКОВОДСТВО ДЛЯ ПОИСКА ЛИТЕРАТУРЫ ПО СПОРТИВНЫМ НАУКАМ ПРИ НАРРАТИВНЫХ ОБЗОРАХ МЕТОДОМ СНЕЖНОГО КОМА

А.В. Мештель, А.Б. Мирошников, А.В. Шевцов
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», г. Москва, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Нарративные обзоры широко используются для формирования концептуального понимания исследовательских областей, однако часто критикуются за непрозрачность отбора литературы. Существующие гайдлайны для снежного кома ориентированы на систематические обзоры и избыточно жестки для нарративного синтеза. ***Методы.*** Разработка чек-листа выполнена в соответствии с адаптированной методологией FRAME, включающей шесть этапов: идентификация цели, систематический поиск методологической литературы с использованием снежного кома, экстракция данных со стоп-правилом, классификация элементов, экспертная оценка и пилотирование на двух контрастных темах. ***Результаты.*** Создан инструмент SNOW (Start set (стартовый набор), Narrative heuristics (нарративные эвристики), Onward/backward (направления поиска), When to stop (остановка по насыщению)). Ключевые инновации: гибкие эвристики отбора, механизмы «вольных карт» и «пограничных статей» для прозрачности субъективных решений, адаптивный порядок поиска в зависимости от возраста стартовых статей. Проведена предварительная апробация на двух контрастных темах: в первом случае насыщение наступило на 2-й итерации, во втором – на 3-й; использование адаптивного правила сократило время первой итерации во втором пилоте примерно на 20% по сравнению с исходной версией чек-листа. ***Заключение.*** Чек-лист SNOW заполняет методологический пробел между строгими систематическими протоколами и неформализованной практикой поиска в нарративных обзорах. Результаты свидетельствуют о содержательной валидности и практической реализуемости инструмента; дальнейшие исследования должны оценить его эффективность в более широких условиях.
Ключевые слова: нарративный обзор, снежный ком, чек-лист, методология литературного обзора, гибкие эвристики, насыщение.

SNOW CHECKLIST: A GUIDE TO RESEARCHING SPORTS SCIENCE LITERATURE IN NARRATIVE LITERARY REVIEWS USING THE SNOWBALL METHOD

A.V. Meshtel, A.B. Miroshnikov, A.V. Shevtsov
Russian University of Sport “GTSOLIFK”, Moscow, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Narrative reviews are widely used to form conceptual understanding of research fields, yet they are often criticized for lack of transparency in literature selection. Existing snowballing guidelines are designed for systematic reviews and are overly rigid for narrative synthesis, where conceptual saturation, not exhaustive completeness, is the priority. ***Methods.*** The checklist was developed using an adapted FRAME methodology, comprising six stages: goal identification, systematic search of methodological literature using snowballing, data extraction with a stopping rule, classification of elements, expert appraisal (three researchers experienced in systematic and narrative reviews), and pilot testing on two contrasting topics. ***Results.*** The SNOW tool (Start set, Narrative heuristics, Onward/backward, When to stop) was created. Key innovations include flexible selection heuristics, “wild card” and “borderline article” mechanisms to ensure transparency of subjective decisions, and an adaptive search order depending on the age of the seed papers. Preliminary testing on two contrasting topics showed saturation reached on the 2nd iteration in the first case and on the 3rd in the second; using the adaptive rule reduced the time of the first iteration by approximately 20% compared to the original version of the checklist. ***Conclusion.*** The SNOW checklist fills the methodological gap between rigorous systematic protocols and the informal literature search practice in narrative reviews. The results demonstrate content validity and practical feasibility; further research should evaluate its effectiveness under broader conditions.
Keywords: narrative review, snowballing, checklist, literature review methodology, flexible heuristics, saturation.

Введение. Систематические обзоры и обзоры предметного поля прочно утвердились в исследованиях спорта и смежных дисциплинах как инструмент синтеза доказательств [1-3]. Их процедурная строгость, включая формализованный поиск в базах данных, направлена на минимизацию систематической ошибки и достижение воспроизводимости. Однако для многих исследовательских задач, особенно на начальных этапах работы над темой, при формировании концептуального аппарата или при написании нарративного обзора столь жесткая методология оказывается избыточной и трудоемкой. В данной связи нарративные обзорные статьи часто подвергаются критике за недостаточную прозрачность в отношении критериев отбора используемой литературы, что может свидетельствовать о наличии субъективных факторов. В качестве альтернативы, сочетающей системность с гибкостью, все чаще используется метод «снежного кома» (snowballing), который предполагает поиск по ссылкам и цитированиям от небольшого стартового набора ключевых работ [4]. Wohlin формализовал этот подход в виде гайдлайна для систематических обзоров [4], а затем адаптировал для ускорения обновления обзоров [5]. В систематических обзорах поиск литературы ориентирован на исчерпывающую полноту и минимизацию систематической ошибки, что требует формализованного построения поисковых строк, использования нескольких баз данных и строгой воспроизводимости процедуры. Для этих задач разработаны специализированные стандарты отчетности, такие как PRISMA-S (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses literature search extension – Предпочтительные сообщения о результатах исследований для систематических обзоров и мета-анализов, расширение поиска литературы) [6] и PRESS (Peer Review of Electronic Search Strategies – Экспертная оценка электронных стратегий поиска литературы) [7], регламентирующие как сам процесс поиска, так и его описание в публикации. В нарративных обзорах задача принципиально иная: быстрое формирование концептуальной карты области, выявление ключевых противоречий, понимание структуры поля. Соответственно, поисковая стратегия должна быть гибкой, итеративной и ориентированной на смысловую насыщенность, а не на полноту. Именно такой подход реализован в методе снежного кома, но его существующие описания [4, 5] все еще остаются в рамках систематической парадигмы и не в полной мере учитывают специфику нарративного синтеза.

Настоящий документ представляет чек-лист SNOW (Start set, Narrative heuristics, Onward/backward, When to stop) разработанный для поиска литературы при нарративных обзорах методом снежного кома. Название чек-листа отражает его ключевые компоненты: Start set (стартовый набор), Narrative heuristics (нарративные эвристики), Onward/backward (направления поиска) и When to stop (остановка по насыщению). В отличие от протоколов систематических обзоров, SNOW не требует жестких формальных критериев отбора. Вместо этого он опирается на гибкие эвристики (оценка цитируемости, авторитетности автора, повторяемости ссылок, концептуальной новизны и исторической роли), которые позволяют быстро и осмысленно выделять значимые работы. Процесс организован в итерациях с возможностью использования «вольных карт» (wild cards) для статей, вызывающих сомнение, и фиксацией «пограничных статей» (borderline articles) для повышения прозрачности принятых решений. Ключевые положения разработанного чек-листа опираются на результаты исследований, в которых сопоставлялась эффективность стратегии «снежного кома» и поиска в библиографических базах данных [4, 5, 8], а также на концепцию насыщения, заимствованную из методологии реалистических обзоров (realist reviews).

В чек-листе SNOW используются несколько терминов, характерных для методологии поиска литературы методом снежного кома и процесса итеративного поиска литературы. Для повышения терминологической ясности их дефиниции приведены в таблице 1.

Таблица 1

Операциональные дефиниции ключевых терминов методологии SNOW

Термин	Дефиниция
Итерация поиска	Один цикл применения процедур поиска литературы методом снежного кома, включающий анализ цитирований, отбор новых публикаций и обновление списка релевантных статей.
Обратный снежный ком (Backward snowballing)	Поиск релевантных публикаций через анализ списков литературы в уже включенных статьях.
Прямой снежный ком (Forward/onward snowballing)	Поиск более поздних публикаций, которые цитируют уже отобранные статьи (например, через функцию «Cited by» в Google Scholar).
Нарративные эвристики (Narrative heuristics)	Простые практические правила или ориентиры, помогающие исследователю быстро оценивать релевантность публикаций при поиске литературы в нарративном обзоре (например, по ключевым авторам, журналам, концепциям или характеру цитирования).
Вольные карты (Wild cards)	Статьи, включенные в полнотекстовый просмотр по суждению эксперта, несмотря на отсутствие соответствия установленным критериям релевантности.
Пограничные статьи (Borderline articles)	Материалы, отобранные для рассмотрения, но не соответствующие окончательным критериям включения, указываются в обзоре с целью обеспечения большей прозрачности процесса отбора.
Насыщение	Момент поиска литературы, когда новые статьи перестают добавлять концептуально новую информацию для рассматриваемой темы.

В отличие от систематических обзоров, ориентированных на максимальную полноту охвата и снижение риска систематической ошибки, нарративные обзоры направлены преимущественно на формирование концептуального понимания предметной области, выявление противоречий и построение логически связанного научного нарратива. Вместе с тем отсутствие стандартизированных процедур отбора источников ограничивает их методологическую прозрачность и воспроизводимость получаемых выводов.

Предлагаемый чек-лист направлен на устранение указанного методического дефицита за счет интеграции принципов системности с необходимой гибкостью нарративного анализа. Он ориентирован на использование в научной практике исследователей, аспирантов и магистрантов при подготовке обзорных разделов диссертационных исследований, научных публикаций и иных аналитических работ. Он не заменяет систематические обзоры, но служит прагматичным инструментом там, где требуется быстро сформировать концептуальную карту области, выявить ключевые противоречия и обеспечить прозрачность процесса отбора литературы. В систематических обзорах поиск литературы регламентируется специализированными чек-листами: PRISMA-S [6] определяет 16 пунктов для прозрачного и воспроизводимого отчета о поиске, а PRESS [7] служит инструментом для экспертной оценки качества поисковых стратегий. Эти стандарты ориентированы на исчерпывающую полноту и строгую воспроизводимость, что необходимо для систематического синтеза. В отличие от них, SNOW предназначен для ситуаций, где полнота не является самоцелью, а выступает приоритетом концептуальная насыщенность и гибкость отбора. Как PRISMA-S и PRESS обеспечивают качество поиска в систематических обзорах, так SNOW призван структурировать и сделать прозрачным процесс отбора литературы в нарративных обзорах.

Целью настоящей работы является разработка и представление чек-листа SNOW – практического инструмента для

поиска литературы при нарративных обзорах методом снежного кома.

Методы и организация исследования. Разработка чек-листа SNOW осуществлялась в соответствии с методологией FRAME (Framework for Reporting Adaptations and Modifications to Evidence-based Interventions – Система отчетности об адаптациях и модификациях научно-обоснованных вмешательств) [9], которая изначально предназначена для документирования адаптаций существующих методов. Выбор FRAME обусловлен тем, что наша задача – адаптировать процедуры снежного кома, разработанные для систематических обзоров [4, 5], к специфике нарративных обзоров. FRAME предлагает прозрачную пошаговую процедуру, позволяющую фиксировать, какие элементы заимствуются, какие изменяются и на каком основании, что делает его методологически адекватным для создания нормативного инструмента, подобного SNOW. Адаптация FRAME для разработки SNOW включала шесть этапов (табл. 2).

Таблица 2

Адаптация методологии FRAME для разработки чек-листа SNOW

Этап FRAME	Применение в разработке SNOW
1. Идентификация цели и области применения	Определена целевая аудитория (исследователи, аспиранты, магистранты) и контекст использования (нарративные обзоры, поиск литературы методом снежного кома).
2. Поиск релевантной литературы	Систематический обзор методологических работ по снежному кому и нарративным обзорам. Исходный пул собран через Google Scholar, затем применен обратный и прямой снежный ком от ключевых публикаций (работы Wohlin [4, 5, 10], Felizardo [8] и др.).
3. Экстракция данных со стоп-правилом	Из отобранной литературы извлекались: описания этапов снежного кома, критерии отбора статей (формальные и неформальные), способы фиксации субъективных решений, рекомендации по остановке поиска. Извлечение продолжалось до тех пор, пока в очередных десяти источниках не переставала появляться новая информация, способная повлиять на структуру чек-листа.
4. Классификация извлеченных элементов	Все выявленные шаги и правила сгруппированы в четыре логические категории, составившие аббревиатуру SNOW: стартовый набор (Start set), нарративные эвристики (Narrative heuristics), направления поиска (Onward/backward) и условия остановки (When to stop). Внутри каждой категории детализированы конкретные действия.
5. Интеграция обратной связи от экспертов	Проект чек-листа направлен трем исследователям, имеющим опыт проведения систематических и нарративных обзоров в области спортивной науки и смежных дисциплин. Эксперты оценивали ясность формулировок, полноту охвата этапов и практическую применимость. На основе замечаний уточнены формулировки, добавлены пояснения о гибких эвристиках, введены механизмы «вольных карт» и «пограничных статей».
6. Пилотирование	Чек-лист апробирован при подготовке двух нарративных обзоров: по методологии снежного кома (узкая тема) и по влиянию интервальных тренировок на восстановление в спорте (широкая междисциплинарная тема).

Для проверки содержательной валидности и практической реализуемости чек-листа SNOW было проведено пилотирование на двух контрастных темах. Первая тема (узкая, методологически ориентированная) – методология снежного кома, вторая (широкая, междисциплинарная) – влияние интервальных тренировок на восстановление в спорте. Поиск выполнялся первым автором, имеющим опыт проведения литературных обзоров в обеих предметных областях. Для каждой темы фиксировались следующие параметры. Время оценивалось приблизительным

хронометражем с округлением до часа; точность не требовалась, так как целью было не строгое сравнение, а выявление порядка величин. Итерации определялись как полный цикл обработки всех статей, включенных на предыдущем этапе, включая как обратный, так и прямой снежный ком. Насыщение считалось достигнутым, когда на очередной итерации не было найдено ни одной новой статьи, либо все найденные статьи не содержали концептуально новых идей. Решение о насыщении принималось автором, проводившим поиск, и затем проверялось вторым соавтором. Концептуальная новизна определялась как наличие в статье хотя бы одного из следующих элементов: ранее не встречавшаяся концептуальная модель, классификация, теоретический конструкт, эмпирическое обобщение, значимое противоречие или исторический контекст, отсутствовавший в уже собранном пуле. Решение о новизне принималось на основе полного текста статьи. Для оценки влияния адаптивного порядка поиска во втором пилоте (тема Б) была применена следующая процедура. Сначала использовалась исходная версия чек-листа без правила адаптивного старта (начинать с прямого снежного кома). После внесения в чек-лист уточнения о начале с обратного снежного кома для новых стартовых статей была выполнена повторная первая итерация с тем же стартовым набором, но с применением адаптивного правила. Сокращение времени рассчитывалось как (T_до - T_после)/T_до × 100%. В первом пилоте (тема А) адаптивное правило не применялось, поскольку стартовые статьи уже были классическими (опубликованы более 5 лет назад), и исходный порядок (начало с обратного снежного кома) совпал с рекомендованным после уточнения. Кроме того, в обоих пилотах фиксировалось использование механизмов «вольных карт» и «пограничных статей». Вольные карты выдвигались автором при просмотре названий и аннотаций, если статья субъективно воспринималась как важная, но не проходила гибкие эвристики. Пограничные статьи формировались по итогам полнотекстового рассмотрения: в отдельный список включались работы, которые были близки к включению (например, имели высокую цитируемость или авторитетного автора, но были признаны нерелевантными по содержанию); для каждой такой статьи фиксировалась причина близости.

Результаты исследования и их обсуждение. В результате применения описанной методологии разработан чек-лист SNOW, представляющий собой пошаговый инструмент для поиска литературы при нарративных обзорах методом снежного кома. Чек-лист структурирован по четырем ключевым компонентам, отраженным в его названии: стартовый набор (Start set), нарративные эвристики (Narrative heuristics), направления поиска (Onward/backward) и условия остановки (When to stop). В рамках каждого компонента сформулированы конкретные действия и рекомендации, адаптированные для нарративного формата. Все рекомендации в чек-листе носят характер эвристических ориентиров, а не жестких правил. Числовые значения (3-5 статей, 2-3 страницы, 2-3 итерации) являются обобщением практического опыта и должны адаптироваться к конкретной теме и целям обзора. Ниже представлен итоговый чек-лист SNOW, структурированный по компонентам и этапам (табл. 3).

Результаты пилотирования обобщены в таблице 4.

В первом пилоте насыщение наступило на второй итерации, во втором – на третьей. Во втором пилоте использование адаптивного правила (начало с обратного снежного кома для новых стартовых статей) позволило сократить время первой итерации примерно на 20% по сравнению с исходной версией чек-листа, где это правило отсутствовало. Механизм «вольных карт» был использован в обоих случаях для включения по одной статье, которые не проходили гибкие эвристики (низкая цитируемость, малоизвестный журнал), но были признаны экспертно значимыми (обе статьи вошли в финальный синтез). «Пограничные статьи» составили 3 в первом пилоте и 5 во втором; все зафиксированы с указанием причин близости к включению (например, высокая цитируемость, но нерелевантность по содержанию).

Таблица 3

Чек-лист SNOW для поиска литературы при нарративном обзоре

Компонент SNOW	Этап / Действие	Критерии и эвристики	Примечания и советы
S – Start set (Стартовый набор)	1. Выбор ключевых статей. Выберите 3-5 работ (для широких тем до 5-7).	• Обзорные (review) или семинальные; • Высокая цитируемость. • Разные точки зрения (избегать кластеризации); • Охват основных направлений темы.	• Используйте Google Scholar для избегания предвзятости издателя; • Принцип Парето: 20% статей дают 80% понимания.
N – Narrative heuristics (Нарративные эвристики)	2. Оценка кандидатов Применяется вместо жестких критериев включения/ исключения.	• Повторяемость: ссылка встречается в нескольких изученных статьях; • Авторитетность: известный автор в области; • Место публикации: топ-журнал / ведущая конференция; • Концептуальная значимость: новая модель, классификация, противоречие; • Историческая роль: старые, но фундаментальные работы.	• Не используйте жесткие фильтры (например, «только последние 5 лет»); • Решение субъективное, но должно быть прозрачным.
O – Onward / Backward (Направления поиска)	3. Обратный снежный ком Просмотр списка литературы включенных статей.	• Исключайте по году/типу публикации сразу; • Читайте аннотацию или контекст ссылки; • Вольные карты (Wild Cards): если статья важна интуитивно, но не проходит эвристики – включите в список обязательного просмотра.	• Адаптивный старт: Если стартовые статьи новые (<3 лет) → начинайте с Backward; • Используйте цветовые метки в браузере для отслеживания просмотренного.
	4. Прямой снежный ком Поиск цитирований (Google Scholar «Cited by»).	• Просмотр первых 2-3 страниц выдачи; • Ищите: работы с высокой цитируемостью, недавние обзоры, критику/развитие идеи.	• Адаптивный старт: Если стартовые статьи старые (>5 лет) → начинайте с прямого снежного кома; • Помогает найти современные развития классических идей.
W – When to stop (Остановка)	5. Критерий насыщения Остановка итераций.	• Новые статьи не появляются; • Новые статьи не добавляют идей/концепций (только подтверждают известное); • Проверка: последние 2-3 найденные статьи не меняют структуру обзора.	• Обычно достигается на 2-3 итерации; • Не стремитесь к исчерпывающей полноте, стремитесь к смысловой завершенности.
Прозрачность (Дополнительные механизмы)	6. Фиксация решений Повышение доверия к отбору.	• Пограничные статьи Составьте список статей, близких к включению, но исключенных; • Укажите причину (напр., «высокая цитируемость, но не по теме»).	• Позволяет читателю самостоятельно оценить спорные источники; • Снижает критику за субъективность отбора.
Доп. шаги (По желанию)	7. Контроль качества Страховочные механизмы.	• Проверка через авторов: запрос ключевых работ у 2-3 активных исследователей; • Контрольный поиск: быстрый поиск по ключевым словам (сортировка по дате).	• Не обязательно, но рекомендуется для диссертаций; • Помогает выявить очень свежие или слабо цитируемые важные работы.

Таблица 4

Результаты пилотирования чек-листа SNOW

Тема	Стартовый набор, n	Итераций до насыщения	Время, ч	Вольные карты (включено/ выдвинуто), n	Пограничные статьи, n
Методология снежного кома	4	2	~6	1/1	3
Интервальные тренировки	7	3	~10	1/1	5

Примечание: n – число публикаций. Насыщение определялось как момент, когда очередная итерация не приводила к выявлению новых релевантных статей.

Разработанный чек-лист SNOW представляет собой первый специализированный инструмент для поиска литературы при нарративных обзорах методом снежного кома, который объединяет системность поиска с гибкостью, необходимой для концептуального синтеза. В отличие от систематических обзоров, где доминирует требование исчерпывающей полноты и минимизации систематической ошибки, нарративные обзоры ориентированы на быстрое формирование концептуальной карты, выявление ключевых противоречий и построение связного изложения [1, 2, 4]. Предложенный чек-лист заполняет существующий пробел между жесткими протоколами систематических обзоров и неформализованной практикой нарративных обобщений. Ниже обсуждается обоснование каждого ключевого компонента SNOW в свете существующей литературы и результатов пилотирования.

Стартовый набор. Первый шаг чек-листа рекомендует выбирать 3-5 ключевых статей, а для широких или междисциплинарных тем – до 5-7. Это число основано на эмпирическом наблюдении, что 3-5 статей достаточно, чтобы охватить основные направления дискуссии, избегая при этом «кластерного смещения» (cluster bias), когда все выбранные работы принадлежат одной научной группе [4, 8]. Логика выбора отражает принцип Парето (Pareto principle), согласно которому ограниченное число наиболее влиятельных факторов (примерно 20%) обеспечивает основную долю результата (примерно 80%) [11]. В пилотировании узкой темы 4 статьи обеспечили насыщение уже на второй итерации, тогда как для междисциплинарной темы потребовалось расширение до 7 статей, что подтверждает необходимость гибкости. Критерии отбора (обзорный характер, высокая цитируемость, разнообразие точек зрения) согласуются с рекомендациями Webster и Watson [12] и учитывают современные данные о важности разнообразия в стартовом наборе [8].

Нарративные эвристики. Центральным элементом SNOW является отказ от жестких формальных критериев в пользу гибких эвристик: оценка цитируемости, авторитетности автора, места публикации, повторяемости ссылок, концептуальной новизны и исторической роли. Эти эвристики относятся к классу «быстрых и экономных» (fast and frugal heuristics), описанных в психологии принятия решений [13]. Они позволяют исследователю быстро отсеивать заведомо нерелевантные работы, сосредотачиваясь на потенциально значимых. В пилотировании применение эвристик сократило объем скрининга: из сотен ссылок в Google Scholar для полнотекстового рассмотрения отбирались лишь единицы, что коррелирует с данными о снижении «шума» (noise) при использовании снежного кома по сравнению с поиском в базах данных [4, 10].

Адаптивный порядок поиска. Чек-лист вводит правило: если стартовые статьи преимущественно новые (опубликованы в последние 2-3 года) – начинать с обратного снежного кома (backward snowballing) для поиска классических работ. Если стартовые статьи старые (классика, опубликована более 5 лет назад) – начинать с прямого снежного кома (forward snowballing) для поиска современных исследований, развивающих тему. Эта адаптивность основана на наблюдении, что для обновления обзоров прямой снежный ком оказывается особенно

эффективным [5], а для новых тем обратный поиск позволяет быстрее выйти на устоявшееся ядро. В пилотировании такое уточнение сократило время первой итерации на 20%.

Вольные карты и пограничные статьи. Механизм «вольных карт» позволяет исследователю выдвинуть на полнотекстовое рассмотрение статью, которая не проходит гибкие эвристики, но субъективно воспринимается как важная. Данный механизм впервые был предложен Wohlin и соавторами [10], чтобы учесть индивидуальные различия в экспертных суждениях при отборе источников. В ходе пилотного применения использование «вольных карт» нашим участникам позволило включение ряда публикаций, которые при формальном отборе могли быть исключены из нарративного обзора. Дополнительным элементом повышения методологической прозрачности является фиксация так называемых «пограничных статей» – это работы, близкие к включению, но оставленные за пределами выборки (табл. 1). Данный подход позволяет читателю самостоятельно оценить обоснованность отбора публикаций и интерпретации спорных источников. Данные инструменты приобретают особую значимость в нарративных обзорах, где неизбежная доля субъективности и эта доля должны быть не устранены (подгонкой источников под свои теории), а эксплицированы и методически контролируемы.

Принцип принятия решения о включении источников. В рамках подхода SNOW принцип принятия решения о включении источников отличается от аналогичного принципа в систематических обзорах. В систематических обзорах принцип принятия решения о включении источников основан на жестко заданных критериях [4, 9]. В нашем случае публикация включается при условии ее содержательной значимости для формирования нарратива, в частности, если она вносит новый концептуальный вклад, эмпирические данные, выявляет противоречия или дополняет историко-теоретический контекст исследования. Такой подход смещает акцент с «полноты» на «концептуальную ценность», что соответствует природе нарративного синтеза. Как показано в исследовании Melendez-Torres и коллег [14], нарративный синтез и мета-анализ представляют собой принципиально разные режимы рассуждения: первый отвечает на вопрос «что здесь происходит?», а второй – «работает ли это и насколько хорошо?». Соответственно, оценка качества синтеза в каждом случае должна опираться на разные критерии.

Остановка по насыщению. Критерием остановки служит смысловое насыщение (новые статьи перестают появляться или не привносят новых идей, концепций, противоречий). Эта концепция заимствована из методологии реалистических обзоров (realist reviews), где насыщение ставится выше исчерпывающей полноты [15]. В пилотировании насыщение достигалось на второй-третьей итерации, что подтверждает практическую применимость критерия. Для контроля предлагается просматривать последние 2-3 найденные статьи, если они не заставляют пересмотреть структуру обзора, процесс завершается.

Дополнительные шаги. Проверка через авторов и контрольный поиск в Google Scholar, по ключевым словам, служат страховочными механизмами. Они не обязательны, но могут выявить работы, пропущенные из-за особенностей цитирования или очень свежие публикации. Использование цветовых меток в браузере для отслеживания уже просмотренных статей – практический совет, облегчающий работу с большим числом ссылок в Google Scholar [10]. Таким образом, каждый из компонентов чек-листа SNOW имеет самостоятельное обоснование, опирающееся на существующие методологические исследования и подтвержденное в ходе пилотирования. Вместе они образуют целостный инструмент, который сочетает системность поиска с гибкостью, необходимой для концептуально ориентированных нарративных обзоров. Вместе с тем, как и любой методологический инструмент, SNOW имеет ряд ограничений, которые следует учитывать при его применении.

Заключение. В настоящей работе представлен чек-лист SNOW – первый специализированный инструмент для

поиска литературы при нарративных обзорах методом снежного кома. Чек-лист включает пять основных этапов: формирование стартового набора, итеративный поиск с разделением на обратный и прямой снежный ком, принятие решений на основе гибких эвристик, остановку по достижении смыслового насыщения и дополнительные проверочные шаги. Ключевыми инновациями являются:

1) введение «вольных карт» и «пограничных статей» (повышающих прозрачность субъективных решений);

2) адаптивный к нарративному обзору порядок поиска источников в зависимости от возраста стартовых статей.

Разработка чек-листа SNOW осуществлялась в соответствии с методологией FRAME, которая включает:

1) систематизированный анализ литературы;

2) экспертную оценку;

3) пилотное тестирование на контрастных тематических областях.

Результаты пилотирования подтвердили практическую применимость чек-листа SNOW. Во всех случаях пилотного исследования смысловое насыщение достигалось на второй или третьей итерации. Также использование «вольных карт» обеспечивало включение релевантных работ, которые могли быть упущены при формальном отборе. Чек-лист SNOW не предназначен для замещения чек-листов PRISMA-S или PRESS, которые используются при поиске литературы в систематических обзорах. Однако он выступает эффективным инструментом в тех ситуациях, где требуется, например, оперативное формирование концептуальной структуры предметной области или выявление ключевых противоречий, при этом обеспечивая прозрачность отбора литературы. Перспективы дальнейших исследований связаны со сравнительной валидацией SNOW относительно альтернативных подходов, например, SYMBALS [16], а также адаптацией данного инструмента к различным научным дисциплинам.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Effects of Weight-Cutting Practices on Sleep, Recovery, and Injury in Combat Sports: A Scoping Review / A. Kużdżał, O. Bilianskyi, Z. Wroński [et al.] // J Funct Morphol Kinesiol. – 2025. – Vol. 10. – No. 3. – P. 319. DOI: 10.3390/jfmk10030319.

2. Blazevich, A.J. Triggering sarcomerogenesis: Examining key stimuli and the role attributed to eccentric training-Historical, systematic, and meta-analytic review / A.J. Blazevich, W. Herzog, J.P. Nunes // J Sport Health Sci. – 2025. – Vol. 14. – P. 101073. DOI: 10.1016/j.jshs.2025.101073.

3. Effects of high-intensity interval training on aerobic and anaerobic capacity in Olympic combat sports: a systematic review and meta-analysis / F. Yue, Y. Wang, H. Yang, X. Zhang // Front Physiol. – 2025. – Vol. 16. – P. 1576676. DOI: 10.3389/fphys.2025.1576676.

4. Wohlin, C. Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering / C. Wohlin // Proceedings of the 18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering. – 2014. – P. 1-10. DOI: 10.1145/2601248.260126.

5. Wohlin, C. Second-generation systematic literature studies using snowballing / C. Wohlin // Proceedings of the 20th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering. – 2016. – P. 1-6. DOI: 10.1145/2915970.2916006.

6. PRISMA-S Group. PRISMA-S: an extension to the PRISMA statement for reporting literature searches in systematic reviews / M.L. Rethlefsen, S. Kirtley, S. Waffenschmidt [et al.] // Syst Rev. – 2021. – Vol. 10. – No. 1. – P. 39. DOI: 10.1186/s13643-020-01542-z.

7. PRESS Peer Review of Electronic Search Strategies: 2015 guideline statement / J. McGowan, M. Sampson, D.M. Salzwedel [et al.] // J Clin Epidemiol. – 2016. – Vol. 75. – P. 40-46. DOI: 10.1016/j.jclinepi.2016.01.021.

8. Assessing diversity in creating seed set for snowballing search for systematic literature review in software engineering / K.R. Felizardo, F.C. Souza, A.C.C. Souza [et al.] // 2025 ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM). – 2025. – P. 1-11. DOI: 10.1109/ESEM64174.2025.00028.

9. Wiltsey Stirman, S. FRAME: an expanded framework for reporting adaptations and modifications to evidence-based interventions / S.

Wiltsey Stirman, A.A. Baumann, C.J. Miller // Implement Sci. – 2019. – Vol. 14. – No. 1. – P. 58. DOI: 10.1186/s13012-019-0898-y.
10. Successful combination of database search and snowballing for identification of primary studies in systematic literature studies / C. Wohlin, M. Kalinowski, K.R. Felizardo, E. Mendes // Inf Softw Technol. – 2022. – Vol. 147. – P. 106908. DOI: 10.1016/j.infsof.2022.106908.
11. Erridge, P. The Pareto principle / P. Erridge // Br Dent J. – 2006. – Vol. 201. – No. 7. – P. 419. DOI: 10.1038/sj.bdj.4814131.
12. Webster, J. Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review / J. Webster, R.T. Watson // MIS Q. – 2002. – Vol. 26. – No. 2. – P. XIII-XXIII. DOI: 10.2307/4132319.
13. Gigerenzer, G. Heuristic decision making / G. Gigerenzer, W. Gaissmaier // Annu Rev Psychol. – 2011. – Vol. 62. – P. 451-482. DOI: 10.1146/annurev-psych-120709-145346.
14. Interpretive analysis of 85 systematic reviews suggests that narrative syntheses and meta-analyses are incommensurate in argumentation / G.J. Melendez-Torres, A. O'Mara-Eves, J. Thomas [et al.] // Res Synth Methods. – 2017. – Vol. 8. – No. 1. – P. 109-118. DOI: 10.1002/jrsm.1231.
15. Duddy, C. Identifying evidence for five realist reviews in primary health care: A comparison of search methods / C. Duddy, N. Roberts // Res Synth Methods. – 2022. – Vol. 13. – No. 2. – P. 190-203. DOI: 10.1002/jrsm.1523.
16. SYMBALS: A Systematic Review Methodology Blending Active Learning and Snowballing / M. van Haastrecht, I. Sarhan, B.Yigit Ozkan [et al.] // Front Res Metr Anal. – 2021. – Vol. 6. – P. 685591. DOI: 10.3389/frma.2021.685591.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Александр Виталиевич Мештель – аспирант кафедры спортивной медицины, преподаватель кафедры анатомии и биологической антропологии, Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, e-mail: meshtel.author@yandex.ru.
Александр Борисович Мирошников – доктор биологических наук, доцент, декан факультета адаптивной физической культуры, рекреации и туризма, профессор кафедры спортивной медицины, Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, e-mail: benedikt116@mail.ru.
Алексей Викторович Шевцов – кандидат педагогических наук, профессор, профессор кафедры теории и методики единоборств, Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, e-mail: wrestler9999@gmail.com.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Aleksandr V. Meshtel – Postgraduate Student of the Department of Sports Medicine, Assistant of the Department of Anatomy and Biological Anthropology, Russian University of Sport "GTSOLIFK", Moscow, e-mail: meshtel.author@yandex.ru.
Aleksandr B. Miroshnikov – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Adaptive Physical Culture, Recreation and Tourism, Professor of the Department of Sports Medicine, Russian University of Sport "GTSOLIFK", Moscow, e-mail: benedikt116@mail.ru.
Aleksej V. Shevtsov – Candidate of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of the Department of Theory and Methodology of Martial Arts, Russian University of Sport "GTSOLIFK", Moscow, e-mail: wrestler9999@gmail.com.

Для цитирования: Мештель, А.В. Чек-лист SNOW: руководство для поиска литературы по спортивным наукам при нарративных обзорах методом снежного кома / А.В. Мештель, А.Б. Мирошников, А.В. Шевцов // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_28

For citation: Meshtel A.V., Miroshnikov A.B., Shevtsov A.V. SNOW checklist: a guide to researching sports science literature in narrative literary reviews using the snowball method. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_28

Дата публикации: 01.06.2026 Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_29 DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_29
УДК 796.011.3 UDC 796.011.3

ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ ИНФОРМАТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦЕЛОСТНОГО РАЗВИТИЯ ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ВОЗРАСТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПЕРИОДА ОНТОГЕНЕЗА И ХАРАКТЕРА ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ

Т.Ф. Абрамова, Т.В. Балабохина, Т.М. Никитина, А.В. Полфунтикова, Н.М. Якутович
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научный центр физической культуры и спорта», г. Москва, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Контекст подготовки при раннем начале занятий спортом определяется этапом онтогенеза детей младшего возраста при влиянии специализации тренировки. ***Методы.*** Контингент: дети 5-7 (348 человек) и 5-8 лет (888 человек): не занимающиеся спортом; занимающиеся закрытыми и открытыми видами спорта. Методы: антропометрия, калиперометрия; тестирование когнитивное, психомоторное, физических качеств; пошаговый дискриминантный анализ. ***Результаты.*** Вклад морфофункциональной, когнитивной и двигательной систем в модели целостного развития детей определяется периодом онтогенеза и особенностями двигательной активности при усилении роли специфики двигательной активности по мере перехода от полуростового скачка к препубертатному периоду, от спортивно-оздоровительного к этапу начальной подготовки. ***Заключение.*** Динамические изменения возрастных моделей целостного развития свидетельствуют о целесообразности длительного мониторинга целостного развития детей на этапах многолетней спортивной подготовки.

Ключевые слова: двигательное, физическое и когнитивное развитие, дети, 5-7 лет, 5-8 лет, открытые и закрытые виды спорта, не занимающиеся спортом.

CHANGES IN THE STRUCTURE OF INFORMATIVE INDICES OF THE INTEGRAL DEVELOPMENT OF YOUNG CHILDREN DEPENDING ON THE ONTOGENESIS PERIOD AND THE NATURE OF MOTOR ACTIVITY

T.F. Abramova, T.V. Balabokhina, T.M. Nikitina, A.V. Polfuntikova, N.M. Yakutovich
Federal Science Center for Physical Culture and Sport, Moscow, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The context of preparation for early initiation of sports activities is determined by the stage of ontogenesis of young children in the context of training specialization. ***Methods.*** Contingent: children aged 5-7 (348 human examinations) and 5-8 years (888 human examinations): not involved in sports; athletes involved in indoor and outdoor sports. Methods: anthropometry, the skinfold method; cognitive, psychomotor testing, as well as testing of physical qualities and abilities; stepwise discriminant analysis. ***Results.*** The contribution of the morphofunctional, cognitive, and motor systems to models of children's holistic development is determined by the period of ontogenesis and the characteristics of motor activity, with the role of motor activity specificity increasing as children transition from the growth spurt to the prepubertal period, and from the sports and recreational stage to the initial training one. ***Conclusion.*** Dynamic changes in age-related models of holistic development indicate the feasibility of long-term monitoring of children's holistic development at the stages of long-term sports training.

Keywords: motor, physical and cognitive development, children, 5-7 years old, 5-8 years old, indoor skill and outdoor sports, non-athletes.

Введение. Влияние физической активности на развитие детей младшего возраста наиболее часто исследуется в локальных позициях, дифференцированно рассматривая в качестве мишени особенности телосложения, умственное или двигательное развитие [1-6]. В ряде последних работ представлены результаты и значимость комплексного подхода к выявлению наиболее значимых маркеров целостного развития ребенка в условиях обучения различным двигательным навыкам в младшем возрасте [7-10]. Одним из важных вопросов, определяющих контекст раннего

начала занятий спортом, является возрастная динамика структуры взаимосвязей развития двигательной сферы ребенка в соотношении с морфофункциональным и когнитивным становлением. Усиление специализированности спортивного обучения наряду с фазами роста и развития может вносить изменения в спектр информативных показателей, обуславливающих приоритетное направление развития ребенка в зависимости от характера и этапа спортивного обучения [11, 12]. Для детей младшего возраста существенным моментом, определяющим содержание спортивной подготовки, является переход от этапа спортивно-оздоровительной подготовки к этапу начальной подготовки, что наиболее часто соотносится с переходом от завершения полуростового скачка к препубертатному периоду (от 7 к 8 годам).

Особенности когнитивного и двигательного развития детей 5-8 лет предопределяют дифференциацию двигательной активности или спортивной принадлежности по приоритетному типу формирующихся навыков на открытые и закрытые [13-15]. Открытые навыки предпочтительно развиваются в командных игровых видах спорта, где модель развития определяется условиями взаимодействия с предметом, партнером, противником, пространством, требует сложных когнитивных процессов управления действиями. Закрытые навыки в большей мере формируются в ожидаемых условиях привычного алгоритма действий с ориентацией на физическое и техническое индивидуальное совершенствование при меньших требованиях к когнитивной сфере, к таким видам спорта относятся гимнастика, лыжные гонки, горные лыжи и др.

Цель исследования: исследовать изменения структуры информативных показателей целостного развития детей младшего возраста в зависимости от периода развития и характера двигательной активности.

Методы и организация исследования. Исследование проходило в два этапа. На первом этапе проведено 348 обследований детей 5-7 лет, среди них – 72 ребенка, занимающихся закрытыми видами спорта (ЗВС – спортивная гимнастика, горные лыжи); 218 детей, занимающихся открытыми видами спорта (ОВС – хоккей с шайбой, футбол); 58 детей, систематически не занимающихся спортом (НЗС). На втором этапе, включавшем первичные и динамические наблюдения, проведено 888 обследований детей 5-8 лет тех же видов спорта, из них – 184 ребенка, занимающихся ЗВС; 532 ребенка – ОВС; 172 ребенка из группы НЗС. Стаж занятий ЗВС и ОВС детей 5, 6, 7 и 8 лет не различался в каждой из возрастных групп в ряду 1,2 – 1,6 – 2,1 – 2,8 лет. Объем тренировок составлял 10-11 часов в неделю у хоккеистов; 5 часов – у футболистов, 6-7 часов – в группах ЗВС независимо от возраста. У детей групп НЗС двигательная активность не превышала 30-40 мин 2 раза в неделю.

Развитие ребенка оценивалось с целостных позиций при учете морфофункционального статуса (абсолютные размеры и пропорции тела и конечностей; мышечный и жировой компоненты массы тела – антропометрия, калиперометрия); когнитивных (зрительно- и вербально-логическое, зрительно-пространственное и аналитико-синтетическое (цветные прогрессивные матрицы Равена – ЦПМР) мышление, внимание (корректурный тест Бурдона), опосредованная память) и психомоторных способностей (теппинг-тест, простая (ПЗМР) и сложные зрительно-моторные реакции (реакция на движущийся объект (РДО) и помехоустойчивость)); физической подготовленности (бег 30 м; челночный бег, 3х10 м; переменный бег 30 м (Т-тест): гладкий (10 м), приставным шагом с переменой ног (5х2 м), спиной вперед (10 м); прыжок в длину с места); силы хвата, кг, % (кистевая динамометрия, ДК-25), дозирование усилий на 50, 75 и 25% от максимального результата в прыжковом тесте в длину [16-21]. Программа и методика проведения обследования были одобрены Этическим комитетом Федерального научного центра физической культуры и спорта (№ 3.23) от 24.10.2023.

Обследования проводились в утренние часы при согласии родителей.

При обработке данных применялся пошаговый дискриминантный анализ (Statistica 13.0). Дискриминация проводилась по признаку возраста внутри каждой из

групп юных спортсменов и детей, не занимающихся спортом, с включением комплекса физического и когнитивного развития, моторики отдельно для групп в интервалах от 5 до 7 лет и от 5 до 8 лет.

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты пошагового дискриминантного анализа с разработкой правил дискриминации в данной работе представлены с указанием: достоверности моделей развития в интервалах от 5 до 7 лет и от 5 до 8 лет для каждой из групп детей с различной двигательной активностью; информативных показателей, достоверно определяющих ориентиры возрастного развития в каждой из групп детей с различной двигательной активностью. В анализ включены переменные, соответствующие критериям выбора ($p<0,05$, F-исключения).

Комплексы информативных показателей дискриминации, описывающих возрастное развитие, принципиально отличаются в группах детей с различной двигательной активностью в период от 5 до 7 лет, в целом сохраняя контекст и усиливая специфичность в период от 5 до 8 лет, а также в основном существенно расширяя диапазон заинтересованных показателей на фоне снижения переменных, исходно отобранных для модели (в 1,3-1,9 раз).

Дети с обычной двигательной активностью, не занимающиеся спортом систематически, в период от 5 до 7 лет дискриминируются только по длине тела и устойчивости проявления силы нервных процессов в простом моторном тесте (возрастная дискриминация статистически незначима) (табл. 1). Пролонгирование периода наблюдений до 8 лет расширяет модель развития ребенка включением в качестве доминирующих показателей физического развития (масса тела и индекс массы тела (ИМТ)), дополненного показателями когнитивного (вербально-логическое мышление) и двигательного (продуктивность в теппинг-тесте и относительная сила хвата) развития на достоверном уровне. Динамика статистически выявленных моделей развития детей, не занимающихся спортом систематически, укладывается в известные биологические закономерности перехода от полуростового скачка к перестроечным процессам, демонстрируя смену парадигмы от количества к качеству, в том числе в части гармоничности морфофункционального развития, речевого интеллекта (целевая ориентация образовательного процесса), наряду с поступательным развитием системы регуляций движений за счет усиления ее связей с корковым отделом двигательного анализатора [22].

Тренд возрастного развития спортсменов от 5 до 7 лет, обучающихся преимущественно закрытым навыкам, определяется большим, чем в группах не занимающихся спортом детей, перечнем показателей, включая маркеры физических качеств силы и быстроты, способности к координации, устойчивости внимания в сложных зрительно-моторных реакциях наряду с возрастным маркером изменения пропорций нижних конечностей (табл. 2).

Таблица 1

Итоги анализа дискриминантных функций по признаку возраста (5-7 и 5-8 лет) для групп детей, не занимающихся спортом

5-7 лет		5-8 лет	
Признак	P	Признак	P
Переменных в модели: 33; Лямбда Уилкса: 0,02131. F=1,7730; p<0,0766		Переменных в модели: 25; Лямбда Уилкса: 0,09324. F=6,677; p<0,00001	
Длина тела, см	0,0225	ИМТ, кг/м^2	0,0000
Теппинг-тест, V, %	0,0426	Масса тела, кг	0,0000
–		Вербально-логическое мышление, балл	0,0074
		Теппинг-тест, кол-во	0,0159
		Сила хвата кисти, %	0,0253

Примечание: ИМТ – индекс массы тела.

Таблица 2

Итоги анализа дискриминантных функций по признаку возраста (5-7 и 5-8 лет) для групп детей, занимающихся закрытыми видами спора

5-7 лет		5-8 лет	
Признак	P	Признак	P
Переменных в модели: 37; Лямбда Уилкса: 0,02214. F=3,4018; p<0,00001		Переменных в модели: 20; Лямбда Уилкса: 0,12760. F=7,8718; p<0,00001	
Сила хвата кисти, %	0,0029	Масса тела, кг	0,0000
Помехоустойчивость, σ, мс	0,0035	Δ 75% от максимального прыжка, %	0,0000
Челночный бег 3х10 м, с	0,0059	ИМТ, кг/м^2	0,0073
Бег 30 м, с	0,0060	Продуктивность внимания, %	0,0088
Внимание, σ, мс	0,0152	Бег 30 м, с	0,0101
Длина ноги/длина тела, %	0,0204	Сила хвата кисти, %	0,0127

Примечание: ИМТ – индекс массы тела.

Расширение возрастного диапазона до 8 лет так же, как в группе НЗС, выделяет наибольшую возрастную разделительную валидность интегральных показателей физического развития (масса тела и ИМТ) наряду с показателями проприоцепции в контроле за движением тела, в меньшей мере – показателями когнитивного развития в части продуктивности внимания, а также физической подготовленности скоростной и силовой направленности, согласовываясь с общим возрастным трендом развития и демонстрируя также важность внимания как пускового момента когнитивного развития, умения владения телом при перемещении в пространстве, проявления быстроты при обучении закрытым навыкам. Модель развития детей в случае ЗВС в период от 5 до 8 лет отличается от модели 5-7 лет меньшим перечнем признаков, элиминируя характеристики устойчивости мелкой моторики, ловкости и пропорций нижней конечности, выделяя показатели физического развития, силовых качеств и тонкой межмышечной координации, информативные для завершения обучения на спортивно-оздоровительном этапе многолетней спортивной подготовки.

Возрастной вектор становления спортсменов при обучении в условиях преимущественного взаимодействия в открытых видах спорта в период от 5 до 7 лет объединяет принципиально наиболее широкий спектр показателей, отличающийся и по содержанию, и по иерархии значимости показателей (табл. 3). Во главе модели стоит показатель когнитивного развития – продуктивность внимания при близких вкладах основных показателей ростового процесса, что в меньшей мере дополняется показателями скорости обработки зрительной информации когнитивного и психомоторного свойства, владения телом при выполнении прыжкового теста, в меньшей мере, но значимо, ростовых сдвигов в пропорции верхней конечности и жироотложения (%). Модель развития детей при занятиях ОВС и в случае интервала наблюдений от 5 до 8 лет объединяет принципиально более широкий спектр показателей, чем в группах НЗС и ЗВС, включая показатели, свойственные общему возрастному развитию детей, и когнитивному, и физическому. Среди них выделяются специфические для групп ОВС характеристики когнитивной сферы, в том числе логическое, с элементами абстрактного и пространственного, мышление с опорой на визуальную информацию, а также продуктивность внимания, характерная и для ЗВС. Также специфическими дискриминирующими показателями, свойственными модели развития только в группах ОВС в период от 5 до 8 лет выделяются способность к концентрации и выраженности внимания, устойчивости действий, относительная длина предплечья, форма тела. Модель развития детей ОВС в период от 5 до 8 лет отличается от модели 5-7 лет большим перечнем признаков, при этом меняется значимость элементов когнитивного развития с выходом на ведущую позицию логики обработки зрительной информации при некотором снижении вклада продуктивности внимания, дополняясь лабильными компонентами массы

тела как маркерами адаптации к тренировочному воздействию, пропорциями тела и сегментов конечностей как маркеров и кранио-каудального вектора роста и показателей, обеспечивающих биомеханическую эффективность работы с предметом.

Таблица 3

Итоги анализа дискриминантных функций по признаку возраста (5-7 и 5-8 лет) для групп детей, занимающихся открытыми видами спорта

5-7 лет		5-8 лет	
Признак	P	Признак	P
Переменных в модели: 39; Лямбда Уилкса: 0,20148. F =4,6910; p<0,00001		Переменных в модели: 29; Лямбда Уилкса: 0,18772. F =12,811; p<0,00001	
Продуктивность внимания, %	0,0004	Зрительно-логическое мышление, балл	0
Длина ноги/длина тела, %	0,0018	ИМТ, кг/м^2	0
Длина тела, см	0,0096	Продуктивность внимания, %	0
Зрительно-логическое мышление, с	0,0361	Масса тела, кг	0
Δ 50% от максимального прыжка, %	0,0369	Мышечная масса, %	0,000002
Длина руки /длина тела, %	0,0415	ЦПМР, серия В, балл	0,000020
Δ 25% от максимального прыжка, %	0,0433	Длина ноги /длина тела, %	0,000032
Внимание, время реакции, мс	0,0457	Жировая масса, %	0,000962
Жировая масса, %	0,0471	Δ 25% от максимального прыжка, %	0,001804
–		Длина предплечья /длина тела, %	0,002232
		Концентрация внимания, %	0,002772
		Оценка внимания, мс	0,002994
		Ширина таза /ширина плеч, %	0,003404
		Устойчивость действия РДО, мс	0,014698

Примечание: ИМТ – индекс массы тела; ЦПМР – цветные прогрессивные матрицы Равена; РДО – реакция на движущийся объект.

Распределение исследованных детей как объектов обучающей выборки в соответствии с разработанными моделями дает основание для дополнительного анализа течения целостного развития детей в условиях различной двигательной активности при рассмотрении переходных моментов биологического и «спортивного» онтогенеза от 5-7 к 5-8 годам. Наиболее высокая в среднем точность оценки принадлежности детей к возрастной группе в соответствии с двигательной активностью в разработанных моделях развития характерна для периода полуростового скачка (5-7 лет) по сравнению с периодом (5-8 лет), захватывающим переход к препубертатному периоду развития и этап начальной подготовки (96,5 и 78,7%). В интервале развития от 5 до 7 лет наиболее высокая точность соответствия каждому из возрастов характерна для детей групп НЗС и ЗВС (100 и 98,4%), снижаясь в группах детей открытых видов спорта (91,1%) при «ошибках» отнесения детей 5 и 6 лет к более старшим группам (31,0 и 5,3%), 7 лет – к более младшим группам (1,1 и 8,4%). При ориентации на возрастной период от 5 до 8 лет «правильная» принадлежность объектов к предсказуемой группе резко снижается во всех группах в среднем до 77,5-80,0%. Несоответствия принадлежности к заявленным (паспортный возраст) возрастным группам в период от 5 до 8 лет свидетельствуют о том, что по целостному развитию в группах НЗС, ЗВС и ОВС в среднем отмечается практически равное представительство детей, соответствующих более раннему (12,4 – 11,6 – 9,8%) и более позднему (11,2 – 11,6 – 11,5%) возрастам. Частота выявленных «ретардантов» схожа в группах: наиболее редко среди 6-летних детей при наибольшей частоте среди ЗВС (8,8%), минимуме в группах НЗС и ОВС (2,0 и 1,2%), повышаясь по частоте к 7 годам во всех группах до 8,3-9,4%, достигая в 8 лет пределов 19,6-27,0% в группах НЗС-ЗВС-ОВС с максимумом в группе НЗС (рис.). Возрастная динамика

встречаемости условных «акселератов» существенно разделяет группы, выделяя ОВС с направленным снижением доли акселератов от 5 до 7 лет (42,9 – 21,9 – 9,4%), что в соответствии с приоритетной значимостью показателей когнитивного спектра в модели развития этой группы может косвенно указывать на относительное выравнивание юных спортсменов по умственному развитию при переходе на препубертатный этап под влиянием завершения этапного (полуростовой скачок) развития функции и структур головного мозга [22]. Группы НЗС и ЗВС сходны по возрастному распределению «акселератов» с наибольшей частотой в 5 (26 и 22%) и 7 лет (15 и 18%) с минимумом в 6 лет (6 и 9%), что в большей мере отражает близкое к так называемой «зоне здоровья» (25 – 75%) распределение доминирующих в возрастных моделях этих групп показателей физического развития, наиболее синхронно проявляющихся на «входе» и «выходе» (5 и 7 лет), что выделяет вариативность прохождения полуростового скачка в 6 лет [22].

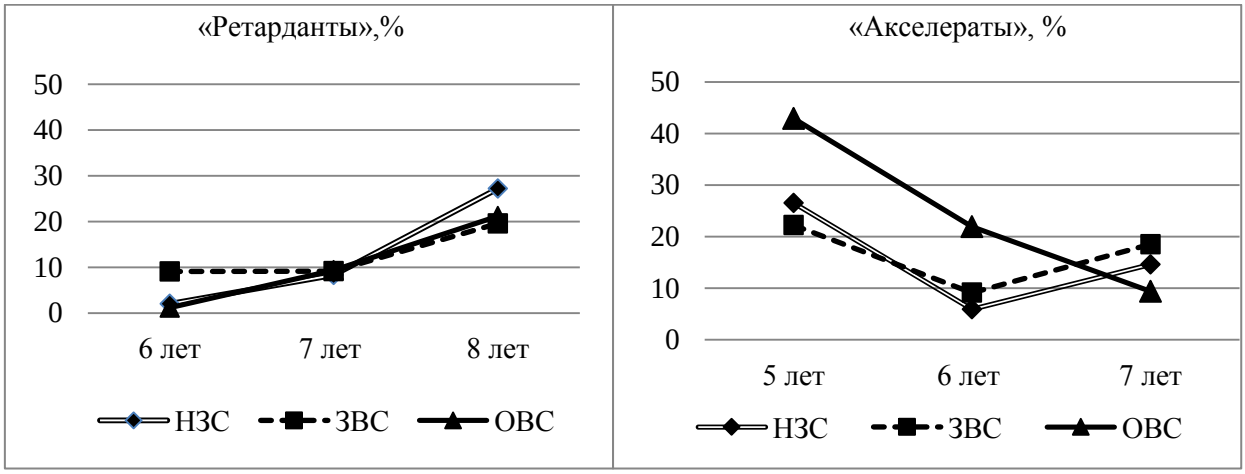


Рис. Возрастная динамика частоты «ретардантов» и «акселератов» в соответствии с классификацией по возрасту в период от 5 до 8 лет у детей с различной двигательной активностью, %

Примечание: НЗС – дети, систематически не занимающиеся спортом; ЗВС – дети, занимающиеся закрытыми видами спорта (спортивная гимнастика, горные лыжи); ОВС – дети, занимающиеся открытыми видами спорта (хоккей с шайбой, футбол).

Заключение. Представленные результаты свидетельствуют о том, что структура информативных показателей целостного развития детей младшего возраста модифицируется единством реализации внутренней, биологически закономерной программы роста и созревания, и внешнего фактора воздействия – двигательной активности. Структура вклада морфофункциональной, когнитивной и двигательной систем в развитие организма детей младшего возраста формируется под влиянием периода онтогенеза и характера двигательной активности, усиливая роль фактора специфики двигательной активности по мере перехода от полуростового скачка к структурно-функциональным перестройкам в препубертатном периоде, от спортивно-оздоровительного к этапу начальной подготовки. Независимо от вида двигательной активности модели целостного развития детей опираются на ростовую компоненту, в большей мере информативную для детей, не участвующих в организованной спортивной подготовке. Обучение открытым двигательным навыкам уже в период полуростового скачка на спортивно-оздоровительном этапе спортивной подготовки контекстно ориентировано на ведущую значимость когнитивного развития в части зрительно-пространственного мышления и характеристик внимания, в наибольшей мере проявляясь при расширении возрастного диапазона и повышении прицельности систематических тренировочных занятий. В условиях двигательного обучения преимущественно закрытым навыкам изначально формируется вектор индивидуального совершенствования

физической подготовленности в части силы, быстроты и ловкости, при переходе на новый возрастной и спортивный этап дополняясь вкладом способности психики к избирательности восприятия и контроля деятельности (внимание). Разработанные модели «целостного» развития в основном подтверждают адекватность дискриминации по признаку возраста в каждой из групп с различной двигательной активностью, одновременно уделяя существенную роль темпам развития детей младшего возраста при обучении на спортивно-оздоровительном этапе и этапе начальной подготовки.

Динамические изменения возрастных моделей целостного развития детей младшего возраста свидетельствуют о целесообразности длительного мониторинга целостного развития детей на этапах многолетней спортивной подготовки.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.
Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУ ФНЦ ВНИИФК № 777-00021-26 (код темы № 001-24/1).

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Financing. The work was carried out under the State Task of the Federal Science Center for Physical Culture and Sport No 777-00021-26 (theme code No 001-24/1).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. The Roles of Physical Activity, Exercise, and Fitness in Promoting Resilience During Adolescence: Effects on Mental Well-Being and Brain Development / B.R. Belcher, J. Zink, A. Azad [et al.] // Biol Psychiatry Cogn Neurosci Neuroimaging. – 2021. – Vol. 6. – No. 2. – P. 225-237. DOI: 10.1016/j.bpsc.2020.08.005.
2. Associations of objectively-assessed physical activity and sedentary time with hippocampal gray matter volume in children with overweight/obesity / J.H. Migueles, C. Cadenas-Sanchez, I. Esteban-Cornejo [et al.] // J. Clin. Med. – 2020. – No. 9. – P. 1080-1095. DOI: 10.3390/jcm9041080.
3. Effect of Physical Exercise in Real-World Settings on Executive Function of Typical Children and Adolescents: A Systematic Review / P. Shi, Y. Tang, Z. Zhang [et al.] // Brain Sci. – 2022. – Vol. 12. – No. 12. – P. 1734. DOI: 10.3390/brainsci12121734.
4. Shi, P. Motor skills and cognitive benefits in children and adolescents: Relationship, mechanism and perspectives / P. Shi, X. Feng // Front Psychol. – 2022. – No. 13. – P. 1017825. DOI: 10.3389/fpsyg.2022.1017825.
5. Mapping relationships among gross motor skills in 16,989 children using network analysis / R. Vagnetti, S. Cooper, F. Carlevaro [et al.] // Sci Rep. – 2025. – Vol. 15. – No. 1. – P. 11591. DOI: 10.1038/s41598-025-95924-9.
6. Effects of aerobic exercise on executive function of healthy middle-aged and older adults: A systematic review and meta-analysis / M. Ye, T. Song, H. Xia [et al.] // Int J Nurs Stud. – 2024. – No. 160. – P. 104912. DOI: 10.1016/j.ijnurstu.2024.104912.
7. Основы подготовки в детско-юношеском спорте. Настольная книга тренера. – М.: ООО «ПРИНТЛЕТО», 2023. – 653 с.
8. Тимакова, Т.С. Факторы спортивного отбора или Кто становится олимпийским чемпионом: монография / Т.С. Тимакова – М.: Изд-во «Спорт», 2025. – 288 с.
9. Макарова, Е.А. Модели одаренности и психологические особенности обучения музыке / Е.А. Макарова, Е.Б. Абросимова // Вестник Таганрогского института управления и экономики. – 2023. – № 3. – С. 89-94.
10. Зябухин, П.В. Сравнительный анализ функциональных моделей спортивной одаренности / П.В. Зябухин, В.В. Шаров, Д.Ю. Калугин // сборник статей XIV Международной научно-практической конференции «Развитие современной науки и образования: актуальные вопросы, достижения и инновации». – Пенза «МЦНС «Наука и Просвещение», 2025. – С. 109-111.
11. Двигательная активность как фактор развития юных спортсменов в период от 5 до 7 лет / Т.Ф. Абрамова, Т.В. Балабохина, Т.М. Никитина [и др.] // Человек. Спорт. Медицина. – 2025. – Т. 25. – № 4. – С. 38-46.
12. Шестаков, М.П. Динамика изменения структуры взаимосвязей когнитивных, морфологических и двигательных функций у детей 5-8 лет, занимающихся спортом / М.П. Шестаков, Т.Ф. Абрамова // Вестник спортивной науки. – 2026. – № 1. – С. 28-36.
13. Effects of Open versus Closed Skill Exercise on Cognitive Function: A Systematic Review / Q. Gu, L. Zou, P.D. Loprinzi [et al.] // Front. Psychol. – No. 10. – P. 1707. DOI: 10.3389/fpsyg.2019.01707.
14. Differences in inhibitory control and motor fitness in children practicing open and closed skill sports / D. Formenti, A. Trecroci, M. Duca [et al.] // Sci. Rep. – 2021. – No. 11. – P. 4033.
15. Qiu, C. Effects of Practicing Closed- vs. Open-Skill Exercises on Executive Functions in Indivi-duals with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) – A Meta-Analysis and Systematic Review / C. Qiu, Q. Zhai, S. Chen // Behav. Sci. – 2024. – No. 14. – P. 499. DOI: 10.3390/bs14060499.
16. Абрамова, Т.Ф. Лабильные компоненты массы тела – критерии общей физической

подготовленности и контроля текущей и долговременной адаптации к тренировочным нагрузкам: метод. рекомендации / Т.Ф. Абрамова, Т.М. Никитина, Н.И. Кочеткова. – М.: ООО «Скайпринт», 2013. – 132 с.
17. Белопольская, Н.Л. Исключение предметов (Четвертый лишний): Модифицированная психодиагностическая методика: Руководство по использованию / Н.Л. Белопольская. – М., 2009. – 53 с.
18. Веракса, А.Н. Индивидуальная психологическая диагностика дошкольника: Для занятий с детьми 5-7 лет / А.Н. Веракса – М.: МОЗАИКА-СИНТЕЗ, 2014. – 144 с.
19. Локалова, Н.П. 120 уроков психологического развития младших школьников (Психологическая программа развития когнитивной сферы учащихся I-IV классов) / Н.П. Локалова. – М.: «Ось-89», 2006. – 165 с.
20. Мантрова, И.Н. Методические руководство по психофизиологической и психологической диагностике / И.Н. Мантрова – Иваново: Нейрософт, 2007. – 211 с.
21. Рогов, Е.И. Настольная книга практического психолога в 2 ч. Часть 1. Система работы психолога с детьми разного возраста: практическое пособие / Е.И. Рогов. – М.: Издательство Юрайт, 2024. – 412 с.
22. Физиология роста и развития детей и подростков (теоретические и клинические вопросы): практическое руководство / под ред. А.А. Баранова, Л.А. Щеплягиной. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006. – Т. 1. – 432 с.

REFERENCES

1. Belcher B.R., Zink J., Azad A. et al. The Roles of Physical Activity, Exercise, and Fitness in Promoting Resilience during Adolescence: Effects on Mental Well-Being and Brain Development. *Biol Psychiatry Cogn Neurosci Neuroimaging*, 2021, vol. 6, no. 2, pp. 225-237. DOI: 10.1016/j.bpsc.2020.08.005.
2. Migueles J.H., Cadenas-Sanchez C., Esteban-Cornejo I. et al. Associations of objectively-assessed physical activity and sedentary time with hippocampal gray matter volume in children with overweight/obesity. *J. Clin. Med*, 2020, no. 9, pp. 1080-1095. DOI: 10.3390/jcm9041080.
3. Shi P., Tang Y., Zhang Z., Feng X., Li C. Effect of Physical Exercise in Real-World Settings on Executive Function of Typical Children and Adolescents: A Systematic Review. *Brain Sci*, 2022, vol. 12, no. 12, p. 1734. DOI: 10.3390/brainsci12121734.
4. Shi P., Feng X. Motor skills and cognitive benefits in children and adolescents: Relationship, mechanism and perspectives. *Front Psychol*, 2022, no. 13, P. 1017825. DOI: 10.3389/fpsyg.2022.1017825.
5. Vagnetti R., Cooper S., Carlevaro F. et al. Mapping relationships among gross motor skills in 16,989 children using network analysis. *Sci Rep*, 2025, vol. 15, no. 1, p. 11591. DOI: 10.1038/s41598-025-95924-9.
6. Ye M., Song T., Xia H., Hou Y., Chen A. Effects of aerobic exercise on executive function of healthy middle-aged and older adults: A systematic review and meta-analysis. *Int J Nurs Stud*, 2024, no. 160, p. 104912. DOI: 10.1016/j.ijnurstu.2024.104912.
7. Fundamentals of training in children and youth sports. Desk book of the coach. Moscow: “PRINT-LETO” LLC, 2023. 653 p. (in Russ.)
8. Timakova T.S. Factors of sports selection or who becomes an Olympic champion: a monograph. Moscow: Publishing house “Sport”, 2025. 288 p. (in Russ.)
9. Makarova E.A., Abrosimova E.B. Models of giftedness and psychological features of teaching music. *Bulletin of the Taganrog Institute of Management and Economics*, 2023, no. 3, pp. 89-94. (in Russ.)
10. Zyabukhin P.V., Sharov V.V., Kalugin D.Yu. Comparative Analysis of Functional Models of Sports Talent. Collection of articles from the XIV International Scientific and Practical Conference “Development of Modern Science and Education: Current Issues, Achievements, and Innovations”. Penza: “International Center of Scientific Cooperation “Science and Education”, 2025. pp. 109-111. (in Russ.)
11. Abramova T.F., Balabokhina T.V., Nikitina T.M. et al. Motor activity as a developmental factor in young athletes aged 5 to 7 years. *Human. Sport. Medicine*, 2025, vol. 25, no. 4, pp. 38-46. (in Russ.)
12. Shestakov M.P., Abramova T.F. Dynamics of changes in the structure of the relationship between cognitive, morphological and motor functions of children aged 58 involved in sports. *Sports Science Bulletin*, 2026, no. 1, pp. 28-36. (in Russ.)
13. Gu Q., Zou L., Loprinzi P.D., Quan M., Huang T. Effects of Open versus Closed Skill Exercise on Cognitive Function: A Systematic Review. *Front. Psychol*, no. 10, p. 1707. DOI: 10.3389/fpsyg.2019.01707.
14. Formenti D., Trecroci A., Duca M. et al. Differences in inhibitory control and motor fitness in children practicing open and closed skill sports. *Sci. Rep*, 2021, no. 11, p. 4033.
15. Qiu C., Zhai Q., Chen S. Effects of Practicing Closed- vs. Open-Skill Exercises on Executive Functions in Individuals with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) – A Meta-Analysis and Systematic Review. *Behav. Sci*, 2024, no. 14, p. 499. DOI: 10.3390/bs14060499.
16. Abramova T.F., Nikitina T.M., Kochetkova N.I. Labile components of body mass – criteria of general physical fitness and control of current and long-term adaptation to training activity: methodlogical guidelines. Moscow: LLC “Skyprint”, 2013. 132 p. (in Russ.)
17. Belopolskaya N.L. Exclusion of subjects (the fourth one out): a modified psychodiagnostic technique: guidelines to use. M., 2009. 53 p. (in Russ.)
18. Veraksa A.N. Individual psychological diagnosis of preschoolers: for classes with 5-7-year-old children. Moscow: Mozajka-Sintez, 2014. 144 p. (in Russ.)
19. Lokalova N.P. 120 lessons of psychological development of primary schoolchildren (psychological program for the development of the cognitive sphere of I-IV-grade students). Moscow: “Os-89”, 2006. 165 p. (in Russ.)

20. Mantrova I.N. Methodical guide to psychophysiological and psychological diagnosis. Ivanovo: Neurosoft, 2007. 211 p. (in Russ.)
21. Rogov E.I. Desk book of practical psychologist in 2 parts. Part 1. The system of psychologist's work with children of different ages: a practical manual. Moscow: Yurait Publishing House, 2024. 412 p. (in Russ.)
22. Physiology of growth and development of children and adolescents (theoretical and clinical issues): a practical guide. Baranov A.A., Scheplyagina L.A. ed. Moscow:GEOTARMedia,2006.Vol.1.432p.(inRuss.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Тамара Федоровна Абрамова – доктор биологических наук, начальник лаборатории проблем комплексного сопровождения спортивной подготовки и детско-юношеского спорта национального центра спорта, Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва, e-mail: abramova.t.f@vniifk.ru; ORCID: 0000-0002-5671-3806.
Татьяна Валентиновна Балабохина – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем комплексного сопровождения спортивной подготовки и детско-юношеского спорта национального центра спорта, Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва, e-mail: balabokhina.t.v@vniifk.ru; ORCID: 0009-0005-3728-3635.
Татьяна Михайловна Никитина – кандидат педагогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем комплексного сопровождения спортивной подготовки и детско-юношеского спорта национального центра спорта, Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва, e-mail: nikitina.t.m@vniifk.ru; ORCID: 0000-0002-6581-8052.
Анастасия Викторовна Полфунтикова – научный сотрудник лаборатории проблем комплексного сопровождения спортивной подготовки и детско-юношеского спорта национального центра спорта, Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва, e-mail: polfuntikova.a.v@vniifk.ru; ORCID: 0000-0003-2779-5045.
Наталья Митрофановна Якутович – младший научный сотрудник лаборатории проблем комплексного сопровождения спортивной подготовки и детско-юношеского спорта национального центра спорта, Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва, e-mail: yakutovich.n.m@vniifk.ru; ORCID: 0000-0003-2915-3134.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Tamara F. Abramova – Doctor of Biological Sciences, Head of the Laboratory for Complex Support of Sports Training and Youth Sports at the National Sports Center, Federal Scientific Center of Physical Culture and Sports, Moscow, e-mail: abramova.t.f@vniifk.ru; ORCID: 0000-0002-5671-3806.
Tatyana V. Balabokhina – Candidate of Biological Sciences, Lead Researcher of the Laboratory of Complex Support for Sports Training and Youth Sports at the National Sports Center, Federal Scientific Center of Physical Culture and Sports, Moscow, e-mail: balabokhina.t.v@vniifk.ru; ORCID: 0009-0005-3728-3635.
Tatyana M. Nikitina – Candidate of Pedagogical Sciences, Lead Researcher of the Laboratory of Complex Support for Sports Training and Youth Sports at the National Sports Center, Federal Scientific Center of Physical Culture and Sports, Moscow, e-mail: nikitina.t.m@vniifk.ru; ORCID: 0000-0002-6581-8052.
Anastasia V. Polfuntikova – Researcher of the Laboratory of Complex Support for Sports Training and Youth Sports at the National Sports Center, Federal Scientific Center of Physical Culture and Sports, Moscow, e-mail: polfuntikova.a.v@vniifk.ru; ORCID: 0000-0003-2779-5045.
Natalya M. Yakutovich – Junior Researcher of the Laboratory of Complex Support for Sports Training and Youth Sports at the National Sports Center, Federal Scientific Center of Physical Culture and Sports, Moscow, e-mail: yakutovich.n.m@vniifk.ru; ORCID: 0000-0003-2915-3134.

Для цитирования: Изменения структуры информативных показателей целостного развития детей младшего возраста в зависимости от периода онтогенеза и характера двигательной активности / Т.Ф. Абрамова, Т.В. Балабохина, Т.М. Никитина [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_29

For citation: Abramova T.F., Balabokhina T.V., Nikitina T.M., Polfuntikova A.V., Yakutovich N.M. Changes in the structure of informative indices of the integral development of young children depending on the ontogenesis period and the nature of motor activity. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_29

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_30
УДК 796.011.1

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_30
UDC 796.011.1

АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И СОМАТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ДЕТЕЙ 8-10 ЛЕТ Г. КРАСНОДАРА И Г. ЧУНЦИНА

Цзиньпэнь Ли[1], Г.Д. Алексанянц[1], О.А. Медведева[1], Чжэнхун Сюэ[2]
[1]Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», г. Краснодар, Россия
[2]Начальная школа «Шибань», г. Чунцин, Китай

Аннотация. ***Введение.*** Сравнительная оценка антропометрических показателей и соматических типов у детей 8-10 лет важна для обоснования подходов к физическому воспитанию. ***Методы.*** Обследованы 418 практически здоровых школьников 8-10 лет из г. Краснодара и из г. Чунцина. Измеряли длину и массу тела, рассчитывали показатели габаритного уровня варьирования и соматотипический показатель по методике Р.Н. Дорохова. Статистическую обработку проводили с использованием t-критерия Стьюдента. ***Результаты.*** Дети г. Краснодара достоверно превосходили школьников г. Чунцина по длине и массе тела ($p<0,001$). У детей г. Краснодара и г. Чунцина преобладали микромезосомный и мезосомный варианты соматотипа, однако у детей г. Краснодара еще выявлялся макросомный вариант. ***Заключение.*** У детей 8-10 лет г. Краснодара и г. Чунцина выявлены различия антропометрических показателей и структуры соматических типов, что следует учитывать при планировании занятий физической культурой.

Ключевые слова: антропометрические показатели, соматический тип, габаритный уровень варьирования, дети 8-10 лет, физическое воспитание.

ANTHROPOMETRIC INDICATORS AND SOMATIC TYPES OF 8-10-YEAR-OLD CHILDREN IN KRASNODAR AND CHONGQING

Jinpen Li[1], G.D. Aleksanyants[1], O.A. Medvedeva[1], Zhenghong Xue[2]
[1]Kuban State University of Physical Education, Sport and Tourism, Krasnodar, Russia
[2]Shiban Primary School, Chongqing, China

Abstract. ***Introduction.*** Comparative assessment of anthropometric indicators and somatic types in 8-10-year-old children is important for substantiating approaches to physical education. ***Methods.*** A total of 418 practically healthy schoolchildren aged 8-10 years from Krasnodar and Chongqing were examined. Body length and weight were measured, indicators of the dimensional level of variation were calculated as well as the somatotype indicator according to the method of R.n. Dorokhov. Statistical processing was performed using the Student's t-test. ***Results.*** Children from Krasnodar significantly surpassed schoolchildren from Chongqing in body length and weight ($p<0.001$). Micromesosomal and mesosomal somatotype variants predominated in children from Krasnodar and Chongqing, however, a macrosomal variant was also detected in children from Krasnodar. ***Conclusion.*** Differences in anthropometric indicators and somatic type structures were identified among 8- to 10-year-old children in Krasnodar and Chongqing. These differences should be considered when planning physical education classes.

Keywords: anthropometric indicators, somatic type, dimensional variation, 8-10-year-old children, physical education.

Введение. Оценка физического развития детей младшего школьного возраста сохраняет высокую актуальность для системы школьного физического воспитания [1], поскольку в 8-10 лет отмечаются значительные межиндивидуальные различия темпов роста и массы тела, что влияет на переносимость нагрузок и результаты занятий [2, 3]. В этих условиях возрастает потребность в типологическом подходе, позволяющем учитывать морфологические особенности ребенка при выборе средств и дозировании нагрузки.

Соматотипирование по габаритному уровню варьирования (ГУВ) и «треугольнику соматотипирования» (Р.Н. Дорохов) является практичным инструментом конституциональной диагностики растущего

организма и применяется для выделения основных и переходных соматотипов [1, 4].

Особый интерес представляет сопоставление антропометрических показателей и структуры соматотипов у детей г. Краснодара и г. Чунцина, проживающих в разных социокультурных и природно-климатических условиях [5, 6]. Это позволяет не только описать различия физического развития [7], но и обосновать соматотип-ориентированное планирование занятий физической культурой в начальной школе.

Цель исследования: выявить различия антропометрических показателей и структуры соматотипов по габаритному уровню варьирования у детей 8-10 лет г. Краснодара и г. Чунцина, а также обосновать соматотип-ориентированное планирование занятий физической культурой.

Методы и организация исследования. В исследовании приняли участие 418 школьников, возраст которых соответствовал периоду второго детства (8-10 лет). Выборку составили: 186 учащихся (40 мальчиков и 47 девочек) Муниципального общеобразовательного учреждения Гимназия №18 имени Героя Советского Союза Анатолия Березового и средней образовательной школы №35 (48 мальчиков и 51 девочка) г. Краснодара; 232 учащихся (121 мальчик и 111 девочек) начальной школы «Шибань» г. Чунцин.

Все обследуемые относились к основной медицинской группе, не имели хронических заболеваний и были допущены к занятиям физической культурой. Все измерения выполнялись в соответствии с едиными методическими рекомендациями, принятыми в Российской Федерации и Китайской Народной Республике, с соблюдением принципов биомедицинской этики.

Оценка ГУВ и соматотипирование (по Р.Н. Дорохову, 2002). Для оценки ГУВ измеряли: ДТ – длину тела (см), МТ – массу тела (кг).

Численный расчет выполняли по формуле:

$$A = (B - C) / D,$$

где A – искомая величина (усл.ед.); B – измеренное значение (ДТ или МТ); C и D – константы.

Константы определяли эмпирически по выборке (раздельно для подгрупп город × пол × возраст):

$$C = M - 5 \cdot \sigma; D = 10 \cdot \sigma,$$

где M – среднее значение признака; σ – стандартное отклонение.

Далее рассчитывали:

1) ГУВ длины тела

$$А_{ДТ} = (ДТ - С_{ДТ}) / D_{ДТ};$$

2) ГУВ массы тела

$$А_{МТ} = (МТ - С_{МТ}) / D_{МТ};$$

3) соматотипический показатель (усл. ед.)

$$СМТ = (А_{ДТ} + А_{МТ}) / 2.$$

Соматотип определяли по величине СМТ (усл. ед.): <0,199 – наносомный соматотип (НаС); 0,200-0,386 – микросомный соматотип (МиС); 0,387-0,466 – микромезосомный соматотип (МиМеС); 0,467-0,534 – мезосомный соматотип (МеС); 0,535-0,568 – мезомакросомный соматотип (МеМаС); 0,569-0,800 – макросомный соматотип (МаС); 0,801-1,000 – мегалосомный соматотип (МегС).

Статистическую обработку данных проводили с использованием t-критерия Стьюдента при сравнении показателей детей г. Краснодара и г. Чунцина. Для описания количественных данных с нормальным распределением использовались среднее арифметическое (M) и стандартное отклонение (σ), данные представлялись в формате M±σ.

Результаты исследования и их обсуждение. В исследование включены 418 практически здоровых детей 8-10 лет: 186 школьников г. Краснодара и 232 школьника г. Чунцина.

Антропометрические различия между детьми г. Краснодара и г. Чунцина. Сравнительный анализ показателей длины и массы тела выявил статистически значимые различия между детьми г. Краснодара и г. Чунцина. Средняя ДТ в г. Краснодаре составила 138,85±5,46 см, в г. Чунцине – 132,00±7,71 см ($p<0,001$). МТ также была выше у детей г. Краснодара (32,17±2,74 кг) по сравнению с детьми г. Чунцина (29,66±7,15 кг; $p<0,001$).

Возрастные особенности (8-10 лет). При раздельном анализе по возрастам преимущество показателей г. Краснодара сохранялось на каждом этапе (табл. 1). В 8 лет ДТ у детей г. Краснодара составила 132,76±2,32 см (n=67) против 125,83±5,34 см (n=72) в г. Чунцине ($p<0,001$); МТ – 29,26±1,28 кг против 26,21±5,98 кг ($p<0,001$). ДТ в 9 лет – 139,86±2,01 см (n=62) против

132,62±5,79 см (n=79), p<0,001; МТ – 32,74±1,44 кг против 29,47±5,54 кг, p<0,001. В 10 лет ДТ: 144,91±2,19 см (n=57) против 136,88±7,39 см (n=81), p<0,001; МТ: 34,98±1,42 кг против 32,90±8,03 кг, p<0,05. Следовательно, к 10 годам различия по длине тела остаются высокими, тогда как различия по массе тела сохраняются, но сопровождаются большей вариативностью показателя в г. Чунцине.

Таблица 1

Возрастная динамика физического развития детей г. Краснодара и г. Чунцина (8-10 лет), M±σ

Возраст, лет	Показатель	г. Краснодар	г. Чунцин	p<
8	ДТ, см	132,76±2,32 (n=67)	125,83±5,34 (n=72)	0,001
	МТ, кг	29,26±1,28 (n=67)	26,21±5,98 (n=72)	0,001
9	ДТ, см	139,86±2,01 (n=62)	132,62±5,79 (n=79)	0,001
	МТ, кг	32,74±1,44 (n=62)	29,47±5,54 (n=79)	0,001
10	ДТ, см	144,91±2,19 (n=57)	136,88±7,39 (n=81)	0,001
	МТ, кг	34,98±1,42 (n=57)	32,90±8,03 (n=81)	0,05

Примечание: ДТ – длина тела; МТ – масса тела.

Соматотипирование по методу треугольника соматотипов (ГУВ). Для стандартизации ДТ и МТ в условные единицы и последующего отнесения к соматотипам по ГУВ были рассчитаны константы C и D отдельно по полу, возрасту и городу (табл. 2). Полученные константы отражают неоднородность антропометрических параметров у детей г. Краснодара и г. Чунцина и обеспечивают сопоставимость распределений соматотипов в возрасте 8-10 лет.

Таблица 2

Стандартизация антропометрических показателей по методу треугольника соматотипов – расчет констант для г. Краснодара и г. Чунцина

Возраст, пол, кол-во		ДТ, см M±σ	МТ, кг M±σ	ДТ C	ДТ D	МТ C	МТ D
г. Краснодар							
М	8 лет (n=33)	134,56±1,63	30,18±0,97	126,42	16,28	25,32	9,73
	9 лет (n=29)	140,63±1,50	33,10±1,25	133,12	15,03	26,84	12,52
	10 лет (n=27)	143,89±2,05	35,54±1,39	133,65	20,49	28,61	13,85
Д	8 лет (n=34)	131,02±1,35	28,37±0,84	124,29	13,46	24,17	8,40
	9 лет (n=33)	139,19±2,17	32,42±1,54	128,32	21,74	24,70	15,45
	10 лет (n=30)	145,82±1,92	34,48±1,26	136,24	19,16	28,15	12,65
г. Чунцин							
М	8 лет (n=38)	126,03±5,64	26,94±6,41	97,85	56,35	-5,10	64,08
	9 лет (n=41)	133,27±5,95	29,67±4,57	103,50	59,54	6,82	45,71
	10 лет (n=42)	135,90±8,13	32,30±9,24	95,26	81,29	-13,89	92,37
Д	8 лет (n=34)	125,60±5,06	25,39±5,43	100,28	50,64	-1,77	54,33
	9 лет (n=38)	131,92±5,61	29,26±6,47	103,89	56,07	-3,11	64,74
	10 лет (n=39)	137,92±6,45	33,55±6,55	105,67	64,51	0,78	65,54

Примечание: ДТ – длина тела; МТ – масса тела; C – константа, рассчитанная по формуле C = M − 5·σ; D – константа, рассчитанная по формуле D = 10·σ; Д – девочки; М – мальчики.

Распределение по методу треугольника соматотипов демонстрирует, что у детей г. Краснодара и г. Чунцина наиболее часто встречаются промежуточные и средние типы (МиМеС и МеС), тогда как крайние варианты (НаС) отсутствуют, а мегалосомный вариант (МегС) выявляется эпизодически (табл. 3).

Таблица 3

Распределение типов телосложения по методу треугольника соматотипов – сравнительный анализ г. Краснодара и г. Чунцина (8-10 лет)

г. Краснодар – Мальчики								г. Чунцин – Мальчики							
Лет	НаС	МиС	МиМеС	МеС	МеМаС	МаС	МегС	Лет	НаС	МиС	МиМеС	МеС	МеМаС	МаС	МегС
8	–	15,2%	24,2%	21,2%	6,1%	33,3%	–	8	–	5,3%	31,6%	31,6%	7,9%	23,6%	–
9	–	17,2%	17,2%	24,2%	17,2%	24,2%	–	9	–	7,3%	34,1%	26,8%	17,2%	14,6%	–
10	–	11,1%	33,3%	18,5%	7,5%	29,6%	–	10	–	2,4%	38,1%	28,5%	11,9%	16,7%	2,4%
г. Краснодар – Девочки								г. Чунцин – Девочки							
Лет	НаС	МиС	МиМеС	МеС	МеМаС	МаС	МегС	Лет	НаС	МиС	МиМеС	МеС	МеМаС	МаС	МегС
8	–	14,7%	26,5%	26,4%	5,9%	26,5%	–	8	–	5,9%	29,4%	29,4%	17,7%	17,6%	–
9	–	15,2%	24,2%	21,2%	9,1%	30,3%	–	9	–	7,9%	28,9%	39,5%	5,3%	18,4%	–
10	–	13,3%	30,0%	20,0%	3,4%	33,3%	–	10	–	7,7%	33,4%	25,6%	12,8%	20,5%	–

Примечание: НаС – наносомный соматотип; МиС – микросомный соматотип; МиМеС – микромезосомный соматотип; МеС – мезосомный соматотип; МеМаС – мезомакросомный соматотип; МаС – макросомный соматотип; МегС – мегалосомный соматотип.

Детализация по полу и возрасту. У мальчиков г. Краснодара доля макросомного типа (МаС) была высокой в 8-10 лет (33,3%, 24,2% и 29,6% соответственно), при заметной представленности МиМеС (24,2%, 17,2%, 33,3%) и МеС (21,2%, 24,2%, 18,5%). У мальчиков г. Чунцина доминировали МиМеС (31,6%, 34,1%, 38,1%) и МеС (31,6%, 26,8%, 28,5%), тогда как доля МаС была ниже (23,6%, 14,6%, 16,7%); единичные случаи МегС отмечены только в 10 лет (2,4%). У девочек г. Краснодара с возрастом увеличивалась доля МаС (26,5%, 30,3%, 33,3%) при стабильной представленности МиМеС (26,5%, 24,2%, 30,0%) и МеС (26,4%, 21,2%, 20,0%). У девочек г. Чунцина ведущими оставались МиМеС (29,4%, 28,9%, 33,4%) и МеС (29,4%, 39,5%, 25,6%), а МаС колебался в диапазоне 17,6-20,5% (табл. 3).

Наблюдаемые различия у детей г. Краснодара и г. Чунцина по антропометрическим показателям и структуре соматотипов, вероятнее всего, имеют многофакторную природу. На морфологическое развитие детей младшего школьного возраста могут влиять особенности повседневной двигательной активности, пищевого поведения и режима дня, а также городская среда и образовательная нагрузка, включая время, проводимое в сидячих видах деятельности. При этом следует учитывать, что даже при едином возрастном диапазоне определенную роль могут играть и организационные особенности исследования: число обследованных детей, распределение по полу и возрасту внутри каждого города, а также возможные различия в условиях измерений и стандартизации процедур.

Важно подчеркнуть, что представленные данные отражают различия у детей 8-10 лет, то есть характеризуют возрастные особенности обследованных детей, а не индивидуальные траектории изменения соматотипа у одного ребенка. Поэтому интерпретация причин должна оставаться осторожной, а для подтверждения выявленных закономерностей целесообразно расширить набор показателей, включая компонентный состав тела, функциональные тесты и сведения о режиме двигательной активности, и при возможности использовать продольный дизайн.

Выявленные различия в структуре соматотипов у детей г. Краснодара и г. Чунцина имеют прямое практическое значение для проектирования занятий физической культурой. В связи с этим ниже представлены соматотип-специфические модули, которые могут быть использованы в структуре урока и/или дополнительных занятий у детей 8-10 лет (табл. 4).

Представленные рекомендации носят методический характер и предназначены для планирования уроков физической культуры и дополнительных занятий у практически здоровых детей 8-10 лет; они не заменяют индивидуальную медицинскую оценку и должны применяться с учетом состояния здоровья и переносимости нагрузки.

Таблица 4

Методические рекомендации по планированию занятий физической культурой с учетом соматотипа [8-11]

Тип соматотипа	Приоритет	Рекомендовано	Ограничить / контролировать
МиС	Преимущественное развитие **быстроты, ловкости и темпо-ритмической координации**.	Кратковременные скоростные упражнения, реактивные старты, эстафетные формы, задания на пространственную ориентировку, равновесие и ритм; силовые средства преимущественно с массой собственного тела и в координационно-сложных режимах.	Ограничить значительные внешние отягощения и длительные монотонные нагрузки; осуществлять контроль точности двигательного действия в условиях высокого темпа и нарастающего локального утомления.
МиМеС	**Координационно-скоростная направленность** при умеренном включении средств общей выносливости; перераспределение акцентов должно носить **градиентный** характер в зависимости от близости к МиС- или МеС-полюсу.	Комбинированные упражнения умеренной мощности, координационные эстафеты, переменные игровые режимы, задания на ритм, равновесие и ориентировку, поддерживающие средства развития подвижности.	Ограничить преждевременное смещение в сторону выраженной силовой специализации и избыточных ударных нагрузок; контролировать устойчивость техники, темпо-ритмическую согласованность и сохранение координационной структуры движения при утомлении.
МеС	Приоритетное развитие **координационных способностей** как ведущего качества при обязательной компенсации дефицита гибкости.	Упражнения на равновесие, вестибулярную устойчивость, пространственную ориентировку, ритмическую перестройку движений, вариативные прыжковые задания; систематическое включение средств развития подвижности плечевого пояса, позвоночника и тазобедренных суставов.	Ограничить одностороннюю растягивающую направленность и низкокоординационный однообразный режим; контролировать динамику гибкости, точность выполнения сложных двигательных действий и устойчивость техники в условиях утомления.
МеМаС	**Смешанная координационно-функциональная направленность** с постепенным возрастанием роли подвижности по мере приближения к макросоматическому полюсу.	Среднесложные координационные задания, дозированные циклические нагрузки, упражнения на суставную подвижность, облегченные скоростно-силовые элементы, задания на технику изменения направления движения и устойчивость при приземлении.	Ограничить чрезмерную плотность сложнокоординационной работы, выполняемой на фоне выраженного утомления, а также избыточный объем ударно-прыжковых воздействий; контролировать технику торможения, смены направления движения и симметрию двигательного акта.
МаС	Приоритетное развитие **гибкости и суставной подвижности** при обязательной компенсации координационного дефицита.	Средства развития подвижности позвоночника, плечевого пояса и тазобедренных суставов, дозированные упражнения на равновесие, ритм и координацию в простых и среднесложных режимах, низкоударные формы общей двигательной активности.	Ограничить высокотемповые сложнокоординационные серии, особенно на фоне утомления; осуществлять контроль точности координационных действий, качества приземления, устойчивости равновесия и сохранения амплитуды движений.
МегС	**Щадяще-компенсаторная направленность**: развитие общей функциональной работоспособности, безопасной подвижности, простой координации и низкоударной аэробной деятельности.	Дозированная ходьба и беговые интервалы щадящего характера, упражнения на равновесие и постуральную устойчивость, средства развития подвижности крупных суставных звеньев, координационные задания низкой и средней сложности.	Ограничить высокий ударный объем, многократные резкие торможения, высокотемповые сложнокоординационные комбинации; контролировать восстановление, переносимость нагрузки опорно-двигательным аппаратом и стабильность двигательного рисунка.

Примечание: МиС – микросомный соматотип; МиМеС – микромезосомный соматотип; МеС – мезосомный соматотип; МеМаС – мезомакросомный соматотип; МаС – макросомный соматотип; МегС – мегалосомный соматотип.

Заключение. У детей 8-10 лет г. Краснодара показатели длины и массы тела статистически значимо выше, чем у школьников г. Чунцина. В целом длина тела составила 138,85±5,46 см против 132,00±7,71 см, масса тела – 32,17±2,74 кг против 29,66±7,15 кг соответственно ($p<0,001$).

У детей 8-10 лет г. Краснодара и г. Чунцина преобладают промежуточные и средние соматотипы – МиМеС и МеС. Тип НаС не выявлен, мегалосомный вариант отмечен единично.

У школьников г. Краснодара доля МаС выше при значительной представленности МиМеС и МеС. У школьников г. Чунцина чаще встречаются МиМеС и МеС, тогда как доля МаС ниже.

Выявленные различия по антропометрическим показателям и структуре соматотипов обосновывают необходимость соматотип-ориентированного планирования занятий физической культурой у детей 8-10 лет с учетом морфологических особенностей и дифференцированного дозирования нагрузки.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Спортивная морфология: учебно-методическое пособие / Г.Д. Алексанянц, В.В. Абушкевич, Д.Б. Тлехас [и др.]. – Краснодар: КГУФКСТ, 2004. – 107 с.
2. Лукина, С.Ф. Антропометрические особенности морфологического развития детей 8-10 лет с различными вариантами соматической конституции / С.Ф. Лукина, И.С. Чуб, А.П. Репина // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. 19. – № 4. – С. 195-199.
3. Лян, Сянли. Значение регулярного мониторинга индекса массы тела и тестирования минеральной плотности костей в физическом развитии и охране здоровья детей / Сянли Лян // Сычуаньский журнал анатомии. – 2020. – Т. 28. – № 4. – С. 18-19.
4. Дорохов, Р.Н. Спортивная морфология: учебное пособие для высших и средних специальных учебных заведений физической культуры / Р.Н. Дорохов, В.П. Губа. – М.: Спорт-АкадемПресс, 2002. – 236 с.
5. Региональные особенности соматотипов здоровых детей – жителей юга России в возрасте от 3 до 15 лет / М.Г. Лукашевич, Е.Е. Маковкина, Н.Г. Абаева [и др.] // Журнал фундаментальной медицины и биологии. – 2014. – № 1. – С. 37-40.
6. Соколов, В.В. Соматотипы и вариант развития у детей периода второго детства – жителей Юга России / В.В. Соколов, Е.В. Чаплыгина, Н.Г. Соколова // Вестник ВолГМУ. – 2006. – № 1. – С. 59-62.
7. Кэ, Лихуа. Изучение физического развития детей и факторов, влияющих на него / Лихуа Кэ // Китайский медицинский гид. – 2023. – Т. 21. – № 33. – С. 117-119. DOI: 10.15912/j.cnki.gocm.2023.33.021.
8. Сайкина, Е.Г. Оптимизация развития координационных способностей и гибкости на занятиях фитнесом у детей младшего школьного возраста с разным типом телосложения / Е.Г. Сайкина, Е.Н. Комиссарова, Ю.В. Смирнова // Современные проблемы науки и образования. – 2021. – № 6. DOI: 10.17513/spno.31226.
9. Губа, В.П. Основы спортивной подготовки: методы оценки и прогнозирования (морфобиомеханический подход) : научно-методич. пособие / В.П. Губа. – М.: Советский спорт, 2012. – 384 с.
10. Шурпач, М.В. Развитие координационных способностей и гибкости у детей 7-8 лет с учетом типа телосложения на уроках физической культуры : дисс. ... канд. пед. наук : 13.00.04 / Мария Владимировна Шурпач. – Санкт-Петербург, 2012. – 203 с.
11. Алагизов, А.В. Соматический тип как основа дифференцированного подхода к тренировочному процессу детей 10-11 лет, занимающихся зимним полиатлоном / А.В. Алагизов // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2011. – Т. 99. – № 7. – С. 103-107.

REFERENCES

1. Aleksanyants G.D., Abushkevich V.V., Tlekhas D.B. et al. Sports morphology: a learning guide. Krasnodar: Kuban State University of Physical Education, Sport and Tourism, 2004. 107 p. (in Russ.)
2. Lukina S.F., Chub I.S., Repina A.P. The anthropometric features of morphophysical development in the 8-10 year-old children with different somatotypes. *Journal of new medical technologies*, 2012, vol. 19, no. 4, pp. 195-199. (in Russ.)

3. Liang Xiangli. The Importance of Regular Monitoring of Body Mass Index and Bone Mineral Density Testing in Children's Physical Development and Health Protection. *Sichuan Journal of Anatomy*, 2020, vol. 28, no. 4, pp. 18-19. (in Chinese)
4. Dorokhov R.n., Guba V.P. Sports Morphology: a textbook for higher and secondary specialized educational institutions of physical education. Moscow: SportAkademPress, 2002. 236 p. (in Russ.)
5. Lukashevich M.G., Makovkina E.E., Abaeva n.G., Khatuntseva L.A., Abaeva A.E. Regional somatotype features of healthy children – inhabitants of the south of Russia aged from 3 till 15 years. *Journal of Fundamental Medicine and Biology*, 2014, no. 1, pp. 37-40. (in Russ.)
6. Sokolov V.V., Chaplygina E.V., Sokolova n.G. Somatotypes and variants of development of children in the second childhood period among citizens of southern Russia. *Bulletin of VolGMU*, 2006, no. 1, pp. 59-62. (in Russ.)
7. Ke Lihua. Study of children's physical development and factors influencing it. *Chinese medical guide*, 2023, vol. 21, no. 33, pp. 117119. DOI: 10.15912/j.cnki.gocm.2023.33.021. (in Chinese)
8. Saikina E.G., Komissarova E.n., Smirnova Yu.V. Optimization of development of coordination abilities and flexibility in fitness classes for young school age children with different body types. *Modern Problems of Science and Education*, 2021, no. 6. DOI: 10.17513/spno.31226. (in Russ.)
9. Guba V.P. Fundamentals of sports training: methods of assessment and forecasting (morpho-biomechanical approach): a scientific and methodological manual. Moscow: Sovetskij Sport, 2012. 384 p. (in Russ.)
10. Shurpach M.V. Development of coordination skills and flexibility in children aged 7-8 years taking into account their body type in physical education lessons: an author's dissertation. Saint Petersburg, 2012. 203 p. (in Russ.)
11. Alagizov A.V. Somatic type as base of differential approach to training process of 10–11 year old children learning winter polyathlon. *Tambov University Review. Series: Humanities*, 2011, vol. 99, no. 7, pp. 103-107. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Цзиньпэнь Ли – аспирант кафедры анатомии и спортивной медицины (Китайская Народная Республика), Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар, e-mail: jinpen@163.com, ORCID: 0009-0005-7122-6909.
Гайк Дереникович Алексанянц – доктор медицинских наук, профессор, проректор по научно-исследовательской работе, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар, e-mail: alexanyanc@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3504-9483.
Олеся Андреевна Медведева – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры анатомии и спортивной медицины, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар, e-mail: medvedeva-ol.an@mail.ru, ORCID: 0000-0002-0361-6666.
Чжэнхун Сюэ – директор школы, Начальная школа «Шибань», Чунцин, Китай, e-mail: 2801131807@qq.com, ORCID: 0009-0005-6469-0973.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Jinpen Li – Postgraduate Student of the Department of Anatomy and Sports Medicine (People's Republic of China), Kuban State University of Physical Education, Sport and Tourism, Krasnodar, e-mail: jinpen@163.com, ORCID: 0009-0005-7122-6909.
Gajk D. Aleksanyants – Doctor of Medical Sciences, Professor, Vice-Rector for Research, Kuban State University of Physical Education, Sport and Tourism, Krasnodar, e-mail: alexanyanc@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3504-9483.
Olesya A. Medvedeva – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Anatomy and Sports Medicine, Kuban State University of Physical Education, Sport and Tourism, Krasnodar, e-mail: medvedeva-ol.an@mail.ru, ORCID: 0000-0002-0361-6666.
Zhenghong Xue – School Director, Shiban Primary School, Chongqing, China, e-mail: 2801131807@qq.com, ORCID: 0009-0005-6469-0973.

Для цитирования: Антропометрические показатели и соматические типы детей 8-10 лет г. Краснодара и г. Чунцина / Ли Цзиньпэнь, Г.Д. Алексанянц, О.А. Медведева, Чжэнхун Сюэ // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_30

For citation: Jinpen Li, Aleksanyants G.D., Medvedeva O.A., Xue Zhenghong. Anthropometric indicators and somatic types of 8-10-year-old children in Krasnodar and Chongqing. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_30

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_31
УДК 796.03

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_31
UDC 796.03

ФОРМИРОВАНИЕ ВОЛЕВОЙ СФЕРЫ ЛИЧНОСТИ МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ В ПРОЦЕССЕ ЗАНЯТИЙ СПОРТОМ

В.А. Александров, Г.Л. Драндров, С.Г. Константинова
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева», г. Чебоксары, Россия

Аннотация. Введение. Цель исследования – раскрыть особенности развития волевой сферы личности в младшем школьном возрасте и определить психолого-педагогические условия ее формирования в процессе спортивной деятельности. ***Методы:*** анализ и обобщение материалов научных исследований, представленных в монографиях, научных статьях и научных докладах на научно-практических конференциях. Поиск научной информации проводился в базах Российского индекса научного цитирования, Киберленинка, Researchgate и Академия Google. ***Результаты.*** Волевая сфера личности в младшем школьном возрасте проявляется при выполнении физических упражнений на фоне усталости, концентрации и удержания внимания и активности, самоконтроле и саморегуляции действий и поступков в процессе спортивной деятельности. ***Заключение.*** Реализация комплекса психолого-педагогических условий организации спортивной деятельности обеспечивает формирование волевой сферы личности младших школьников.

Ключевые слова: волевая сфера личности, младшие школьники, спорт, внимание, саморегуляция, самоконтроль, усталость, дисциплина.

FORMATION OF THE VOLITIONAL SPHERE OF PERSONALITY IN PRIMARY SCHOOL CHILDREN IN THE PROCESS OF SPORTS ACTIVITY

V.A. Aleksandrov, G.L. Drandrov, S.G. Konstantinova
Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The aim of the study is to reveal the peculiarities of the development of the volitional sphere of personality in primary school age and to determine the psychological and pedagogical conditions for its formation in the process of sports activity. ***Methods.*** The research methods included analysis and generalization of materials from scientific studies presented in monographs, scientific articles, and scientific reports from scientific and practical conferences. The search for the information was conducted in the Russian Science Citation Index, CyberLeninka, Researchgate, and Google Scholar databases. ***Results.*** The volitional sphere of personality in primary school age manifests itself during physical exercise performed against a background of fatigue, in the concentration and maintenance of attention and activity, in self-control and self-regulation of actions and behaviors in the process of sports activity. ***Conclusion.*** The implementation of a number of psychological and pedagogical conditions for organizing sports activities ensures the formation of the volitional sphere of personality in primary school children.

Keywords: volitional sphere of personality, primary school children, sports, attention, self-regulation, self-control, fatigue, discipline.

Введение. Законодательные и программно-нормативные документы [1, 2] определяют необходимость формирования волевой сферы личности в младшем школьном возрасте. Педагогическая практика и материалы научных исследований свидетельствуют о высоком воспитательном потенциале спортивной деятельности [3-5] в формировании у детей настойчивости, самостоятельности, дисциплинированности, ответственности и организованности.

Наблюдаемая в современных условиях тенденция повышения относительной доли детей, отстающих в развитии волевой сферы, ведет к снижению успешности адаптации и социального функционирования. По данным Росстата, в 2022 году около 25% школьников испытывали трудности в

проявлении волевых качеств, таких как саморегуляция и настойчивость. Статистика говорит о необходимости развития волевой сферы у младших школьников. Рязанцев И.В., Рязанцева Ю.В., Морозова Е.Н [6], а также Н.М. Гладкова [7] отмечают важность комплексного подхода к развитию воли в младшем школьном возрасте.

Эффективным средством решения этой задачи выступает вовлечение детей в систематические занятия спортом. По данным Всемирной организации здоровья, регулярная физическая активность способствует формированию у детей элементов волевого поведения [8].

В научных работах подчеркивается необходимость разработки и внедрения инновационных педагогических технологий развития воли в процессе спортивных занятий как фактора повышения личностных ресурсов ребенка и его успешной социализации [9-11].

Сложившаяся ситуация обусловливает научную актуальность проблемы нашего исследования, заключающейся в поиске педагогических условий, которые могли бы обеспечить повышение эффективности формирования волевой сферы младших школьников в процессе занятий спортом.

Цель исследования: определить педагогические условия, которые обеспечивают повышение эффективности формирования волевой сферы младших школьников в процессе спортивной деятельности.

Задачи исследования:

1) Проанализировать особенности развития значимых для спортивной деятельности волевых качеств в младшем школьном возрасте.

2) Определить комплекс психолого-педагогических условий формирования волевой сферы младших школьников в процессе спортивной деятельности.

Методы и организация исследования. Для достижения цели и решения задач исследования используются материалы современных научных исследований (научных статей, монографий, научных докладов), выполненных в исследуемой предметной области. В качестве основных методов применялись анализ, обобщение и систематизация современных психологических знаний в сфере детско-юношеского спорта.

Результаты исследования и их обсуждение. Воля определяется как свойство личности, побуждающее человека действовать в направлении осознаваемой личностно-значимой цели, преодолевая внутренние и внешние препятствия. Самоуправление организацией психических функций, по мнению Рубахина Е.Е [12], является высшим и наиболее сложным системным проявлением воли. Это означает способность создавать и поддерживать функциональную организацию деятельности в соответствии с ее целью и условиями деятельности с минимальными затратами усилий.

Артемова Л.В. выделяет следующие существенные характеристики воли [13]:

1) интенсивность, динамическая сила и энергия, которые определяются сложностью достижения цели;

2) дисциплина, контроль и мастерство, подчеркивающие регулирование и контроль других психических функций;

3) внимание, сосредоточенность и концентрация, особенно важные в случае, если объект воздействия и задача не привлекательны;

4) быстрота, решительность и проворность, проявляющиеся в принятии решений;

5) терпение, стойкость и настойчивость;

6) интеграция организации – в этом случае воля действует как ключевой фактор объединения различных ресурсов, необходимых для достижения цели;

7) воодушевление на действия – азартная инициатива, стремление к приключениям и риску.

С учетом качественного своеобразия трудностей и препятствий, с которыми сталкивается человек при осуществлении спортивной деятельности, выделяются следующие волевые качества [14]:

1) Целеустремленность – способность ставить перед собой амбициозные цели и упорно двигаться к их реализации, преодолевая возникающие препятствия и трудности, сосредоточив свои эмоции, мысли, действия и поступки на достижении поставленных целей. Частным, ситуативным проявлением целеустремленности в младшем школьном возрасте выступает выделяемая Габреляном З.А., Сидоровым Р.В. [15]

способность к концентрации и удержанию внимания спортсмена на текущей соревновательной задаче. Авторами говорится, что концентрация помогает юным спортсменам лучше контролировать свои реакции, снижать влияние посторонних раздражителей и повышать эффективность выполнения движений. Авторы отмечают, что развитие концентрации внимания способствует увеличению точности, скорости реакции и снижению ошибок во время соревнований;

2) Смелость и решительность – способность вовремя и со знанием дела принимать решения;

3) Настойчивость и упорство – способность многократно справляться с препятствиями трудностями и постоянно стремиться к своим целям в самых разных условиях;

4) Выдержка и самообладание – способность контролировать свои эмоции и мысли, действия и поступки. Это позволяет ему принимать обоснованные решения и управлять своим поведением для достижения высоких результатов. Филипченко С.Н., Маториным Д.О. подчеркивается важность владения навыками самоконтроля для достижения высоких соревновательных результатов, формирования характера и развития личности юных спортсменов в целом [16];

5) Самостоятельность и инициатива – способность принимать решения и начинать действовать относительно независимо от влияния извне;

6) Дисциплинированность – способность подчинять свои действия нормам учебно-тренировочного процесса и правилам соревнований.

По мнению Илюшечкиной Л.А. [4], для развития волевой сферы в виде переживания усталости, как внутренней, так и внешней, нужно требовать от детей продолжать выполнение упражнения. Например, в некоторых видах спорта, таких как силовые виды или бег на длинные дистанции, следует побуждать детей продолжать действия несмотря на накопившееся физическое и психическое утомление.

Также в статье Филипченко С.Н., Маторина Д.О. [16] представлены рекомендации, направленные на развитие произвольного внимания и способности к его концентрации у юных спортсменов:

1) применение методов тренировочных упражнений для развития произвольного внимания;

2) использование методов психической концентрации;

3) интеграция физических упражнений с ментальной нагрузкой;

4) постепенное увеличение сложности заданий;

5) использование игр и упражнений, вызывающих интерес;

6) развитие внутренней мотивации.

Бунеева Е.А [11] предлагает для развития способности к концентрации внимания и самоконтролю применять:

1) игровые задания, которые требуют от детей соблюдения определенных условий или правил при выполнении последовательности различных задач или одновременном решении двух-трех задач;

2) задания по выполнению последовательных движений по образцу;

3) задания по выполнению упражнений с постепенным усложнением условий и временными ограничениями.

Использование визуальных и тактильных стимулов помогает юным спортсменам сосредоточить внимание на значимых аспектах, регулирующих процесс решения конкретных двигательных задач.

Иванов А.А. [17] предлагает начинать обучение детей приемам психической саморегуляции с младшего школьного возраста. Самоприказ как стимул для действий и усилий играет ключевую роль в организации спортивной деятельности. Самовнушение, основанное на словах и установках, помогает преодолевать робость и недомогание. Самопринуждение тоже имеет свое место, особенно в работе с юными спортсменами. Самоодобрение позволяет анализировать свои действия, поощрять их и чувствовать удовлетворение даже без похвалы извне. Автор рекомендует включать юных спортсменов в самонаблюдение, направленное на анализ своего физического и психического состояния, самооценку настроения, самочувствия и желания тренироваться и участвовать в соревнованиях.

Владение приемами саморегуляции является предпосылкой формирования способности к самоуправлению, которая является ключевым элементом формирования

личности спортсмена в молодом возрасте. Наряду со способностью к целеполаганию она предполагает развиваемые в детском и подростковом возрасте способности контролировать свои действия и регулировать свое поведение и деятельность при занятиях спортом.

Киселева М.В., Соколова А.Е. [18] предлагают динамическую систему тренировки, в рамках которой осуществляется последовательное и планомерное развитие навыков самоконтроля и дисциплины у школьников. Ее суть состоит в постепенном усложнении условий выполнения упражнений, что помогает закреплять навыки саморегуляции. В рамках этой системы используется подкрепление достигнутых успехов. Это способствует формированию у юных спортсменов ответственности за свои действия и развитие внутренней мотивации. К основным психолого-педагогическим условиям построения динамической системы тренировки авторы относят: постепенное усложнение условий; постоянный мониторинг и самоконтроль; мотивация и подкрепление положительных результатов; индивидуальный подход; регулярность занятий; самостоятельность действий и деятельности.

Исследователями также предлагается использовать коллективные формы организации тренировочной деятельности, сочетать в структуре занятий групповые и индивидуальные упражнения, уделять внимание формированию внутренней мотивации, постепенно усложнять задания.

Для обучения молодых спортсменов навыкам самоконтроля рекомендуется организовывать выполнение упражнений в парах с обратной связью [19]. Не менее значимо, по мнению авторов, внедрение еженедельника в практику молодых спортсменов, что считается неотъемлемым атрибутом будущих победителей. Эффективность обучения самоконтролю зависит от постоянного обеспечения спортсменов значимой для них информацией оценочного характера. К базовым приемам самоконтроля автор относит навыки управления стрессом, концентрацию внимания, управление эмоциями и визуализации.

В статье Мезинова В.Н., Карякина Р.Е. [20] подчеркивается, что соревнования создают условия для формирования у детей навыков управления своими эмоциями, деятельностью и поведением в условиях высокого эмоционального напряжения и ответственности. Особое внимание авторы уделяют использованию соревновательных методов, при которых участники получают четкие инструкции, правила и критерии оценки. Эти меры помогают снизить при регуляции соревновательной деятельности уровень неопределенности и стрессовых факторов. Исследователи рекомендуют внедрение тренировочных игр и ситуаций с постепенным усложнением, позволяющих участникам учиться регулировать свои реакции на стрессовые ситуации, развивая устойчивость и концентрацию. Эффективным считается применение методов самооценки и рефлексии после соревнований, что помогает участникам осознавать свои достижения и выявлять области для улучшения. Важным аспектом является создание психологически комфортной среды – атмосферы доверия и поддержки, что повышает внутреннюю мотивацию и способствует развитию навыков саморегуляции.

Заключение. Волевая сфера личности младших школьников проявляется в процессе сознательного преодоления следующих трудностей: выполнение физических упражнений в состоянии утомления на фоне переживания усталости; концентрация и удержание внимания и активности на текущей эмоционально непривлекательной двигательной задаче; самоконтроль и саморегуляция действий и поступков в процессе спортивной деятельности.

Формирование волевой сферы личности младших школьников в процессе спортивной деятельности осуществляется посредством реализации комплекса следующих психолого-педагогических условий:

1) требование продолжения действия несмотря на накопившееся физическое и психическое утомление;

2) применение координационно-сложных тренировочных упражнений с ментальной нагрузкой, требующих сосредоточения произвольного внимания;

3) развитие внутренней мотивации через использование игр и упражнений, вызывающих интерес;

4) игровые задания, требующие выполнения определенных правил при последовательном или одновременном выполнении двух-трех задач;

5) обучение детей приемам самооценки (состояния, самочувствия, настроения, желания тренироваться), психической саморегуляции (самоприказ, самовнушение, самопринуждение, самоодобрение);

6) постепенное усложнение условий самостоятельно выполняемых упражнений с подкреплением достигнутых успехов;

7) постоянный мониторинг и самоконтроль достигаемых результатов;

8) самостоятельность действий и деятельности;

9) коллективные формы организации тренировочной деятельности;

10) постоянное обеспечение значимой информацией оценочного характера;

11) использование соревновательных упражнений, регулируемых четкими инструкциями, правилами и критериями оценивания.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of Interest. The authors declare no conflicts of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный государственный образовательный стандарт общего образования. URL: https://base.garant.ru/401433920/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/ (дата обращения: 27.01.2026).
2. Федеральный закон РФ «Об образовании в Российской Федерации» (№ 273-ФЗ от 29 декабря 2012 г.) // Российская газета. – 2012. – № 300. – Ст. 3.
3. Дзвоник, В.П. Развитие волевых качеств личности юных футболистов в тренировочном процессе / В.П. Дзвоник, Г. И. Муханов // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Гуманитарные и общественные науки. – 2020. – Т. 4. – № 4. – С. 297-305. DOI: 10.21603/2542-1840-2020-4-4-297-305.
4. Илюшечкина, Л.А. Развитие волевых качеств личности у детей младшего школьного возраста посредством занятий спортом / Л.А. Илюшечкина // Аллея науки. – 2022. – Т. 2. – № 5(68). – С. 614-618.
5. Манджиева, Н.Н. Формирование волевых качеств у детей школьного возраста в процессе занятий спортом / Н.Н. Манджиева, Б.Ю. Городаваев // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Гуманитарные науки. – 2020. – № 2-2. – С. 35-38.
6. Рязанцев, И.В. Воспитание волевых качеств у мальчиков 8-10 лет, занимающихся плаванием / И.В. Рязанцев, Ю.В. Рязанцева, Е.Н. Морозова // Двигательная активность в формировании образа жизни и профессионального становления специалиста в области физической культуры и спорта. Сборник материалов региональной научно-практической конференции с международным участием. – 2017. – С. 197-200.
7. Гладкова, Н.М. Влияние командных видов спорта на развитие личностных качеств детей школьного возраста / Н.М. Гладкова // Вестник науки. – 2024. – № 12 (81). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-komandnyh-vidov-sporta-na-razvitie-lichnostnyh-kachestv-detey-shkolnogo-vozrasta (дата обращения: 09.02.2025).
8. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ). Физическая активность и здоровье детей. – 2022. – URL: https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity (дата обращения: 27.01.2026).
9. Дубков, А.О. Формирование волевых качеств учащихся младшего школьного возраста на уроках физической культуры / А.О. Дубков, Е.А. Смирнова / Проблемы теории и практики современной психологии. Материалы XXII Всероссийской с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 30-летнему юбилею факультета психологии ИГУ. – Иркутск, 2023. – С. 448-452.
10. Куликов. Н.М. Сформированность эмоционально-волевой сферы как ресурс личностного развития юных спортсменов / Н.М. Куликов, Т.Ю. Жарова, Л.К. Шушкова // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1. – С. 1120.
11. Бунеева Е.А. Психолого-педагогические подходы к развитию морально-волевых качеств у детей младшего школьного возраста средствами физической активности / Е.А. Бунеева // Ребенок в современном образовательном пространстве мегаполиса. Материалы XII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 30-летию МГПУ. – Москва, 2025. – С. 22-26.
12. Рубахин, Е.Е. Педагогические аспекты исследования личности спортсмена младшего школьного возраста / Е.Е. Рубахин // Российская наука в современном мире. Сборник статей LXVI международной научно-практической конференции. – Москва, 2024. – С. 202-205.

13. Артемова Л.В. Теоретико-методические основы воспитания и самоорганизации личности юного спортсмена / Л.В. Артемова // Инновационные процессы в науке и образовании: сборник научных статей. Под общ. ред. Г. Ю. Гуляева. Пенза, 2018. С. 216-225.
14. Дубинец, Е.В. Развитие эмоционально-волевой сферы младших школьников, занимающихся спортом / Е.В. Дубинец, А.М. Курсанова, А.В. Чевачина // Человек. Искусство. Вселенная. – 2016. – № 1. – С. 76-83.
15. Габрелян, З.А. Влияние занятий единоборствами на развитие личностных качеств детей дошкольного и младшего школьного возраста / З.А. Габрелян, Р.В. Сидоров // Проблемы инженерного и социально-экономического образования в техническом вузе в условиях модернизации высшего образования. Материалы XXIII Международной научно-практической конференции. В 2-х т. – Тюмень, 2025. – С. 429-435.
16. Филипченко, С.Н. Особенности формирования волевых качеств у подростков в процессе занятий спортивными играми / С.Н. Филипченко, Д.О. Маторин // Современные наукоемкие технологии. – 2017. – № 8. – С. 111-115. URL: https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=36789 (дата обращения: 28.04.2026).
17. Иванов, А.А. Психология чемпиона. Работа спортсмена над собой / А.А. Иванов. – Москва: Советский спорт, 2012. – С. 235.
18. Киселева, М.В. Саморегуляция младших школьников и готовность к спортивным нагрузкам / М.В. Киселева, А.Е. Соколова // Физическая культура и спорт в современной России. – 2019. – № 2. – С. 25-40.
19. Шагивалеева, Г.Р. Волевая саморегуляция личности как фактор достижения успеха в соревновательной деятельности тхэквондистов / Г.Р. Шагивалеева, Г.К. Бисерова, Г.М. Льдокова // Теория и практика физической культуры. – 2020. – № 6. – С. 32-34.
20. Мезинов, В.Н. Оценка влияния волевых качеств подростков на достижение спортивных успехов / В.Н. Мезинов, Р.Е. Карякин // Мир педагогики и психологии: международный научно-практический журнал. – 2023. – № 3 (80). – URL: https://scipress.ru/pedagogy/articles/otsenka-vliyaniya-volevykh-kachestv-podrostkov-na-dostizhenie-sportivnykh-uspekhov.html (дата обращения: 31.03.2023)

REFERENCES

1. Federal State Educational Standard of General Education. Available at: https://base.garant.ru/401433920/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/ (accessed 27.01.2026). (in Russ.)
2. Federal Law of the Russian Federation “On Education in the Russian Federation” (No. 273-FZ dated December 29, 2012). *Rossiyskaya Gazeta*, 2012, no. 300, p. 3. (in Russ.)
3. Dzvonic V.P., Mukhanov G.I. Developing volitional qualities in young football players during training. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriia: Gumanitarnye i obshchestvennye nauki*, 2020, vol. 4, no. 4, pp. 297-305. DOI: 10.21603/2542-1840-2020-4-4-297-305 (in Russ.)
4. Ilyushechkina L.A. Development of personal volitional qualities of children of primary school age by means of sports. *Alley of science*, 2022, vol. 2, no. 5(68), pp. 614-618. (in Russ.)
5. Mandzhieva N.N., Gorodavaev B.Yu. Formation of strong-willed qualities of adolescent children in the process of sports. *Modern Science: actual problems of theory and practice. Series: Humanities*, 2020, no. 2-2, pp. 35-38. (in Russ.)
6. Ryazantsev I.V., Ryazantseva Yu.V., Morozova E.N. Development of volitional qualities in 8-10-year-old boys engaged in swimming. Motor Activity in Shaping the Lifestyle and Professional Development of a Physical Culture and Sports Specialist. Collection of materials from the Regional Scientific and Practical Conference with International Participation. 2017. pp. 197-200. (in Russ.)
7. Gladkova N.M. Influence of team sports on the development of personal qualities of schoolchildren. *Vestnik nauki*, 2024, no. 12 (81). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-komandnyh-vidov-sporta-na-razvitie-lichnostnyh-kachestv-detey-shkolnogo-vozrasta (accessed: 09.02.2025). (in Russ.)
8. World Health Organization (WHO). Physical Activity and Children's Health. 2022. Available at: https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity (accessed: 27.01.2026). (in Russ.)
9. Dubkov A.O., Smirnova E.A. Formation of the volitional qualities of primary school students during physical education lessons. From the collection: Problems of the Theory and Practice of Modern Psychology. Materials of the XXII All-Russian Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduate Students, and Young Scientists with International Participation, dedicated to the 30th Anniversary of the ISU Faculty of Psychology. Irkutsk, 2023. pp. 448-452. (in Russ.)
10. Kulikov N.M., Zharova T.Yu., Shushkova L.K. The formation of the emotional-volitional sphere as a resource for personal development of young athletes. *Modern problems of science and education*, 2015, no. 1-1, p. 1120. (in Russ.)
11. Buneeva E.A. Psychological and pedagogical approaches to the development of moral and volitional qualities in children of primary school age through physical activity. The Child in the Modern Educational Space of the Megalopolis. Materials of the XII All-Russian Scientific and Practical

Conference dedicated to the 30th Anniversary of the Moscow State Pedagogical University. Moscow, 2025. Pp. 22-26. (in Russ.)
12. Rubakhin E.E. Psychological and pedagogical aspects of the study of the personality of an athlete of primary school age. Russian Science in the Modern World. Collection of articles of the LXVI International Scientific and Practical Conference. Moscow, 2024. pp. 202-205. (in Russ.)
13. Artemova L.V. Theoretical and method-logical basis of the education and self-organi-zation of the personality of young athlete. Innovative Processes in Science and Education: a collection of scientific articles. Under the general editorship of G.Yu. Gulyaev. Penza, 2018. pp. 216-225. (in Russ.)
14. Dubinets E.V., Kursanova A.M., Chevachina A.V. The development of emotionally-strong-willed sphere of younger students, involved in sports. *Chelovek. Iskusstvo. Vselennaya*, 2016, no. 1, pp. 76-83. (in Russ.)
15. Gabrelyan Z.A., Sidorov R.V. The impact of martial arts classes on the development of personal qualities of preschool and primary school age children. Problems of Engineering, Social and Economic Education in a Technical University in the Context of Higher Education Modernization. Materials of the 23rd International Scientific and Practical Conference. In 2 volumes. Tyumen, 2025. pp. 429-435. (in Russ.)
16. Filippenko S.N., Matorin D.O. Features of the formation of strong-willed qualities in adolescents in the process of playing sports games. *Modern high technologies*, 2017, no. 8, pp. 111-115. Available at: https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=367 89 (accessed 28.04.2026). (in Russ.)
17. Ivanov A.A. The Psychology of a Champion. The Athlete's Work on Himself. Moscow: Sovetskij sport 2012. p. 235. (in Russ.)
18. Kiseleva M.V., Sokolova A.E. Self-regulation of younger schoolchildren and fitness for sports activities. *Physical Culture and Sports in Modern Russia*, 2019, no. 2, pp. 25-40. (in Russ.)
19. Shagivaleeva G.R., Biserova G.K., Ldokova G.M. Voluntary self-regulation of as factor of competitive success of taekwondokas. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2020, no. 6, pp. 32-34. (in Russ.)
20. Mezinov V.N., Karyakin R.E. Assessment of the influence of strong-willed qualities of adoles-cents on the achievement of sports success. *Mir pedagogiki i psikhologii*, 2023, no. 3 (80). Available at: https://scipress.ru/pedagogy/articles/otsenka-vliyaniya-volevykh-kachestv-podrostkov-na-dostizhenie-sportivnykh-uspekhov.html (accessed: 31.03.2023). (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Веналий Александрович Александров – аспирант кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева, Чебоксары, e-mail: venaliy098@mail.ru.
Герольд Леонидович Драндров – профессор кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева, Чебоксары, e-mail: gerold49@mail.ru.
Светлана Геннадьевна Константинова – аспирант кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева, Чебоксары.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Venalij A. Aleksandrov – Postgraduate Student of the Department of Theory and Methods of Physical Culture and Sports, Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary, e-mail: venaliy098@mail.ru.
Gerold L. Drandrov – Professor of the Department of Theory and Methods of Physical Culture and Sports, Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary e-mail: gerold49@mail.ru.
Svetlana G. Konstantinovna – Postgraduate Student of the Department of Theory and Methods of Physical Culture and Sports, Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary.

Для цитирования: Александров, В.А. Формирование волевой сферы личности младших школьников в процессе занятий спортом / В.А. Александров, Г.Л. Драндров, С.Г. Константинова // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_31

For citation: Aleksandrov V.A., Drandrov G.L., Konstantinova S.G. Formation of the volitional sphere of personality in primary school children in the process of sports activity. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_31

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_32
УДК 797/799

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_32
UDC 797/799

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПРОГНОЗ СОРЕВНОВАТЕЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ В ПЛАВАНИИ

Д.Ф. Алиев, О.Н. Кудря, В.П. Бачин
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет физической культуры и спорта», г. Омск, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Для прогноза спортивного результата в плавании может быть использован метод анализа вариабельности сердечного ритма, который позволяет оценить состояние механизмов регуляции физиологических систем организма. Объективную информацию о состоянии организма спортсмена можно получить лишь при проведении функциональных проб, в частности ортостатической. ***Методы:*** анализ вариабельности сердечного ритма, анализ итоговых протоколов соревнований, методы математической статистики. ***Результаты.*** Установлено, что у спортсменки высокой квалификации в соревновательный период наблюдается неблагоприятная реакция на ортостатическое воздействие, свидетельствующее о снижении адаптационных возможностей, что, в конечном счете, отразилось на спортивном результате. ***Заключение.*** Для прогноза соревновательных результатов в плавании целесообразно использовать показатели вариабельности ритма сердца в покое и при проведении активной ортостатической пробы. При выявлении парадоксальной реакции организма на ортостатическое воздействие рекомендуются коррекция тренировочного процесса, снижение нагрузок гликолитической направленности в ударном микроцикле для устранения признаков выраженного утомления и перетренированности.
Ключевые слова: плавание, спортивный результат, вариабельность сердечного ритма, ортостатическая проба.

INDIVIDUAL FORECAST OF COMPETITIVE RESULTS IN SWIMMING

D.F. Aliev, O.N. Kudrya, V.P. Bachin
Siberian State University of Physical Education and Sports, Omsk, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Heart rate variability analysis can be used to predict athletic performance in swimming. It allows for assessing the state of the body's physiological regulatory mechanisms. Objective information about an athlete's condition can only be obtained through functional testing, particularly an orthostatic test. ***Methods:*** heart rate variability analysis, analysis of final competition protocols, and mathematical statistics. ***Results.*** It was established that a highly qualified female athlete exhibited an adverse reaction to orthostatic stress during competition, indicating a decrease in adaptive capacity, which ultimately impacted athletic performance. ***Conclusion.*** To predict competitive swimming results, it is advisable to use heart rate variability indices at rest and during an active orthostatic test. If a paradoxical reaction of the body to orthostatic effects is detected, it is recommended to correct the training process and reduce glycolytic loads in the shock microcycle to eliminate signs of severe fatigue and overtraining.
Keywords: swimming, athletic performance, heart rate variability, orthostatic test.

Введение. По мнению специалистов, прогноз соревновательного результата – один из элементов управления спортивной подготовкой. В индивидуальных видах спорта, к которым относится плавание, проблемы прогнозирования уровня готовности к соревнованиям, эффективности соревновательной деятельности и стабильности выступлений на протяжении соревновательного периода являются актуальными и требуют решения.

Одним из основных звеньев в системе управления подготовкой спортсменов высокого класса выступает комплексный контроль, в ходе которого проводятся оценка всех сторон подготовленности, анализ адаптационных изменений в работе физиологических систем организма, анализ индивидуальных реакций организма на тренирующее воздействие.

При проведении комплексного контроля используются как педагогические, так

и медико-биологические методы исследования. В качестве педагогических методов контроля, как правило, используют тестирование наиболее значимых физических качеств. Однако для объективной оценки функционального состояния целесообразно использовать и медико-биологические методы контроля, которые позволяют проводить мониторинг адаптационных изменений в работе физиологических систем организма, оценивать переносимость тренировочных и соревновательных нагрузок, выявлять факторы, лимитирующие работоспособность, вносить коррективы в тренировочный процесс с целью предупреждения перетренированности спортсмена [1-3].

На сегодняшний день одним из информативных методов контроля функционального состояния и адаптационных резервов спортсмена являются методы оценки вариабельности сердечного ритма (ВСР). По данной проблеме накоплен значительный экспериментальный материал [4-6]. Однако интерпретация полученных экспериментальных данных часто имеет противоречивый характер [7, 8]. Среди специалистов нет единого мнения о динамике показателей ВСР в подготовительном и соревновательном периодах годичного цикла, что подчеркивает актуальность нашего исследования.

Цель исследования – обосновать использование показателей ВСР для прогнозирования соревновательного результата в плавании.

Методы и организация исследования. В ходе исследования был проведен индивидуальный анализ показателей ВСР спортсменки (22 года), мастера спорта, специализирующейся на коротких и средних (100 м, 200 м, 400 м, вольный стиль) дистанциях в плавании. Исследование проводилось с февраля по апрель 2024 года (соревновательный период), спортсменка участвовала в 5 соревнованиях. Запись кардиоритмограмм проводилась накануне соревнований (5 раз за исследуемый период).

Исследование и анализ ВСР проводились с учетом методических рекомендаций, разработанных группой российских экспертов. Регистрация электрокардиографического сигнала проводилась с помощью комплекса «Варикард 6.2» в положении лежа на спине (5 минут) и при переходе в положение стоя (6 минут) в I, II, III стандартных отведениях. Анализ кардиоинтервалограмм осуществлялся с применением программы «Иским-6». Преобладающий тип вегетативной регуляции определялся по данным анализа вариабельности сердечного ритма согласно классификации Н.И. Шлык (2009) [9].

При статистической обработке результатов исследования проводили регрессионный анализ с использованием пакета программ Microsoft Excel 2010 и Statistica 7. Рассчитывали коэффициент детерминации (R^2), коэффициент корреляции (r), уровень значимости (p), рассчитывали отклонение индивидуального результата на каждом соревновании от личного рекорда (%).

Результаты исследования и их обсуждение. Для определения успешности выступления спортсменки выявляли соответствие фактического результата на соревнованиях личному рекорду: спортивные результаты, показанные спортсменкой на соревнованиях, были ниже по сравнению с личными рекордами (табл. 1).

Результат в исследуемый соревновательный период на дистанции 100 м вольным стилем был ниже личного рекорда спортсменки на 4,03-6,16%, на дистанции 200 м – на 1,06-3,34%, а на дистанции 400 м – на 0,91-2,45%.

В ходе всего соревновательного периода проводили регистрацию показателей ВСР за 2-3 дня до соревнований в покое (фоновая запись) и при проведении активной ортостатической пробы (АОП), согласно рекомендациям международного стандарта [10].

Для установления зависимости соревновательного результата на каждой дистанции (100 м, 200 м, 400 м) от показателей ВСР проводили однофакторный регрессионный анализ. В ходе анализа была установлена значимая зависимость между результатами на 400 м и некоторыми показателями ВСР, в частности ЧСС стоя (частота сердечных сокращений, уд/мин), SI (индекс напряжения, усл.ед.). Выявленная зависимость является достоверной, поскольку R^2=0,84-0,85, r равен -0,918 и -0,95, p=0,027-0,029. Полученные данные говорят о возможности

использовать показатели ВСР для прогноза соревновательного результата в плавании на 400 м.

При анализе показателей ВСР и соревновательного результата на дистанциях 100 м и 200 м мы не обнаружили статистически значимой зависимости. Однако, на наш взгляд, это говорит не об отсутствии такой зависимости, а о необходимости дальнейших исследований с целью увеличить количество наблюдений (соревнований).

Таблица 1

Спортивный результат и личный рекорд спортсменки высокой квалификации в соревновательном периоде

№	Соревнования, дата, место	Спортивный результат	Отличие спортивного результата от личного рекорда, %	Личный рекорд, дистанция, результат
1	Кубок России, 20-21.02.2024, Калининград (бассейн 50 м)	100 м – 59,39; 200 м – 2.07,97; 400 м – 4.30,09	100 м – 4,47; 200 м – 2,61; 400 м – 0,91	100 м – 56,85; 200 м – 2.04,72; 400 м – 4.27,63
2	Чемпионат Омской области, 28.02-01.03.24, Омск (бассейн 50 м)	100 м – 59,14; 200 м – 2.08,88; 400 м – 4.33,52	100 м – 4,03; 200 м – 3,34; 400 м – 2,20	100 м – 56,85; 200 м – 2.04,72; 400 м – 4.27,63
3	Чемпионат СФО, 19-22.03.24, Абакан (бассейн 50 м)	100 м – 59,34; 200 м – 2.07,40; 400 м – 4.34,19	100 м – 4,38; 200 м – 2,15; 400 м – 2,45	100 м – 56,85; 200 м – 2.04,72; 400 м – 4.27,63
4	Соревнования, посвященные Олимпийским Играм 03-04.04.2024, Омск (бассейн 50 м)	100 м, в/ст – 59,27 200 м, в/ст – 2.07,78; 400 м, в/ст – 4.30,97	100 м – 4,26 200 м – 2,45; 400 м – 1,25	100 м – 56,85 200 м – 2.04,72; 400 м – 4.27,63
5	Чемпионат России, 14-19.04.24, Казань (бассейн 50 м)	100 м – 1:00,35; 200 м – 2:06,04; 400 м – 4.32,44	100 м – 6,16; 200 м – 1,06; 400 м – 1,80	100 м – 56,85; 200 м – 2.04,72 400 м – 4.27,63

Примечание: СФО – Сибирский федеральный округ; в/ст – вольный стиль плавания.

Тем не менее, снижение соревновательного результата позволило нам предположить, что именно нарушение механизмов регуляции сердечной деятельности может быть причиной неудачных выступлений спортсменки на протяжении всего соревновательного периода. В ходе исследования было выявлено, что в условиях относительного покоя в соревновательном периоде в четырех случаях из пяти накануне стартов у спортсменки наблюдалось выраженное преобладание симпатической регуляции сердечного ритма (табл. 2). Согласно мнению ряда авторов, у спортсменов высокой квалификации в соревновательный период выраженное преобладание симпатической регуляции сердечного ритма может отражать пик спортивной формы [4, 9]. По мнению специалистов, преобладание центральной регуляции в соревновательный период свидетельствует о крайней согласованности, гармоничности сопряжения всех ритмических процессов. В соревновательном периоде отмечается значительный рост SI в 20-30 раз, причем у спортсменов, выигравших соревнования, этот показатель может достигать 4000 усл.ед. [11].

В ходе исследования у спортсменки были зарегистрированы высокие показатели SI перед 4 соревнованиями (948-1668 усл.ед.). Однако пика спортивной формы спортсменке достичь не удалось: результаты, показанные на соревнованиях, были далеки от личных рекордов. Только перед чемпионатом области SI находился в границах индивидуального диапазона, и тип вегетативной регуляции характеризовался

умеренным преобладанием парасимпатических влияний на сердечный ритм (табл. 2). По мнению Н.И. Шлык (2009), данный исходный тип регуляции у спортсменов высокого класса в соревновательном периоде свидетельствует о недостаточной тренированности, в связи с чем спортсменке не удалось показать высокий результат на этих соревнованиях [9].

Таким образом, несмотря на высокие показатели SI и централизацию в работе сердечно-сосудистой системы спортсменка не достигла оптимальной спортивной формы и не смогла показать высокий спортивный результат на соревнованиях. Полученные результаты противоречат данным научно-методической литературы и еще раз подчеркивают необходимость учета многих факторов при интерпретации полученных данных.

Как известно, данные, полученные в состоянии покоя, не позволяют оценить резервные возможности организма. В связи с чем целесообразно проводить функциональные пробы, одной из которых является АОП.

Таблица 2

Показатели ВСР в покое и при проведении АОП у пловчихи высокой квалификации в соревновательном периоде

Соревнования, дата, место	Положение тела	ЧСС, уд/мин	MxDMn, мс	SI, усл.ед.	TP, мс^2	HF, мс^2	LF, мс^2	VLF, мс^2	ULF, мс^2	Тип регуляции
Кубок России, 20-21.02.2024, Калининград (бассейн 50 м)	лежа	70,1	62	1632,7	142,0	65,5	19,7	29,3	27,5	Выраженное преобладание симпатической регуляции сердечного ритма
	стоя	90,0	221	172,3	1825,6	294,6	1282,6	100,3	148,0	
Чемпионат Омской области, 28.02-01.03.24, Омск (бассейн 50 м)	лежа	59,8	350	45,9	3646,6	1147,0	674,6	488,1	1336,9	Умеренное преобладание парасимпатической регуляции сердечного ритма
	стоя	80,3	249	109,7	2132,6	248,5	1326,2	206,2	351,7	
Чемпионат СФО, 19-22.03.24, Абакан (бассейн 50 м)	лежа	64,7	56	1667,7	93,6	43,4	12,8	11,1	26,2	Выраженное преобладание симпатической регуляции сердечного ритма
	стоя	82,7	237	91,0	2192,7	179,7	1686,2	245,1	81,7	
Соревнования, посвященные Олимпийским Играм 03-04.04.2024, Омск (бассейн 50 м)	лежа	69,1	59,5	1461,6	102,8	36,4	18,6	13,2	34,6	Выраженное преобладание симпатической регуляции сердечного ритма
	стоя	90,1	225	141,3	1863,6	172,5	1276,3	162,0	252,8	
Чемпионат России, 14-19.04.24, Казань (бассейн 50 м)	лежа	63,4	69	948,0	212,5	83,9	57,8	17,8	53,0	Выраженное преобладание симпатической регуляции сердечного ритма
	стоя	86,3	268	96,7	3520,6	201,7	2697,4	493,2	128,4	

Примечание: ВСР – вариабельность сердечного ритма; АОП – активная ортостатическая проба; СФО – Сибирский федеральный округ; ЧСС – частота сердечных сокращений; MxDMn – вариационный размах; SI – индекс напряжения регуляторных систем; TP – общая мощность спектра; HF – доля высокочастотных колебаний; LF – доля низкочастотных колебаний; VLF – доля очень низкочастотных колебаний; ULF – доля ультранизкочастотных колебаний.

Согласно исследованиям Н.И. Шлык и соавт. (2012), для каждого преобладающего типа вегетативной регуляции характерен определенный вариант реакции на ортостатическое воздействие. При исходно выраженном преобладании симпатической регуляции в ответ на ортостатическую пробу происходит выраженное увеличение SI, увеличение суммарной мощности спектра (TP), вазомоторных (LF), очень низкочастотных (VLF) и ультранизкочастотных (ULF) колебаний, а также снижение суммарной мощности дыхательных (HF) волн. Авторы отмечают, что чем выше исходное напряжение центральных структур регуляции, тем больше при ортостазе увеличиваются SI, TP, мощность LF-, VLF- и ULF-волн [12].

Результаты проведенного исследования показали, что у спортсменки при исходном выраженном преобладании симпатической регуляции (фоновая запись) накануне соревнований отмечались выраженное снижение SI, увеличение TP, HF, VLF и ULF. Подобная реакция организма на ортостатическое воздействие является неблагоприятной, свидетельствует о снижении адаптационных возможностей организма и необходимости коррекции тренировочного процесса. Исключение составили результаты проведения АОП во втором тестировании, при этом изменения показателей не соответствовали оптимальному варианту.

Специалисты считают, что при исследовании ортостатической реакции у спортсменов с выраженным преобладанием центральной регуляции следует обратить внимание на значение VLF, характеризующее состояние надсегментарных уровней регуляции: чем меньше исходный показатель VLF, тем больше напряжение регуляторных систем и больше выражена парадоксальная реакция на ортостатическое воздействие [9]. Действительно, в 1, 3-5 обследованиях при горизонтальном положении мы наблюдали низкие значения показателя VLF. Подобная неблагоприятная реакция встречается при выраженном утомлении, перетренированности или донозологических состояниях.

По мнению исследователей, при умеренном преобладании автономной регуляции в покое реакция на ортостатическое воздействие приводит к снижению показателей спектральных компонентов ВСР (TP, HF, LF, VLF и ULF), увеличению SI, что указывает на снижение активности парасимпатического отдела. Эту реакцию мы наблюдали у спортсменки во втором исследовании. Подобная реакция регуляторных систем является оптимальной и свидетельствует о хороших функциональных и адаптивных возможностях организма.

Анализ показателей ВСР спортсменки и сопоставление их с соревновательным результатом позволил выдвинуть предположение о неадекватности нагрузки для данной спортсменки и необходимости разработки рекомендаций по коррекции тренировочного процесса в предсоревновательных микроциклах. Для этого был проведен анализ фактически выполненной работы в данных микроциклах (табл. 3).

На протяжении всего соревновательного периода в предсоревновательном микроцикле планировалось двухпиковое изменение уровня нагрузки в рамках недельного микроцикла. Ключевые тренировки проводились во вторник и пятницу. В эти дни выполнялась нагрузка специальной соревновательной направленности (нагрузки, направленные на развитие анаэробной лактатной и анаэробной алактатной систем энергообеспечения).

В дни, предшествовавшие ключевым тренировкам, спортсменка выполняла нагрузки поддерживающего характера (аэробное плавание умеренной интенсивности), подготавливающие организм к специальным нагрузкам соревновательной направленности.

На наш взгляд, для спортсменки была предложена тренировочная программа, которая не соответствовала ее уровню физической подготовленности.

Согласно данным научно-методической литературы, после нагрузок гликолитической направленности длительность восстановления составляет 24-72 часа [13]. Вторая тренировка (дневная) выполнялась в фазе острого недовосстановления, что вело к срыву адаптационных процессов, формированию состояния перенапряжения, которое сохранялось в дни соревнований. Кроме того, ударная нагрузка анаэробной направленности выполнялась в течение

двух дней (вторник, пятница) в одном микроцикле, что спровоцировало срыв адаптационных процессов и не позволило спортсменке показать высокий результат в ходе всего соревновательного периода. Данное исследование позволило выяснить причины снижения результатов и внести коррективы в тренировочный процесс.

Таблица 3

Фактически выполненная нагрузка анаэробной направленности в ударном микроцикле

	1 тренировка (утро)	Вторая тренировка (день)
Вторник	– 100 м разминка; – 8х50 м в больших лопатках; – 4х100 м в больших лопатках на спине; – 8х50 м в больших лопатках + сопротивление; – 8х100 м в больших лопатках + сопротивление; – 8х50 м в больших лопатках; – 8х200 м в больших лопатках + трубка; – 16х50 м в маленьких лопатках + сопротивление; – 8х100 м в маленьких лопатках + сопротивление; – 18х50 м в маленьких лопатках; – 1 200 м свободно. Объем: 6 300 м.	– 100 м разминка; – 8х50 м в больших лопатках; – 4х100 м в больших лопатках на спине, режим 1,45; – 8х50 м в больших лопатках + сопротивление; – 16х100 м в больших лопатках + сопротивление; – 16х50 м в больших лопатках; – 8х100 м на спине: 4 в больших лопатках, 4 с сопротивлением; – 8х50 м в маленьких лопатках + сопротивление; – 16х100 м в маленьких лопатках: 8 с сопротивлением, 8 в трубке; – 200 м свободно. Объем: 5 900 м.
	1 тренировка (утро)	Вторая тренировка (день)
Пятница	– 100 м разминка; – 8х50 м в маленьких лопатках упражнения; – 8х100 м в маленьких лопатках: 2 на спине, 2 брасс; – 16х50 м в больших лопатках; – 8х200 м в больших лопатках, в трубке; – 16х50 м в маленьких лопатках + сопротивление; – 8х100 м в маленьких лопатках + сопротивление; – 8х50 м в маленьких лопатках; – 200 м свободно. Объем: 5 900 м.	– 100 м разминка; – 8х50 м в маленьких лопатках упражнения, режим 1,00; – 8х100 м в маленьких лопатках: 2 на спине, режим 1,35, 2 брасс; – 16х50 м в больших лопатках; – 4х200 м в больших лопатках, в трубке; – 16х50 м в больших лопатках + сопротивление; – 12х200 м: 8 с сопротивлением с трубкой, 4 в больших лопатках, 4 в маленьких лопатках; – 200 м свободно. Объем: 5 300 м.

Заключение. Таким образом, в ходе проведенного исследования установлено, что в соревновательном периоде у спортсменки преобладает активность центральной регуляции. По мнению специалистов, центральный тип регуляции в соревновательный период у спортсменов высокой квалификации отражает высокие функциональные возможности организма и готовность демонстрировать наивысшие результаты. Однако реакция на ортостатическую пробу носила парадоксальный характер, что свидетельствует об ухудшении состояния регуляторной системы, выраженном утомлении и перетренированности и позволяет прогнозировать снижение соревновательного результата у данной спортсменки.

На наш взгляд, целесообразно проводить динамические исследования показателей ВСР в подготовительном и

соревновательном периодах годичного цикла с целью контроля состояния регуляторных систем и коррекции тренировочного процесса для устранения признаков выраженного утомления и перетренированности.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иорданская, Ф.А. Основные достижения и перспективы развития медико-биологического контроля за состоянием здоровья и функциональным состоянием высококвалифицированных спортсменов в процессе управления подготовкой / Ф.А. Иорданская // Теория и практика физической культуры. – 1984. – № 11. – С. 16-18.
2. Шлык, Н.И. Управление тренировочным процессом спортсменов с учетом индивидуальных характеристик вариабельности ритма сердца / Н.И. Шлык // Физиология человека. – 2016. – Т. 42. – № 6. – С. 81-91.
3. Дубич, И.А. Оценка показателей вариабельности сердечного ритма у пловцов / И.А. Дубич // Спортивное плавание. – 2020. – № 1. – С. 77-85.
4. Гаврилова, Е.А. Вариабельность ритма сердца и спорт: монография / Е.А. Гаврилова. – СПб., 2017. – 188 с.
5. Кудря, О.Н. Вегетативное обеспечение мышечной деятельности у спортсменов : монография / О.Н. Кудря. – Омск, 2011. – 200 с.
6. Игнатьева, Л.Е. Особенности вегетативной регуляции сердечного ритма представителей различных видов спорта / Л.Е. Игнатьева, Ю.В. Киреева, В.П. Власова // Теория и практика физической культуры. – 2018. – № 12. – С. 51-53.
7. Шлык, Н.И. Нормативы вариационного размаха кардиоинтервалов в покое и ортостазе при разных типах регуляции у лыжников-гонщиков в тренировочном процессе / Н.И. Шлык // Наука и спорт: современные тенденции. – 2021. – Т. 9. – № 4. – С. 35-50. DOI: 10.36028/2308-8826-2021-9-4-35-50.
8. Показатели вариабельности сердечного ритма у профессиональных футболистов при различных режимах анаэробного тестирования в динамике подготовительного периода / П.А. Терехов, Т.М. Брук, Е.А. Киндюхин, О.С. Глазачев // Спортивная медицина: наука и практика. – 2024. – № 14(2). – С. 5-15.
9. Шлык, Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов: монография / Н.И. Шлык. – Ижевск : Изд-во «Удмуртский университет», 2009. – 255 с.
10. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability / Standards of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use // Circulation. – 1996. – Vol. 93. – P. 1043-1065.
11. Соревновательный стресс у представителей различных видов спорта по показателям вариабельности сердечного ритма / Н.А. Агаджанян, Т.Е. Батоцыренова, Ю.Н. Семенов [и др.] // Теория и практика физической культуры. – 2006. – № 1. – С. 2-4.
12. Об особенностях ортостатической реакции у спортсменов с разными типами вегетативной регуляции / Н.И. Шлык, Е.Н. Сапожникова, Т.Г. Кириллова, А.П. Жужгов // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». – 2012. – № 1. – С. 114-125.
13. Платонов, В.Н. Спортивное плавание: путь к успеху : в 2 кн. / В.Н. Платонов. – К., 2012. Кн. 2. – 544 с.

REFERENCES

1. Iordanskaya F.A. Main achievements and prospects for the development of medical and biological control over the health and functional state of highly qualified athletes in the process of training management. *Theory and Practice of Physical Culture*, 1984, no. 11, pp. 16-18. (in Russ.)
2. Shlyk N.I. Management of athletic training with consideration of individual heart rate variability characteristics. *Human Physiology*, 2016, vol. 42, no. 6, pp. 81-91. (in Russ.)
3. Dubich I.A. Evaluation of heart rate variability indicators in swimmers. *Sports swimming*, 2020, no. 1, pp. 77-85. (in Russ.)
4. Gavrilova E.A. Heart rate variability and sports: a monograph. St. Petersburg, 2017. 188 p. (in Russ.)
5. Kudrya O.N. Vegetative support of muscle activity in athletes: a monograph. Omsk, 2011. 200 p. (in Russ.)
6. Ignatiev L.E., Kireeva Yu.V., Vlasova V.P. Sport-specific autonomic regulation of heart rate. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2018, no. 12, pp. 51-53. (in Russ.)
7. Shlyk N.I. Standards of the variational range of cardiac intervals at rest and during an orthostatic challenge with different types of regulation in ski racers in the training process. *Science and sports: current trends*, 2021, vol. 9, no. 4, pp. 35-50. (in Russ.)

8. Terekhov P.A., Brook T.M., Kindyukhin E.A., Glazachev O.S. Heart rate variability indices in professional football players under various anaerobic testing modes in dynamics of the preparatory period. *Sports medicine: science and practice*, 2024, vol. 14, no. 2, pp. 5-15. (in Russ.)
9. Shlyk N.I. Heart rhythm and type of regulation in children, adolescents and athletes: a monograph. Izhevsk: Publishing house "Udmurt University", 2009, 255 p. (in Russ.)
10. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability / Standards of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use. *Circulation*, 1996, vol. 93, pp. 1043-1065.
11. Agadzhanyan N.A., Batotsyrenova T.E., Semenov Yu.N. Competitive stress in representatives of various sports in terms of heart rate variability. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2006, no. 1, pp. 2-4. (in Russ.)
12. Shlyk N.I., Sapozhnikova E.N., Kirillova T.G., Zhuzhgov A.P. About the peculiarities of orthostatic reaction of sportsmen with different types of vegetative regulation. *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*, 2012, no. 1, pp. 114-125. (in Russ.)
13. Platonov V.N. Sports swimming: the path to success: in 2 books. K., 2012. Book 2. 544 p. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Денис Фахриддинович Алиев – доцент, Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Омск, e-mail: denialie@yandex.ru.
Ольга Николаевна Кудря – профессор, Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Омск, e-mail: olga27ku@mail.ru.
Валерий Петрович Бачин – профессор, Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Омск, e-mail: omskswim@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Denis F. Aliev – Associate Professor, Siberian State University of Physical Education and Sports, Omsk, e-mail: denialie@yandex.ru.
Olga N. Kudrya – Professor, Siberian State University of Physical Education and Sports, Omsk, e-mail: olga27ku@mail.ru.
Valery P. Bachin – Professor, Siberian State University of Physical Education and Sports, Omsk, e-mail: omskswim@yandex.ru.

Для цитирования: Алиев, Д.Ф. Индивидуальный прогноз соревновательных результатов в плавании / Д.Ф. Алиев, О.Н. Кудря, В.П. Бачин // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_32

For citation: Aliev D.F., Kudrya O.N., Bachin V.P. Individual forecast of competitive results in swimming. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_32

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_33
УДК 796

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_33
UDC 796

ФОРМИРОВАНИЕ СПОРТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ У ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Г.Л. Драндров, К. Бурама, С.Г. Константинова
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева», г. Чебоксары, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Цель исследования – определить качественное своеобразие спортивной культуры младших школьников и процесса ее формирования. ***Методы*** исследования: анализ и обобщение материалов научных исследований, представленных в монографиях, научных статьях и научных докладах. Поиск научной информации проводился в базах Российского индекса научного цитирования, Киберленинка, Researchgate, Академия Google. ***Результаты.*** Качественное своеобразие спортивной культуры младших школьников заключается в том, что она формируется на этапе начального развития личности, когда спорт воспринимается не как профессиональная деятельность или достижение рекордов, а как средство гармоничного развития, игры, социализации и укрепления здоровья. ***Заключение.*** При организации занятий младших школьников спортом следует учитывать возрастные особенности развития спортивной культуры.
Ключевые слова: спортивная культура, младшие школьники, спорт, сущность, содержание, средства, методы, формы организации, виды занятий.

FORMATION OF SPORTS CULTURE IN PRIMARY SCHOOL CHILDREN

G.L. Drandrov, K. Burama, S.G. Konstantinova
Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Research objective – to determine the qualitative uniqueness of primary school children's sports culture and the process of its formation. ***Methods*****:** analysis and generalization of scientific research materials presented in monographs, scientific articles, and scientific reports at scientific and practical conferences. The search for scientific information was conducted in the Russian Science Citation Index, CyberLeninka, Researchgate, and Google Academy databases. ***Resutls.*** The qualitative uniqueness of the sports culture of primary school children lies in the fact that it is formed at the stage of initial personal development, when sports are perceived not as professional activities or achievements of records, but as a means of harmonious development, play, socialization, and health promotion. ***Conclusion.*** When organizing sports activities for primary school children, it is necessary to take into account the age-related features of the development of sports culture.
Keywords: sports culture, junior schoolchildren, sports, essence, content, means, methods, forms of organization, types of activities.

Введение. Спортивная культура – это совокупность знаний, ценностей, навыков и привычек, связанных с физической активностью, здоровым образом жизни и участием в спортивных мероприятиях [1-3]. Она включает в себя не только техническое мастерство и физическую подготовку, но и морально-этические нормы, командный дух, уважение к сопернику и правилам игры. Спортивная культура формирует у человека позитивное отношение к физической активности, способствует развитию личности и укреплению здоровья [4-6].

Современные дети все чаще проводят свободное время за компьютерами, смартфонами и другими электронными устройствами, что негативно сказывается на их физическом здоровье и уровне физической активности. Исследования показывают, что значительная часть младших школьников не достигает рекомендуемых значений физической активности [7, 8]. Поэтому в условиях современного общества, характеризующегося быстрыми темпами жизни, ростом уровня технологизации и урбанизации, формирование спортивной культуры у младших школьников является важной составляющей общего развития личности, укрепления здоровья, повышения физической активности и социальной адаптации [9-11].

Цель исследования: определить качественное своеобразие спортивной культуры младших школьников и процесса ее формирования.

Методы и организация исследования. Для достижения этой цели использованы материалы научных исследований, представленных в монографиях, научных статьях и научных докладах. Основными методами исследования являются анализ и обобщение теоретических знаний, представленных в изучаемых научных материалах.

Результаты исследования и их обсуждение. Спортивная культура детей младшего школьного возраста (примерно 6-10 лет) представляет собой комплексное динамично развивающееся явление, включающее систему ценностей, норм, знаний, навыков, традиций и поведенческих паттернов, связанных с физической активностью и спортом. К элементам спортивной культуры младших школьников относятся: ценности (здоровье и дружба как основа), нормы, знания (упрощенные, о видах спорта), навыки (физические, с акцентом на удовольствие) и традиции (школьные мероприятия для культурной преемственности) [8, 12].

Ее качественное своеобразие заключается в том, что она формируется на этапе начального развития личности, когда спорт воспринимается не как профессиональная деятельность или достижение рекордов, а как средство гармоничного развития, игры, социализации, профилактики гиподинамии и укрепления здоровья. Ценности спортивной культуры (например, дружба и здоровье) формируются через подражание и игру, а нормы (игровые правила для развития самоконтроля) усваиваются добровольно [13, 14].

В отличие от спортивной культуры подростков внимание младших школьников акцентируется на удовольствии от движения, а не на результатах. Знания о спорте (правила, польза) передаются через упрощенные формы (игры, сказки), а навыки развиваются постепенно с фокусом на эмоциональную поддержку. Наблюдается значительная роль эмоций и подражания в формировании таких элементов, как ценности (уважение к правилам через опыт), нормы (добровольное соблюдение в коллективных играх) и знания (базовые знания об Олимпийских играх), поведенческие паттерны (позитивное отношение к проигрышу) и традиции (семейные спортивные ритуалы), способствующие культурной интеграции [15, 16].

В отличие от спортивной культуры подростков или взрослых, где акцент смещается на соревновательность, дисциплину и результаты, у младших школьников доминируют игровые, эмоциональные и образовательные аспекты. Это обусловлено возрастными особенностями: дети этого возраста склонны к фантазии, подражанию, коллективным играм и еще не обладают полной саморефлексией, что делает спорт инструментом развития креативности, эмпатии и базовых жизненных навыков [14].

У младших школьников наблюдается высокая восприимчивость к новым знаниям и навыкам, формируется интерес к движению и играм. Поэтому важными аспектами являются создание положительной мотивации, развитие игровой деятельности и формирование у детей понимания ценности здорового образа жизни. Также необходимо учитывать значимую роль педагогов и родителей, их примера и поддержки в процессе формирования спортивных привычек [17].

Спортивная культура способствует не только физическому развитию, но и формированию моральных ценностей, командного духа, ответственности и самодисциплины, развитию лидерских качеств и умению преодолевать трудности. Это важные компоненты гармоничного развития личности, которые помогают ребенку адаптироваться в обществе, укрепляют здоровье и формируют позитивное отношение к активному образу жизни. Кроме того, спортивная культура способствует воспитанию моральных ценностей [18].

Спортивная культура младших школьников служит фундаментом для будущей спортивной активности, способствуя всестороннему развитию и профилактике гиподинамии в эпоху цифровизации.

Анализ и обобщение материалов приведенных выше научных исследований указывают на то, что спортивная культура младших школьников качественно отличается следующими характеристиками:

1. *Интеграция с игрой и развлечением*: спорт воспринимается как продолжение детских игр, что способствует естественному вовлечению и предотвращает

переутомление. Это отличает ее от более «серьезных» форм спорта у старших возрастных групп.

2. *Ориентация на здоровье и развитие*: акцент на профилактике заболеваний, формировании правильной осанки, координации и физической подготовке, а не на спортивных достижениях. Это отражает приоритет сохранения здоровья над конкуренцией.

3. *Социально-эмоциональный компонент*: в отличие от взрослых, где спорт может быть источником стресса, спорт способствует развитию дружбы, командного духа и эмпатии, переживанию эмоционального благополучия, помогая детям преодолевать робость и стеснение и адаптироваться в коллективе.

4. *Образовательный и культурный аспект*: знакомство с историей спорта (например, Олимпийские игры), правилами и этикой спортивного поведения.

Спортивная культура младших школьников по своему содержанию является инвариантной спортивной культуре взрослых спортсменов. Она отличается только качественным своеобразием элементов, входящих в ее содержание. К этим элементам относятся [11, 19]:

1. *Ценности*: здоровье, дружба, честность и уважение к сопернику. Особенность: ценности формируются через личный опыт и пример взрослых, без глубокого понимания абстрактных понятий, что делает их более эмоциональными и интуитивными.

2. *Нормы*: соблюдение правил игр, спортивное поведение (не жульничать, помогать друг другу). Особенность: нормы усваиваются через игровые ситуации, а не через строгие регламенты, что способствует их добровольному принятию.

3. *Знания*: базовые сведения о видах спорта, правилах, пользе физической активности. Особенность: знания подаются в упрощенной, иллюстрированной форме (через сказки, мультфильмы), адаптированной к уровню мышления детей.

4. *Навыки*: физические (бег, прыжки, координация) и социальные (работа в команде, самоконтроль). Особенность: навыки развиваются постепенно, с акцентом на удовольствие от процесса, а не на технику, что снижает риск травм и отказа от занятий.

5. *Традиции*: участие в школьных спортивных праздниках, знакомство с национальными видами спорта. Особенность: традиции интегрируются в повседневную жизнь, делая спорт частью семейных и школьных ритуалов, что укрепляет культурную идентичность.

6. *Поведенческие паттерны*: активное участие, позитивное отношение к проигрышу. Особенность: паттерны формируются через подражание героям (спортсменам, персонажам книг), с фокусом на эмоциональную поддержку, а не на критику.

В настоящее время в современной спортивной педагогике накоплен богатый эмпирический опыт организации занятий младших школьников различными видами спорта с направленностью на их личностное и социальное развитие, проведены научные исследования различных аспектов процесса формирования спортивной культуры в отношении его содержания, средств, методов, методических приемов и форм организации образовательного процесса [7, 17, 20].

В качестве основных направлений специалистами и исследователями рекомендуются:

- формирование положительного отношения к занятиям спортом;
- формирование двигательных навыков и развитие физических качеств;
- вооружение знаниями о спорте как социокультурном явлении, средстве укрепления здоровья и физического воспитания;
- воспитание командного духа, ответственности и самодисциплины;
- воспитание ценностного отношения к здоровью.

Эти направления реализуются с учетом следующих концептуальных положений:

- приоритет игровой деятельности: использование игр для повышения мотивации и развития навыков;
- возрастная адаптация: учет психофизиологических особенностей младших школьников;
- поступательность – постепенное усложнение задач и видов деятельности;
- индивидуальный подход: учет индивидуальных особенностей каждого ребенка;
- комплексность: интеграция физического воспитания с воспитанием нравственных и волевых качеств;

- формирование спортивной мотивация через поощрение, создание позитивной атмосферы [6, 21, 22].

Наряду с общеразвивающими упражнениями тренировочные и соревновательные упражнения избранного вида спорта выступают основными средствами организации процесса формирования спортивной культуры.

Выполнение этих упражнений осуществляется преимущественно в рамках игровых методов: подвижные игры, спортивные эстафеты, игровые упражнения. Обучение способам выполнения соревновательных упражнений проводится с применением методов демонстрации, объяснения, практического упражнения. В качестве основных форм организации формирования спортивной культуры применяются: уроки физической культуры: систематические занятия в школе; внеклассные мероприятия: турниры, экскурсии; самостоятельная деятельность; выполнение домашних заданий; участие в спортивных кружках. Особое внимание уделяется традициям, таким как школьные спортивные праздники, которые способствуют культурной идентификации. Применяются следующие виды практических занятий: тренировки, соревнования, совместные проекты [14].

Заключение. Завершая обзор литературных данных, можно заключить, что спортивная культура детей младшего школьного возраста представляет собой интегральную личностную характеристику, включающую систему ценностей, норм, знаний, навыков, традиций и поведенческих паттернов, связанных с физической активностью и спортом. Ее качественное своеобразие заключается в том, что она формируется на этапе начального развития личности, когда спорт воспринимается не как профессиональная деятельность или достижение рекордов, а как средство гармоничного развития, игры, социализации и укрепления здоровья. Это обусловлено возрастными особенностями: дети этого возраста склонны к фантазии, подражанию, коллективным играм и еще не обладают полной саморефлексией, что делает спорт инструментом для развития креативности, эмпатии и базовых жизненных навыков.

Спортивная культура младших школьников качественно отличается следующими характеристиками: интеграция с игрой и развлечением; ориентация на здоровье и развитие; ориентация на развитие дружбы, командного духа и эмпатии; образование и формирование культуры личности, в том числе и элементов спортивной культуры.

Элементами спортивной культуры младших школьников являются: ценности (здоровье, дружба, честность и уважение к сопернику); знания о видах спорта, правилах, нормах спортивного поведения, пользе физической активности; навыки спортивного поведения, двигательные навыки; традиции.

В настоящее время в современной спортивной педагогике накоплен богатый эмпирический опыт организации занятий младших школьников различными видами спорта с направленностью на их личностное и социальное развитие, проведены научные исследования различных аспектов процесса формирования спортивной культуры в отношении его содержания, средств, методов, методических приемов и форм организации образовательного процесса. Выделены основные направления образовательной деятельности по формированию спортивной культуры у младших школьников, сформулированы концептуальные положения их реализации, средства, методы и формы организации спортивной деятельности, виды занятий.

В целом, анализ и обобщение материалов в этой предметной области указывают на недостаточную научно-методическую разработанность проблемы. С другой стороны, эти материалы являются достаточной предпосылкой для ее научно-обоснованного решения в виде эффективной экспериментально-обоснованной методики формирования спортивной культуры у младших школьников.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурцев, В.А. Теоретическая модель спортивной культуры личности / В.А. Бурцев, Г.Л. Драндров, С.Г. Боровик // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2(17). – С. 3816-3820.
2. Драндров, Г.Л. О соотношении физической и спортивной культуры личности / Г.Л. Драндров, В.А. Бурцев, Е.В Бурцева / Научно-педагогические школы в сфере спорта и физического воспитания: материалы I Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Москва: РГУФКСМиТ, 2016. – С. 96-10.
3. Лубышева, Л.И. Развитие субъектности личности в контексте ценностей физической культуры / Л.И. Лубышева // Теория и практика физической культуры. – 2023. – № 8. – С. 101-106.
4. Баринов, С.Ю. Концептуальные положения теории формирования спортивной культуры личности / С.Ю. Баринов // Теория и практика физической культуры. – 2011. – № 1. – С. 48-52.
5. Драндров, Г.Л. Характеристика физической и спортивной культуры личности / Г.Л. Драндров, В.А Бурцев, Е.В. Бурцева. – URL: http://studo/pedia.ru/4_119313_harakteristika-fizicheskoy-i-sportivnoy-kulturi-lichnosti.html (дата обращения: 20.02.2017).
6. Лубышева, Л.И. Педагогические условия формирования спортивной культуры личности в общеобразовательной школе / Л.И. Лубышева // Теория и практика физической культуры. – 2011. – № 5. – С. 36-41.
7. Баландин, В.А. Научно-технологические основы обновления процесса физического воспитания в начальной школе: автореф. дис. … д-ра пед. наук: 13.00.04 / Валерий Александрович Баландин. – Краснодар, 2001. – 50 с.
8. Пашков, Г.Н. Научно-технологические проблемы формирования спортивной культуры учащихся младших классов общеобразовательных учреждений / Г.Н. Пашков, Ю.К. Чернышенко // Материалы научной и научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава Кубанского государственного университета физической культуры, спорта и туризма. – 2015. – № 1. – С. 189-190.
9. Зданович, О.С. Формирование спортивной культуры личности на основе развития школьного спорта / О.С. Зданович // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 2011. – № 6. – С. 12-14.
10. Кузнецов, А.С. Формирование спортивной культуры личности школьников в процессе физического воспитания / А.С. Кузнецов, К.С. Фитисов, Н.Н. Сивцев // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2023. – Т. 18. – № 1. – С. 118-123.
11. Лубышева, Л.И. Спортивная культура в школе / Л.И. Лубышева. – М.: НИЦ «Теория и практика физической культуры и спорта», 2006. – С. 6-12.
12. Лубышева, Л.И. Структура и содержание спортивной культуры личности / Л.И. Лубышева, А.И. Загревская // Теория и практика физической культуры. – 2013. – № 3. – С. 3-15.
13. Пашков, Г.Н. Сущностные характеристики понятия «спортивная культура» / Г.Н. Пашков, Ю.К. Чернышенко, В.А. Баландин // Материалы научной и научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава Кубанского государственного университета физической культуры, спорта и туризма. – 2015. – № 1. – С. 191-192.
14. Предпосылки разработки педагогической модели формирования спортивной культуры детей 6-7 лет / Ю.К. Чернышенко, Н.Н. Нихаенко, В.А. Баландин, К.Ю. Чернышенко // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2019. – № 9(175). – С. 323-328.
15. Пашков, Г.Н. Моделирование процесса формирования личностной спортивной культуры школьников 9-10 лет / Г.Н. Пашков, К.Ю. Чернышенко // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2015. – № 9(127). – С. 156-161.
16. Чернышенко, Ю.К. Информативность парциальных показателей спортивной культуры учащихся 9-10 лет / Ю.К. Чернышенко, В.А. Баландин // Физическое воспитание детей и учащейся молодежи. – 2015. – № 4. – С. 37-42.
17. Основные факторы формирования и развития компонентов личностной спортивной культуры школьников 9-10 лет / Ю.К. Чернышенко, С.М. Ахметов, В.А. Баландин, Г.Н. Пашков // Ученые записки им. П.Ф. Лесгафта. – 2018. – № 12(166). – С. 279-283.
18. Лубышева, Л.И. Спортивная культура как учебный предмет общеобразовательной школы / Л.И. Лубышева // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 2004. – № 4. – С. 2-6.
19. Лубышева, Л.И. Феномен спортивной культуры личности в аспекте методологического анализа / Л.И. Лубышева // Теория и практика физической культуры. – 2009. – № 3. – С. 10-13.
20. Баринов, С.Ю. Педагогические основы формирования спортивной культуры личности: монография / С.Ю. Баринов. – М.: Анкил, 2009. – 210 с.

21. Пашков, Г.Н. Алгоритм разработки индивидуальных образовательных траекторий развития личностной спортивной культуры младших школьников / Г.Н. Пашков // Материалы научной и научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава Кубанского государственного университета физической культуры, спорта и туризма. – 2016. – № 1. – С. 225-227.
22. Черняева, Е.А. Спортивная культура – стратегическое направление модернизации физического воспитания школьников / Е.А. Черняева // Теория и практика физической культуры. – 2011. – № 5. – С. 62-64.

REFERENCES

1. Burtsev V.A., Drandrov G.L., Borovik S.G. Theoretical model of personal sports culture. *Fundamental Research*, 2015, no. 2(17), pp. 3816-3820. (in Russ.)
2. Drandrov G.L., Burtsev V.A., Burtseva E.V. On the Relationship between physical and sports culture of an individual. Scientific and Pedagogical Schools in the Field of Sports and Physical Education: proceedings of the First All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation. Moscow: Russian University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism, 2016. p. 96-10. (in Russ.)
3. Lubysheva L.I. Development of personality subjectivity in the context of physical culture values. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2023, no. 8, pp. 101-106. (in Russ.)
4. Barinov S.Yu. Conceptual regulations of theory of formation of personal sports culture. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2011, no. 1, pp. 48-52. (in Russ.)
5. Drandrov G.L., Burtsev V.A., Burtseva E.V. Characteristics of physical and sports culture of the individual. Available at: http://studopedia.ru/4_119313_harakteristika-fizicheskoy-i-sportivnoy-kulturi-lichnosti.html (accessed 20.02.2017). (in Russ.)
6. Lubysheva L.I. Pedagogical conditions of formation of personal sports culture at comprehensive school. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2011, no. 5, pp. 36-41. (in Russ.)
7. Balandin V.A. Scientific and technological foundations of updating the process of physical education in elementary school: an author's abstract. Krasnodar, 2001. 50 p. (in Russ.)
8. Pashkov G.N., Chernyshenko Yu.K. Scientific and technological problems of forming the sports culture of primary school students. Materials of the Scientific and Methodological Conference of the Faculty of Physical Education, Sports, and Tourism of the Kuban State University of Physical Education, Sports, and Tourism. 2015, no. 1, pp. 189-190. (in Russ.)
9. Zdanovich O.S. Formation of personal sports culture based on development of school sport. *Physical Culture: Education, Training*, 2011, no. 6, pp. 12-14. (in Russ.)
10. Kuznetsov A.S., Fitisov K.S., Sivtsev N.N. Sports culture of schoolchildren's personality formation during physicaleducation. *Russian Journal of Physical Education and Sports*, 2023, vol. 18, no. 1, pp. 118-123. (in Russ.)
11. Lubysheva L.I. Sports Culture at School. Moscow: Research Center "Theory and Practice of Physical Culture and Sports", 2006. p. 174. (in Russ.)
12. Lubysheva L.I., Zagrevskaya A.I. Structure and content of personal sports culture. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2013, no. 3, pp. 3-15. (in Russ.)
13. Pashkov G.N., Chernyshenko Yu.K., Balandin V.A. Essential characteristics of the concept of "sports culture". Materials of the Scientific and Methodological Conference of the Teaching Staff of the Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, 2015, no. 1, pp. 191-192. (in Russ.)
14. Chernyshenko Yu.K., Nikaenko N.N., Balandin V.A., Chernyshenko K.Yu. Prerequisites of pedagogical model development for 6-7 years children's sports culture formation. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2019, no. 9(175), pp. 323-328. (in Russ.)
15. Pashkov G.N., Chernyshenko K.Yu. Modeling of the formation process for 9-10 years old schoolchildren personal sport culture. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2015, no. 9(127), pp. 156-161. (in Russ.)
16. Chernyshenko Yu.K., Balandin V.A. Partial indicators of sports culture informativeness of 9-10 years old students. *Physical Education, Sport – Science and Practice*, 2015, no. 4, pp. 37-42. (in Russ.)
17. Chernyshenko Yu.K., Akhmetov S.M., Balandin V.A., Pashkov G.N. Main factors of personal sports culture components formation and development of the 9-10 years old students. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2018, no. 12(166), pp. 279-283. (in Russ.)
18. Lubysheva L.I. Sports Culture as a Subject of General Education School. *Physical Culture: Education, Training*, 2004, no. 4, pp. 2-6. (in Russ.)
19. Lubysheva L.I. Sports culture in view of methodological analysis. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2009, no. 3, pp. 10-13. (in Russ.)

20. Barinov S.Yu. Pedagogical foundations of personal sports culture formation: a monograph. Moscow: Ankil, 2009. 210 p. (in Russ.)
21. Pashkov G.N. Algorithm for developing individual educational trajectories for the development of personal sports culture in primary school students. Materials of the Scientific and Methodological Conference of the Teaching Staff of the Kuban State University of Physical Education, Sports, and Tourism. 2016, no. 1, pp. 225-227. (in Russ.)
22. Chernyaeva E.A. The subject of "sports culture" as a strategic direction of modernization of physical education of senior schoolchildren. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2011, no. 5, pp. 62-64. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Герольд Леонидович Драндров – профессор кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева, Чебоксары, e-mail: gerold49@mail.ru.
Бурама Камара – аспирант кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева, Чебоксары, e-mail: bouramaca1@gmail.com.
Светлана Геннадьевна Константинова – аспирант кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева, Чебоксары, e-mail: s-konstantinova@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Gerold L. Drandrov – Professor of the Department of Theory and Methods of Physical Culture and Sports, Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary e-mail: gerold49@mail.ru.
Burama Kamara – Postgraduate Student of the Department of Theory and Methods of Physical Culture and Sports, Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary, e-mail: bouramaca1@gmail.com.
Svetlana G. Konstantinova – Postgraduate Student of the Department of Theory and Methods of Physical Culture and Sports, Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary, e-mail: s-konstantinova@mail.ru.

Для цитирования: Драндров, Г.Л. Формирование спортивной культуры у детей младшего школьного возраста / Г.Л. Драндров, К. Бурама, С.Г. Константинова // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_33

For citation: Drandrov G.L., Burama K., Konstantinova S.G. Formation of sports culture in primary school children. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_33

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_34
УДК 796.011; 351.7

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_34
UDC 796.011; 351.7

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ И КОНТРАТАКУЮЩИХ ДЕЙСТВИЙ ИЗ ЕДИНОБОРСТВ В СЛУЖЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СОТРУДНИКОВ ОРГАНОВ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ ПРИ ЗАДЕРЖАНИИ И ПРОТИВОБОРСТВЕ С ПРАВОНАРУШИТЕЛЯМИ

Ю.В. Захарова
Федеральное государственное казенное учреждение дополнительного профессионального образования «Всероссийский институт повышения квалификации сотрудников Министерства внутренних дел Российской Федерации», г. Домодедово, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Проведен теоретический анализ изучения технико-тактических действий, применяемые не только сотрудниками правоохранительных органов в процессе противоборства с правонарушителями, но и спортсменами-единоборцами во время выступлений на соревнованиях. ***Методы.*** В процессе исследования использовались методы анализа и обобщения научно-методических источников, педагогическое наблюдение, анкетирование, опрос, метод контент-анализа. ***Результаты*** Раскрыты особенности проведения преднамеренных действий, используемых сотрудниками органов внутренних дел при задержании правонарушителей. Рассмотрены механизмы защитных и атакующих действий, проведения процесса задержания правонарушителей, выполнения преднамеренных, ответных реакций и отработанной структуры технико-тактических действий во время противоборства. ***Заключение.*** Исследования показали, что владение в совершенстве таймингом и антиципацией формируется за счет чувства микроинтервалов времени, которое в процессе противоборства с правонарушителями и преступными лицами позволяет сотрудникам органов внутренних дел контролировать создавшуюся экстремальную ситуацию.
Ключевые слова: тайминг, задержание, ответная реакция, скорость реакции, идеомоторика, антиципация, экстремальная ситуация, противоборство, технико-тактические действия, служебная деятельность.

THE USE OF DEFENSIVE AND COUNTERATTACKING ACTIONS FROM MARTIAL ARTS IN THE OFFICIAL ACTIVITIES OF EMPLOYEES OF INTERNAL AFFAIRS BODIES DURING THE DETENTION AND CONFRONTATION WITH OFFENDERS

Yu.V. Zakharova
All-Russian Institute for Advanced Training of Employees of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, Domodedovo, Russia

Abstract. ***Introduction.*** A theoretical analysis of the technical and tactical actions used not only by law enforcement officers during confrontations with offenders but also by martial artists during competitions was conducted. ***Methods:*** The study utilized methods of analysis and synthesis of scientific and methodological sources, pedagogical observation, questionnaires, a survey, and content analysis. ***Results:*** The specifics of deliberate actions used by law enforcement officers during the apprehension of offenders have been revealed. The mechanisms of defensive and offensive actions, the process of apprehension of offenders, the execution of deliberate response reactions, and the proven structure of technical and tactical actions during confrontation have been examined. ***Conclusion.*** Research has shown that mastery of timing and anticipation is formed due to the sense of time micro-intervals, which, when confronting offenders and criminals, allows law enforcement officers to control the occurred emergency.
Keywords: timing, delay, response, reaction speed, ideomotor skills, anticipation, extreme situation, confrontation, technical and tactical actions, official activities.

Введение. В служебной деятельности сотрудник полиции может оказаться в различных ситуациях, связанных с выполнением служебных задач. От действий сотрудника, его профессионального поведения зависят его личная безопасность и решение вопроса, связанного с правопорядком в сложившейся ситуации.

При несении службы у сотрудников возникают ситуации, в ходе которых при

задержании правонарушитель может оказать активное сопротивление или напасть путем нанесения ударов руками и ногами. Согласно аналитическим обзорам Министерства внутренних дел Российской Федерации (МВД России), в большинстве случаев сотрудник не готов к агрессивному поведению правонарушителя [1]. Для детального изучения этого вопроса были проведены анкетирование и опрос сотрудников, которые проходят повышение квалификации во Всероссийском институте повышения квалификации сотрудников МВД России. Проведенное исследование показало, что на практических занятиях при изучении боевых приемов борьбы недостаточно времени отводится на изучение защитных и контратакующих действий во время противоборства с правонарушителями и преступными лицами [2].

Цель исследования – рассмотреть роль и значение влияния тайминга на эффективность технико-тактических действий сотрудников органов внутренних дел (ОВД) при задержании правонарушителей, оказывающих активное сопротивление.

Методы и организация исследования. Проводился теоретический анализ научно-методических работ, посвященных изучению механизма выполнения защитных и контратакующих действий при выполнении задержания правонарушителя, оказывающего активное сопротивление. Поиск работ проводился в научных базах данных elibrary, КиберЛенинка, Академия Google. Для поиска использовались ключевые слова: тайминг, задержание, ответная реакция, скорость реакции, идеомоторика, антиципация, экстремальная ситуация, противоборство, технико-тактические действия, служебная деятельность. Всего проанализировано 38 источников, 20 из них отобрано для дальнейшего глубокого анализа.

Результаты исследования и их обсуждение. Тайминг – слово, на английском языке означающее «выбор времени, приурочивание». Само слово «timing» образовано от слова «time» – «время».

В ударных единоборствах тайминг является не просто «временем», а умением правильно его выбирать, подбирать подходящий момент для определенного действия.

В связи с этим во время противоборства с правонарушителями и преступными лицами выбор ответных двигательных действий, их точность и быстрота реакции непосредственно подчиняются таймингу. Осмысление и овладение таймингом, его деталям, хитростям и способам является одним из основных элементов выполнения эффективных двигательных действий, которое формируется, нарабатывается и усваивается длительными, регулярными тренировками.

Обычно говорят «попасть в тайминг», то есть вычислить самый удачный момент для эффективного действия, похожий на интуитивное чувство, которое схематично представлено на рисунке, где показано начало двигательного действия с момента поступления сигнала в центральную нервную систему до его окончания. На представленной схеме двигательной реакции видно, что скрытый (латентный) компонент имеет с двигательным общую фазу, которая является предмоторной для начала активности двигательного движения. Поэтому соотношение этих двух компонентов играет большую роль во время противоборства соперников, т.е. чем меньше период латентного компонента, тем быстрее произойдет начало двигательного действия, что позволит выиграть сотруднику несколько долей секунды для противодействия правонарушителям [3].

Сущность психических процессов, как преднамеренных, так и ответных реакций, в отношении которых сотрудник использует приемы задержания, трудно понять, не вскрывая структуры.

Тайминг подразумевает под собой выбор момента начала атаки, снижение скорости реакции противника, быстроту индивидуальных двигательных действий за счет сформированных умений и навыков, а также антиципацию противника, т.е. предугадывание его действий в процессе противоборства с соперником. В таких ситуациях «антиципация» может также выражать не только быстроту реагирования на какой-нибудь объект, но и психодвигательную реакцию действий атакующего человека [4].

Технической стороной тайминга является навык использования инерции

противоборствующего человека для достижения своих целей, который достигается упорными тренировками [5], где отрабатываются поставленные условные оперативно-служебные задачи, связанные с задержанием правонарушителя.

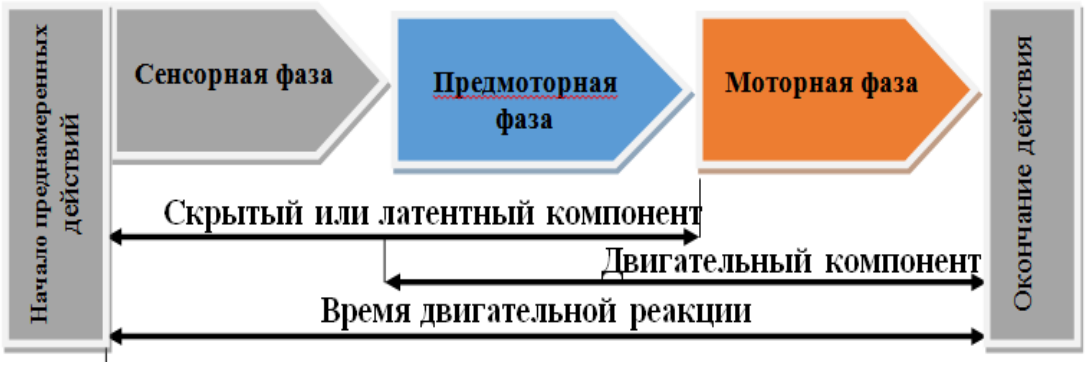


Рис. Схема двигательной реакции от начала преднамеренных действий до их окончания

Одно из первых упоминаний в научном исследовании о тайминге было рассмотрено в 1957 году советским ученым С.Г. Геллерштейном. В своих исследованиях он изучал «чувство времени», которое может осознать человек для достижения необходимой скорости двигательной реакции [6]. Большое внимание предугадыванию двигательных действий в процессе противоборства уделял в своих тренировках Брюс Ли. В современном профессиональном спорте таймингу были посвящены исследования Д.А. Тышлера и Л.Г. Рыжковой, которые изучали «чувство времени» у спортсменов по фехтованию и методы его формирования во время тренировочного процесса [7]. Из последних работ в этом направлении можно отметить исследования О.Б. Малкова, посвященные общим аспектам управления двигательными реакциями соперника. Он разработал методологию, которая изучает тактические механизмы для эффективного решения оперативно-служебных задач с использованием разнообразных способов тайминга, заключающихся во множественных микропаузах, быстрых перемещениях со сменой позиций, стартовых микро-движениях, которые призваны к воздействию на соперника с целью замедления его реакций или вынуждение к реагированию на обманные действия [8].

Психологи до сих пор имеют недостаточное представление об анализе механизмов подачи команды на начало применения преднамеренных действий в конфликтных ситуациях с жестким лимитом времени на реагирования и на осуществление психодвигательных процессов. При задержании правонарушителя сотрудник может использовать преднамеренные действия для ответного реагирования с последующим переходом на прием задержания, где под преднамеренными действиями рассматривается заранее обдуманное тактико-техническое действие [9].

При экстремальной ситуации в оперативно-служебной деятельности у сотрудников возникают следующие психомоторные реакции: преднастройка; идеомоторика; антиципация; тайминг.

Преднастройка к действию является двигательной антиципацией, которая проявляется у сотрудников во время боевого состояния перед задержанием правонарушителя. Для своевременного осуществления действия необходимо подготовить системы организма, чтобы добиться эффективного действия. В экстремальной ситуации при выполнении приемов задержания эффективность и безопасность сотрудника зависят от преднастройки, которая является важнейшей частью боевого взаимодействия [10].

В экстремальных ситуациях в организме человека происходят биохимические процессы, надпочечниками вырабатываются гормоны кортизол – гормон «стресса и страха», человек чувствует угрозу и ощущает мощнейшие эмоциональные и физические нагрузки, и адреналин – гормон «страха или возбуждения», при котором ускоряется сердечный ритм, повышается артериальное давление и увеличивается

уровень сахара в крови. Адреналин позволяет организму быстрее реагировать на опасность и действовать более эффективно [11]. Отсюда можно сделать следующие выводы: у нетренированного человека будет превышен кортизол, от которого он может впасть в ступор от стресса и страха, а тренированный человек от адреналина быстрее среагирует на опасность и эффективно выполнит действие.

Идеомоторика может также играть роль именно осознаваемой преднастройки путем визуальной и поведенческой оценки человека. Таким образом формируется последовательность действий по применению боевых приемов борьбы [12, 13].

Подбор способа задержания правонарушителя зависит от сформированного навыка, отработанного на практических занятиях по боевым приемам борьбы, где скоростно-силовые качества имеют определяющие значение для эффективного выполнения приема. Идеомоторика, а именно визуальная прокрутка, позволяет тренировать ориентировочную часть действия в экстремальных режимах [14].

Антиципация является не просто реакцией, а психической функцией мозга, которая показывает «опережающее отражение» с проецированием не только движений, но и психических функций, которые связанны с «самоприказом» к выполнению каких-нибудь двигательных действий.

Сознательное наблюдение начала пускового сигнала может сократить скорость реагирования и приблизить ее преднамеренное действие к внезапному, т.е. к скорости пускового действия – по времени к простой сенсомоторной реакции (уход и удар).

В процессе преднамеренного действия до момента старта в голове сотрудника может происходить много процессов, которые связаны с: ориентировкой и оценкой возникшей ситуации; определением (программы) боевого взаимодействия или тактического действия; выбором боевого действия и приема задержания; подготовкой и началом принятия позиции на действие; пусковой командой или каким-нибудь другим психическим процессом; началом действий [15]. Следовательно, с момента принятия решения о задержании правонарушителя до применения защитно-атакующего действия у сотрудника должны возникать когнитивные процессы, позволяющие безопасно и эффективно выполнить поставленную оперативную задачу, которые необходимо отрабатывать во время практических комплексных занятий [16].

Также при подготовке сотрудников к безопасному и эффективному решению оперативных задач, связанных с задержанием правонарушителей, следует работать над техникой распознания стартовых положений и выбором выгодных позиций. Чтобы своевременно реагировать на начальные действия правонарушителей, необходимо использовать скрытый, латентный период реагирования, начиная от внешних сигналов и применяя в отношении его микропаузы для распознания импульса начала движения, подтверждения действуя путем раздергиваний, коротких угроз или перехода к активным действиям по задержанию. Поэтому в основе эффективности выполнения оперативных задач сотрудниками органов внутренних дел при выполнении их должностных обязанностей лежит отработка технико-тактических действий в процессе проведения комплексных практических занятий с моделированием типичных и нестандартных ситуаций из служебной деятельности [17-20].

Заключение. Следовательно, чем меньше промежуток времени реагирования за счет предвидения двигательных действий противника на основании его предстартовой и стартовой боевой позиции, тем наиболее эффективно сотрудник ОВД может противодействовать ему и начинать собственные атакующие движения на опережение. Антиципация в данной ситуации может иметь большое значение повышением психомоторной активности не только у сотрудника ОВД, но и у правонарушителя.

Основным показателем психомоторной активности может стать наименьший промежуток времени реакции на предвидение двигательных действий правонарушителя при активном его сопротивлении законным требованиям сотрудника полиции. Особенно антиципация дает большие преимущества сотруднику ОВД в

ситуациях, когда он на основе своих зрительных или слуховых экстерорецептивных ощущений быстрее воспринимает и предугадывает двигательные действия во время противоборства и оперативно применяет необходимые технико-тактические действия по обезвреживанию и задержанию правонарушителя.

Как было определено выше, владение в совершенстве таймингом и антиципацией, прежде всего, формируется за счет чувства микроинтервалов времени, который дает возможность контролировать создавшуюся экстремальную ситуацию с правонарушителями и обеспечивать правопорядок и общественную безопасность граждан.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Струганов, С.М. Особенности психологической подготовки сотрудников патрульно-постовой службы к действиям в экстремальных ситуациях с риском для жизни / С.М. Струганов, С.А. Горелов, Э.Э. Кугно // Общественная безопасность, законность и правопорядок в III тысячелетии. – 2024. – № 10-3. – С. 197-204.
2. Формирование готовности курсантов и слушателей образовательных организаций МВД России к силовому задержанию правонарушителей на занятиях по физической подготовке / Д.А. Тезиков, Л.А. Османов, С.М. Струганов, А.А. Антоненко // Глобальный научный потенциал. – 2024. – № 6 (159). – С. 132-135.
3. Основополагающая роль борьбы дзюдо и самбо при обучении курсантов в образовательных организациях МВД России и в служебной деятельности сотрудников органов внутренних дел / Ю.В. Захарова, С.М. Струганов, Л.В. Кан [и др.] // Обзор педагогических исследований. – 2025. – Т. 7. – № 6. – С. 256-261.
4. Малков, О.Б. Психомоторный самоприказ в структуре тайминга, как механизм максимально быстрого применения боевых действий в условиях антиципации поведения противника / О.Б. Малков // Боевые искусства и спортивные единоборства: наука, практика, воспитание: Материалы III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Москва, 21 сентября 2018 г.). – Москва: Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК), 2018. – С. 161-167.
5. Гожин, В.В. Специальные способности борца, влияющие на успешность распознавания образа специфической ситуации начала атаки / В.В. Гожин, В.Л. Дементьев, Ю.Н. Рогов // Спортивный психолог. – 2012. – № 3 (27). – С. 47-51.
6. Бакин, А.В. Физическое развитие и подготовленность подростков-дзюдоистов 11-14 лет / А.В. Бакин, С.М. Струганов // Современные вопросы биомедицины. – 2023. – Т. 7. – № 4 (25). – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_54896479_34411294.pdf (дата обращения: 12.03.2026).
7. Геллерштейн, С.Г. Психологические особенности скоростных действий и пути овладения ими (Связь между скоростью двигательных реакций и восприятием микроэлементов времени) / С.Г. Геллерштейн // Тезисы докладов на Совещании по психологии труда Академии педагогических наук РСФСР и Научно-исследовательского института психологии. – Москва, 1957. – С. 45-47.
8. Тышлер, Д.А. Программирование тактических знаний в системе многолетней подготовки фехтовальщиков / Д.А. Тышлер, Л.Г. Рыжкова // Теория и практика физической культуры. – 2006. – № 4. – С. 28-31.
9. Малков, О.Б. Теория тайминга в различных видах единоборств / О.Б. Малков // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 2022. – № 1. – С. 5-7.
10. Кан, Л.В. Совершенствование моментных характеристик выполнения защитно-атакующих действий сотрудниками органов внутренних дел методами обучения, используемыми в спортивных единоборствах / Л.В. Кан, В.О. Ким // Вестник Уфимского юридического института МВД России. – 2021. – № 1 (91). – С. 207-211.
11. Дементьев, В.Л. Идеомоторная тренировка как основа формирования состояния боевой готовности спортсмена / В.Л. Дементьев, С.В. Сизяев // Спортивный психолог. – 2009. – № 2. – С. 29-36.
12. Струганов, С.М. Особенности проведения наружного досмотра сотрудниками органов внутренних дел под угрозой огнестрельного оружия в особых условиях несения службы / С.М. Струганов, Л.В. Кан, А.А. Подрезов // Наука-2020. – 2024. – № 7 (74). – С. 143-148.
13. Кугно, Э.Э. Педагогические аспекты формирования готовности военнослужащих к деятельности в экстремальных ситуациях / Э.Э. Кугно // Вестник Бурятского государственного университета. – 2012. – № 1-1. – С. 196-199.

14. Кан, Л.В. Актуальные проблемы применения сотрудниками органов внутренних дел приемов задержания в служебной деятельности / Л.В. Кан, А.А. Подрезов // Евразийский юридический журнал. – 2023. – № 2 (177). – С. 350-352.
15. Кан, Л.В. Методика совершенствования подготовки сотрудников ОВД к выполнению служебных задач применением боевых приемов борьбы / Л.В. Кан, Ю.С. Крыжановский, А.А. Подрезов // Стратегическая стабильность. – 2022. – № 1 (98). – С. 51-54.
16. Селезнева, Ю.В. Антиципация и ее развитие у спортсменов единоборств / Ю.В. Селезнева // Вестник науки. – 2025. – Т. 2. – № 1 (82). – С. 899-904.
17. Акопян, А.О. Реакции антиципации в боксе и дзюдо / А.О. Акопян, Л.А. Кулагина, С.И. Телюк // Вестник спортивной науки. – 2018. – № 5. – С. 7-10.
18. Физиологические особенности тайминга и спейсинга квалифицированных борцов с учетом функциональной межполушарной асимметрии / Е.С. Тришин, Е.М. Бердичевская, А.С. Тришин, А.М. Тришина // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6. – № 2 (19). – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_48518989_53097665.pdf (дата обращения: 12.03.2026)
19. Блудова, И.Н. Использование принципов тайминга в контексте полицейского рукопашного боя / И.Н. Блудова, С.Г. Амелин, Я.А. Воробьев // Актуальные вопросы внедрения федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования: Материалы межвузовской учебно-методической конференции (Омск, 15 февраля 2012 г.). – Омск: Омская академия МВД России 2012. – С 113-115.
20. Инновационные методы обучения боевым приемам борьбы сотрудников органов внутренних дел на практических занятиях по физической подготовке / Л.В. Кан, Ю.В. Захарова, С.М. Струганов [и др.] // Успехи гуманитарных наук. – 2024. – № 10. – С. 241-246.

REFERENCES

1. Struganov S.M., Gorelov S.A., Kugno E.E. features of psychological training of patrol service employees for actions in extreme situations with a risk to life. *Public Safety, Legality and Law and Order in the III Millennium*, 2024, no. 10-3, pp. 197-204. (in Russ.)
2. Tezikov D.A., Osmanov L.A. et al. Formation of readiness of cadets and students of educational organizations of the Ministry of Internal Affairs of Russia for forcible detention of offenders in physical training classes. *Global Scientific Potential*, 2024, no. 6(159), pp. 132-135. (in Russ.)
3. Zakharova Yu.V., Struganov S.M., Kan L.V., Katrina M.I., Dudnichenko A.N. The fundamental role of judo and sambo in training cadets in educational organizations of the Ministry of Internal Affairs of Russia and in the service activities of employees of the internal affairs bodies. *Review of Pedagogical Research*, 2025, vol. 7, no. 6, pp. 256-261. (in Russ.)
4. Malkov O.B. Psychomotor self-order in the structure of timing as a mechanism for the fastest possible use of combat actions in conditions of anticipation of enemy behavior. Martial Arts and Combat Sports: Science, Practice, Education: Proceedings of the III All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation (Moscow, September 21, 2018). Moscow: Russian University of Sports “GTSOLIFK”, 2018. pp. 161-167. (in Russ.)
5. Gozhin V.V., Dementyev V.L., Rogov Yu.N. Special abilities of a wrestler influencing the success of recognizing the image of a specific situation at the beginning of an attack. *Sports Psychologist*, 2012, no. 3(27), pp. 47-51. (in Russ.)
6. Bakin A.V., Struganov S.M. Physical development and fitness of teenage judokas aged 11-14 years. *Modern Issues of Biomedicine*, 2023, vol. 7, no. 4(25). Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_54896479_34411294.pdf (accessed 12.03.2026) (in Russ.)
7. Gellerstein S.G. Psychological characteristics of high-speed actions and ways of mastering them (The connection between the speed of motor reactions and the perception of microelements of time). Abstracts of reports from the Meeting on Labor Psychology of the Academy of Pedagogical Sciences of the Russian SFSR and the Research Institute of Psychology. Moscow, 1957. pp. 45-47. (in Russ.)
8. Tyshler D.A., Ryzhkova L.G. Programming tactical knowledge in the system of long-term training of fencers, *Theory and Practice of Physical Culture*, 2006, no. 4, pp. 28-31. (in Russ.)
9. Malkov O.B. Timing theory in application to modern martial arts. *Physical education: education, training*, 2022, no. 1, pp. 5-7. (in Russ.)
10. Kan L.V., Kim V.O. Improvement of the moment characteristics of the performance of defensive and attacking actions by employees of the internal affairs bodies by training methods used in martial arts. *Bulletin of the Ufa Law Institute of the MIA of Russia*, 2021, no. 1(91), pp. 207-211. (in Russ.)
11. Dementyev V.L., Sizyaev S.V. Ideomotor training as a basis for developing an athlete’s combat fitness. *Sports Psychologist*, 2009, no. 2, pp. 29-36. (in Russ.)
12. Struganov S.M., Kan L.V., Podrezov A.A. Peculiarities of conducting external searches by

employees of internal affairs bodies under threat of firearms in special conditions of service. *Nauka-2020*, 2024, no. 7(74), pp. 143-148. (in Russ.)
13. Kugno E.E. The pedagogical aspects of soldiers' readiness to activity in extreme situation. *BSU Bulletin*, 2012, no. 1-1, pp. 196-199. (in Russ.)
14. Kan L.V., Podrezov A.A. Actual problems of the use of detention techniques by employees of internal affairs bodies in their official activities. *Eurasian Law Journal*, 2023, no. 2(177), pp. 350-352. (in Russ.)
15. Kan L.V., Kryzhanovsky Yu.S., Podrezov A.A. Methodology for improving training police officers to perform official tasks with the use of fighting techniques. *Strategicheskaya stabil'nost',* 2022, no. 1(98), pp. 51-54. (in Russ.)
16. Selezneva Yu.V. Anticipation and its development in martial arts athletes. *Vestnik nauki*, 2025, vol. 2, no. 1(82), pp. 899-904. (in Russ.)
17. Akopyan A.O., Kulagina L.A., Telyuk S.I. Reactions of anticipation in boxing and judo. *Sports Science Bulletin*, 2018, no. 5, pp. 7-10. (in Russ.)
18. Trishin E.S., Berdichevskaya E.M., Trishin A.S., Trishina A.M. Physiological features of timing and spacing of elite wrestlers taking into account functional hemispheric asymmetry. *Modern Issues of Biomedicine*, 2022, vol. 6, no. 2(19). Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_48518989_53097665.pdf (accessed 12.03.2026) (in Russ.)
19. Bludova I.N., Amelin S.G., Vorobyov Ya.A. Using timing principles in the context of police hand-to-hand combat. Current Issues of the Implementation of Federal State Educational Standards of Higher Professional Education: Materials of the Interuniversity Educational and Methodological Conference (Omsk, February 15, 2012). Omsk: Omsk Academy of the Ministry of Internal Affairs of Russia, 2012. pp. 113-115. (in Russ.)
20. Kan L.V., Zakharova Yu.V., Struganov S.M., Katrina M.I., Namsaraeva Y.V. Innovative methods of teaching combat techniques to internal affairs officers in practical physical training classes. *Modern Humanities Success*, 2024, no. 10, pp. 241-246. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:
Юлия Викторовна Захарова – старший преподаватель, Всероссийский институт повышения квалификации сотрудников МВД России, Домодедово, e-mail: impulsavto@bk.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR:
Yulia V. Zakharova – Senior Lecturer, All-Russian Institute for Advanced Training of Employees of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, Domodedovo, e-mail: impulsavto@bk.ru

Для цитирования: Захарова, Ю.В. Применение защитных и контратакующих действий из единоборств в служебной деятельности сотрудников органов внутренних дел при задержании и противоборстве с правонарушителями / Ю.В. Захарова // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_34

For citation: Zakharova Yu.V. The use of defensive and counterattacking actions from martial arts in the official activities of employees of internal affairs bodies during the detention and confrontation with offenders. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_34

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_35
УДК 796.92

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_35
UDC 796.92

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ТЕХНИКЕ КЛАССИЧЕСКИХ ЛЫЖНЫХ ХОДОВ: ТАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ И МЕТОДИКИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПО ДАННЫМ ЗАРУБЕЖНЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ

Ю.В. Корягина[1,2], В.С. Нопина[3], О.Н. Акимкина[2], И.Н. Калинина[4], С.В. Нопин[2]

[1]Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научный центр физической культуры и спорта», г. Москва, Россия

[2]Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства», г. Ессентуки, Россия

[3]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия

[4]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», г. Краснодар, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Целью явился анализ современных зарубежных тенденций в технике классических лыжных ходов, касающихся тактики их применения и методики совершенствования. ***Методы.*** Поиск информационных источников (статьи, тезисы докладов специализированных конференций) проводился по ключевому словосочетанию «classical skiing training» в базах данных PubMed и Академия Google. Глубина поиска – с 2000 года. ***Результаты.*** Зарубежными исследователями выделяются 5 классических ходов, но как правило на соревновательных дистанциях применяются 4 из них, а 3 являются основными и определяют результат спортсмена. К факторам, определяющим тактику применения различных ходов на протяжении дистанции, относят: оптимальную координацию движений, биомеханическую и энергетическую экономичность, рельеф трассы, скорость передвижения и подготовленность лыжника. ***Заключение.*** Совершенствование техники движений лыжника достигается на основе взаимосвязи технической, тактической и функциональной подготовки.

Ключевые слова: лыжные гонки, классический лыжный ход, технико-тактическая подготовленность, биомеханика спортивных движений, функциональная подготовленность.

MODERN FOREIGN TRENDS IN CLASSICAL SKI TECHNIQUES: APPLICATION TACTICS AND IMPROVEMENT METHODS ACCORDING TO THE FOREIGN DATA

Yu.V. Koryagina[1,2], V.S. Nopina[3], O.N. Akimkina[2], I.N. Kalinina[4], S.V. Nopin[2]

[1]Federal Scientific Center of Physical Culture and Sports, Moscow, Russia

[2]North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency, Essentuki, Russia

[3]I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

[4]Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Objective – to analyze modern foreign trends in classic ski techniques considering tactics of their application and methods for their improvement. ***Methods.*** The search of sources (articles, abstracts from specialized conferences) was conducted by the keyword “classical skiing training” in the PubMed, Google Scholar databases. Search depth – since 2000. ***Results.*** Foreign researchers identify 5 classical techniques, but as a rule, 4 of them are applied at competitive distances, and 3 are the main ones and determine the athlete’s result. The factors determining the tactics of using various techniques during the course include: optimal movement coordination, biomechanical and energy efficiency, the track’s terrain, the speed of movement and the fitness of the skier. ***Conclusion.*** The improvement of the skier’s movement technique is achieved due to the interrelation of technical, tactical and functional training.

Keywords: cross-country skiing, classical ski techniques, technical and tactical fitness, sports movement biomechanics, functional fitness.

Введение. Самый первый способ скольжения по снегу на лыжах, известный как классический ход, зародился вместе с самими лыжами, уходя корнями за тысячи лет до нашей эры. Эта техника, являясь основополагающей на протяжении тысячелетий, сохраняла свою актуальность до середины XX века, хотя и не стояла на месте, постоянно совершенствуясь.

Классический стиль, описываемый зарубежными специалистами, включает 5 лыжных ходов [1-4]. Исходя из англоязычных источников, они обозначаются как: попеременный двухшажный ход со скольжением (diagonal stride), попеременный двухшажный беговой ход (running diagonal stride) [3], елочка (herringbone), одновременный бесшажный ход (double poling), одновременный одношажный ход (double poling with a kick) [2, 4-7].

В связи с разнообразием классических лыжных дистанций по протяженности и рельефу, а также возможным особенностям скольжения и удержания лыж при разных погодных условиях [5, 8], физической и технической подготовки лыжников, возникает проблема выбора оптимального классического лыжного хода. Общеизвестно, что попеременный двухшажный ход используется в основном на умеренных и крутых подъемах, попеременный двухшажный беговой ход (не имеет скольжения) – на крутых и самых крутых подъемах, елочка – на самых крутых подъемах, одновременный бесшажный – на равнине (и является предпочтительной техникой на высоких скоростях), а одновременный одношажный ход в основном используется при передвижении по пологим и умеренным склонам [8-10]. Однако параметры, определяющие выбор этих техник, до конца не определены.

Цель работы – анализ современных зарубежных тенденций в технике классических лыжных ходов, касающихся тактики их применения и методики совершенствования.

Методы и организация исследования. Поиск информационных источников (статьи, тезисы докладов специализированных конференций) проводился по ключевому словосочетанию «classical skiing training» в базах данных (БД) PubMed и Академия Google. Глубина поиска – с 2000 года. Найденные источники отбирались, переводились и подвергались анализу и синтезу.

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты поискового запроса в БД PubMed представлены на рисунке, найдено 60 источников. В БД Академия Google по этому же запросу найдено 18 000 источников с нестрогим соответствием. Необходимо отметить, что работы, относящиеся только к методам обучения и совершенствования техники классических лыжных ходов, отсутствовали полностью. По-видимому, это связано с тем, что скорость и эффективность передвижения лыжника определяются не только совершенством владения определенным лыжным ходом, но и целым комплексом внешних и внутренних факторов [11, 12].

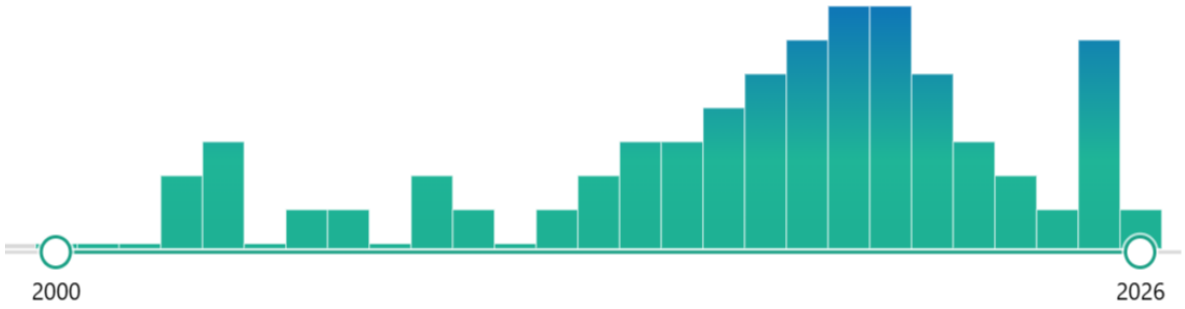


Рис. Результаты поискового запроса по ключевому словосочетанию «classical skiing training» в базе данных PubMed (найдено 60 источников)

Специалистами проводились исследования, посвященные анализу факторов, определяющих выбор техники в классических лыжных гонках [13].

Фактор координации движений частей тела лыжника. Ученые изучали координацию конечностей лыжников с точки зрения теории динамических систем. В рамках

этой теории предпочтительные модели координации в движениях человека характеризуются стабильностью в динамической системе, и, следовательно, переходы между моделями координации происходят в результате постепенных изменений стабильности. Авторы показали, что в лыжных гонках переход между ходами связан с потерей стабильности координации [13], однако этот подход не дает ответа на вопрос о причине изменения модели движения.

Факторы биомеханики и экономичности. Другими факторами определения и выбора оптимального хода у лыжников могут быть минимизация метаболических затрат и биомеханическая эффективность [14]. Для проверки данной гипотезы ученые для различных условий склона и скорости измерили биомеханические и энергетические параметры при передвижении на лыжах классическими лыжными ходами. Как показали исследования, лыжники предпочитали технику одновременного бесшажного хода для передвижения по равнине, а с увеличением крутизны склона переходили на одновременный одношажный, а затем – на одновременный двухшажный ход; при увеличении скорости все лыжники предпочитали технику одновременного бесшажного хода. Данные показали, что выбор техники в основном происходит для того, чтобы оставаться ниже порогового значения силы отталкивания. Критически низкие значения времени отталкивания ногами могут ограничивать использование техники, основанной на использовании ног, на высоких скоростях. Была выявлена небольшая роль метаболических затрат на передвижение, которые определяли выбор техники одновременного бесшажного хода для передвижения по равнине [7, 14].

Анализ колебаний энергии центра масс в беговых лыжах был использован итальянскими исследователями для выявления лежащего в основе механизма классической техники. Ученые наблюдали, что при попеременном двухшажном классическом ходе колебания потенциальной и кинетической энергии изменялись по фазам, из-за чего попеременный двухшажный ход напоминал бег, хотя значительная часть энергии при попеременном двухшажном ходе теряется из-за сопротивления качению. Применение принципа работы-энергии для сегментации данных о движении лыжников на снегу позволило оценить их механическую мощность. Хотя часть механической работы, выполняемой при передвижении на лыжах, может быть рассчитана с учетом уклона, средней скорости и трения, дополнительный расчет перемещений центра масс внутри цикла и колебаний скорости хотя и подвержен некоторым ограничениям и критике, позволяет получить более полную оценку количества механической работы, выполняемой лыжником для поддержания своего движения относительно окружающей среды [15].

В систематическом обзоре, проведенном группой ученых из Италии, Новой Зеландии, Швеции, Канады и Китая, посвященном анализу взаимосвязей между биомеханическими факторами (включая кинематику, кинетику и активацию мышц) и результатами передвижения на лыжах и лыжероллерах было установлено, что результаты в беговых лыжах улучшаются за счет кинематики суставов, всего тела, лыж и палок, которая способствует поступательному движению, минимизируя при этом ненужные движения. Длина цикла хода, чаще всего рассматриваемая как основной фактор, определяющий скорость передвижения на лыжах, также связана с экономичностью и уровнем мастерства. Более высокая частота цикла связана с максимальной скоростью, в то время как самостоятельно выбранная частота цикла улучшает экономичность передвижения на лыжах на субмаксимальных скоростях [11].

Фактор рельефа трассы. Предположим, что выбор техники лыжниками зависит от уклона. По мере увеличения подъема от 2 до 3° лыжники постепенно переключаются с одновременного бесшажного на одновременный одношажный ход. Дополнительный толчок левой или правой ногой при одновременном бесшажном ходе с увеличением уклона становится необходимым. Одновременный одношажный ход используется примерно до 5°. При уклоне свыше 5° обычно происходит дальнейшее изменение хода с одновременного одношажного к попеременному двухшажному.

На склонах круче 6° попеременный двухшажный ход используют все лыжники [14].

На участках трассы средней сложности авторы рекомендуют использовать больше одновременный бесшажный год и/или одновременный одношажный ход, меньше – попеременный двухшажный ход, а также меньше переходов между ходами. Факторы, определяющие результаты в соревнованиях, зависят от пола: наибольший потенциал для улучшения результатов наблюдается на равнине у мужчин и на крутых подъемах у женщин [16].

Фактор скорости. С точки зрения результативности лыжника на соревновательной дистанции, наиболее значимым может быть достижение наибольшей скорости. Специалисты оценили максимальную скорость попеременного двухшажного хода для 12 элитных лыжников на беговой дорожке с наклоном 1,5° вверх, получив значение 4,8±0,2 м/с [16], т.е. скорость для попеременного двухшажного хода и его бегового варианта обычно ниже 5 м/с. Для передвижения на лыжах по равнине попеременный двухшажный ход наименее экономичен, тогда как при использовании техники конькового хода достигается скорость на 10-30% выше. В зависимости от скорости, при условии пологого подъема на 2° предпочтения лыжников обычно следующие [14]: на очень низких скоростях предпочтительнее попеременный двухшажный ход, на более высоких скоростях лыжники предпочитают одновременный бесшажный или одновременный одношажный ходы, на скоростях выше 16 км/ч ≈ 4,44 м/с все лыжники предпочитают одновременный бесшажный ход.

Как показали исследования, максимальная скорость при передвижении одновременным бесшажным ходом на беговой дорожке с наклоном 1,5° вверх составляет 8,4±0,5 м/с [15], но есть мнение, что широкое использование одновременного бесшажного хода при передвижении в подъем может быть ограничено более высокими анаэробными нагрузками [3].

Фактор технической подготовленности. Преимущество в скорости и экономичности передвижения дают особенности техники выполнения лыжных ходов. Например, для разного рельефа трасс используется «низкое скольжение» или «высокое скольжение» [17]. «Низкое скольжение» включает в себя постепенный перенос веса с лыжи, отталкивающей ногу, на скользящую лыжу. Увеличение переноса веса вызывает постепенный переход к «высокому скольжению», где вся нагрузка в конечном итоге переносится на скользящую лыжу. Этот перенос нагрузки происходит во время подъема тела за счет разгибания суставов ног. Когда скользящая лыжа замедляется и останавливается, происходит следующая фаза отталкивания – сгибание и разгибание. Из высокого положения бедра с разогнутыми тазобедренными и коленными суставами происходит быстрое сгибание и движение вниз. Это передает мышечную силу на лыжню, обеспечивая хорошее сцепление для последующего отталкивания.

Эффективность передвижения попеременным двухшажным ходом связана с большей длиной цикла хода, большим импульсом силы во время более короткого отталкивания с большим диапазоном сгибания/разгибания в суставах ног, более длинным размахом ног и более поздним пиком силы отталкивания палками [17].

Ученые университета Колорадо (США) [18] выявили, что кинетическая и гравитационная потенциальная энергии колебались в противофазе во время скользящего и бегового попеременного двухшажного хода. Однако рассеивание кинетической энергии в виде тепла трения во время скольжения при попеременном двухшажном ходе не могло быть упруго накоплено в сухожилиях, как при беге.

Одновременный бесшажный ход дает наибольшие возможности по адаптации скорости. При передвижении одновременным бесшажным ходом возможно использование ног для позиционирования тела, но с движением исключительно за счет палок. Обе палки перемещаются симметрично и синхронно. Движущее действие усиливается за счет значительного сгибания туловища, а участие ног минимально [14].

Специалисты Каролинского института (Стокгольм, Швеция) [19] показали, что скорость одновременного бесшажного хода меньше зависит от частоты отталкивания

палками и больше от силы отталкивания палками за счет активации мышц в определенных схемах и последовательностях. Сначала задействуются сгибатели туловища и бедра. Затем – разгибатели плеча и разгибатели локтя, а также трехглавая мышца плеча. К концу цикла отталкивания палками добавляются некоторые специфические дополнительные движения. Лучшие лыжники, адаптируя характеристики своих движений к скорости одновременного бесшажного хода, сосредотачиваются на большей силе, приложенной палками во время более короткой фазы отталкивания, более высоких скоростях сгибания и меньших углах в суставах. При максимальной скорости одновременного бесшажного и попеременного двухшажного ходов обнаружена положительная корреляция между значениями лактата и техническими параметрами движений лыжников, с одной стороны, и результатами в спринте, с другой стороны [10].

Учеными из Зальцбурга выявлено, что увеличение скорости при одновременном бесшажном ходе происходит за счет увеличения длины и частоты цикла, а также сокращения продолжительности отталкивания палками и отталкивания ногами. Пиковые и средние силы отталкивания палками/ногами увеличиваются несмотря на сохранение импульсов силы. Во время отталкивания ногами, руками и спиной диапазон движений сохраняется для сгибания и разгибания бедра/колена и увеличивается для сгибания и разгибания локтя. Отталкивание ногами существенно различалось среди элитных лыжников. Увеличение времени размаха рук и средней силы отталкивания палками коррелирует с увеличением длины цикла [20].

Фактор физической подготовленности. Скорость лыжника при определенном рельефе зависит от его физической подготовки, характеристик лыж и снега. Индивидуальные характеристики лыжника, такие как его способность развивать силу верхними и нижними конечностями, рост и масса тела, а также индивидуальные предпочтения, основанные на предыдущем опыте, также влияют на выбор техники. Передвижение с высокой скоростью одновременным бесшажным ходом в подъем при переходе к попеременному двухшажному у хорошо тренированных лыжников не влияет на изменение скорости потребления кислорода, активацию мышц и силу мышц в дальнейшей гонке. Таким образом, лыжники вполне могут использовать одновременный бесшажный ход до изнеможения на подъеме, прежде чем переключиться на менее скоростную технику – попеременный двухшажный ход, предполагая, что промежуточный одновременный одношажный ход пропускается [21].

Возросшая распространенность одновременного бесшажного хода [5, 19] привела к тому, что некоторые лыжники стали уделять больше внимания тренировкам на пресс для укрепления мышц живота. В более общем плане, по мнению авторов, в будущих исследованиях следует уделять больше внимания поиску правильного баланса между кардио тренировками и целенаправленными силовыми тренировками отдельных мышц и групп мышц, имеющих решающее значение для конкретных лыжных техник [3].

По данным исследователей Зальцбургского университета, взаимосвязь между упражнениями на общую силу и максимальную аэробную выносливость зависит от лыжного хода. Мощность, развиваемая при жиме лежа и тяге, была связана с максимальным потреблением кислорода (МПК), достигаемым при передвижениях на лыжероллерах одновременным бесшажным и попеременным двухшажным ходами, тогда как результат теста на максимально поднятый вес был связан с МПК, достигнутым при передвижении одновременным одношажным коньковым ходом. Параметры теста изометрических приседаний не были связаны с МПК ни при одной из трех лыжных техник, в то время как имелась взаимосвязь между высотой и скоростью развития силы во время прыжка из приседа. Анализ кинетики и кинематики движений показал, что не только величина приложенных сил при передвижении на лыжероллерном тредмиле, но и время и правильный момент приложения силы были основными факторами, различающими более быстрых и более медленных лыжников.

Для всех техник более быстрые лыжники использовали разные стратегии передвижения при приближении к МПК по сравнению с более медленными лыжниками. Общая сила и мощность сами по себе, по-видимому, не являются основными факторами, определяющими результаты лыжников, в то время как координация этих способностей в рамках различных и сложных движений определяют результат в лыжных гонках [10, 22].

Тенденцией современных лыжных гонок является увеличение популярности применения конькового лыжного стиля. Тем не менее, большое количество современных научных работ посвящено изучению нюансов классической техники. Так, норвежскими учеными разрабатывается платформа для сравнения и обмена результатами методов анализа техники (по данным двигательных паттернов) в классическом лыжном стиле. Свою разработку специалисты представляют в статье и предлагают формальные компоненты движения и определения техники классического стиля, а также классификаторы подтехник. Если принять предложенные определения классических элементов техники классического лыжного спорта, то представленный классификатор позволяет сопоставить показатели, полученные на основе определений компонентов движения, с уникальным представлением этих элементов. Такая формализация и структура могут быть использованы для новых компонентов движения, принципов измерения и классификаторов, разработки полезных инструментов для тренеров и спортсменов в условиях тренировок и соревнований, а также для проверки новых исследовательских гипотез [23].

Заключение. Анализ современных зарубежных тенденций в технике классических лыжных ходов показал, что зарубежными исследователями выделяются 5 классических ходов, но, как правило, на соревновательных дистанциях применяются 4 из них, а 3 являются основными и определяют результат спортсмена. К факторам, определяющим тактику применения различных ходов на протяжении дистанции относят: оптимальную координацию движений, биомеханическую и энергетическую экономичность, рельеф трассы, скорость передвижения и подготовленность лыжника. Арсенал технической и тактической подготовленности спортсмена позволяет достигать наибольшей скорости, а хорошая физическая подготовленность позволяет расширять данный арсенал. Следовательно, совершенствование техники движений лыжника достигается на основе взаимосвязи технической, тактической и функциональной подготовки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа выполнена в соответствии с государственным заданием №77-00021-26-00 от 30.12.2025 ФГБУ «Федеральный научный центр физической культуры и спорта» на НИР: «Формирование актуальных направлений совершенствования методик обучения юных спортсменов технике спортивных движений в различных группах видов спорта (по данным российских и зарубежных научных исследований)».

Conflict of Interest. The authors declare no conflicts of interest.

Financing. The work was performed under the state assignment No 77-00021-26-00 dated 12/30/2025 of the Federal Scientific Center for Physical Culture and Sports for the Research Project titled “Formation of relevant directions for improving methods of teaching young athletes the technique of sports movements in various groups of sports (according to Russian and foreign scientific research)”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современная лыжная техника: сочетание мощности и экономичности (по данным зарубежной литературы) / В.И. Михалев, Ю.В. Корягина, О.С. Антипова [и др.] // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2015. – № 4(122). – С. 132-139.

2. Корягина, Ю.В. «Большой балет на лыжах» – современный взгляд зарубежных исследователей на классификацию стилей и ходов в

лыжных гонках / Ю.В. Корягина, В.С. Нопина, О.Н. Акимкина // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_35.
3. Hausken, K. Exhaustive classification and review of techniques and research program for techniques for Skate Skiing, Classical Skiing, and Ski Mountaineering / K. Hausken // The Open Sports Sciences Journal. – 2017. – Vol. 10. – No. 1.
4. Methodological guidelines designed to improve the quality of research on cross-country skiing / B. Pellegrini, Ø. Sandbakk, T. Stöggl [et al.] // Journal of Science in Sport and Exercise. – 2021. – Vol. 3(3). – P. 207-223.
5. Holmberg, H. Integrative biomechanics and physiology in c-c skiing / H. Holmberg // 6th International Congress on Science and Skiing, St. Christoph A. Arlberg. – Austria, 2013. – P. 7.
6. Macro-kinematic differences between sprint and distance cross-country skiing competitions using the classical technique / F. Marsland, J. Anson, G. Waddington [et al.] // Frontiers in physiology. – 2018. – No. 9 – P. 570.
7. Pellegrini, B. Developments in the biomechanics and equipment of Olympic cross-country skiers / B. Pellegrini, T.L. Stöggl, H.C. Holmberg // Frontiers in physiology. – 2018. – Vol. 9. – P. 976.
8. Sandbakk, O. Analysis of a sprint ski race and associated laboratory determinants of world-class performance / O. Sandbakk // Europe J. Appl. Physiology. – 2011. – Vol. 111. – P. 947-957.
9. Andersson, E. Analysis of sprint cross-country skiing using a differential global navigation satellite system / E. Andersson // Europe J. Appl. Physiology. – 2010. – Vol. 110. – P. 585-595.
10. General strength and kinetics: fundamental to sprinting faster in cross country skiing? / T. Stöggl, E. Mueller, M. Ainegren, H.C. Holmberg // Scandinavian journal of medicine & science in sports. – 2011. – Vol. 21(6). – P. 791-803.
11. Biomechanical determinants of cross-country skiing performance: A systematic review / C. Zoppirolli, K. Hébert-Losier, H.C. Holmberg, B. Pellegrini // Journal of sports sciences. – 2020. – Vol. 38(18). – P. 2127-2148.
12. Sandbakk, Ø. A reappraisal of success factors for Olympic cross-country skiing / Ø. Sandbakk, H.C. Holmberg // International journal of sports physiology and performance. – 2014. – Vol. 9(1). – P. 117-121.
13. Dynamics of coordination in cross-country skiing / F. Cignetti, F. Schena, P.G. Zanone, A. Rouard // Human Movement Science. – 2009. – Vol. 28(2). – P. 204-217.
14. Biomechanical and energetic determinants of technique selection in classical cross-country skiing / B. Pellegrini, C. Zoppirolli, L. Bortolan [et al.] // Human movement science. – 2013. – Vol. 32(6). – P. 1415-1429.
15. Biomechanics of cross country skiing, from single segment to whole body movement / B. Pellegrini, Ch. Zoppirolli, L. Bortolan, F. Schena // 3rd International Congress on Science and Nordic Skiing – ICSNS 2015. Congress Proceedings. – Finland, Vuokatti: June 5-8, 2015. – P. 20.
16. Stöggl, T. Analysis of a simulated sprint competition in classical cross country skiing / T. Stöggl, S. Lindinger, E. Müller // Scand J Med Sci Sports. – 2007. – Vol. 17(4). – P. 362-372.
17. Biomechanical pole and leg characteristics during uphill diagonal roller skiing / S.J. Lindinger, C. Göpfert, T. Stöggl [et al.] // Sports Biomech. – 2009. – Vol. 8(4). – P. 318-333.
18. Forces and mechanical energy fluctuations during diagonal stride roller skiing; running on wheels? / A.L. Kehler, E. Hajkova, H.-C. Holmberg, R. Kram // J Exp Biol. – 2014. – Vol. 217(21). – P. 3779-3785.
19. Contribution of the legs to double-poling performance in elite cross-country skiers / H.-C. Holmberg, S. Lindinger, T. Stöggl [et al.] // Med Sci Sports Exerc. – 2006. – Vol. 38(10). – P. 1853-1860.
20. Biomechanical characteristics and speed adaptation during kick double poling on roller skis in elite cross-country skiers / C. Göpfert, H-C. Holmberg, T. Stöggl [et al.] // Sports Biomech. – 2013. – Vol. 12(2). – P. 154-174.
21. Björklund, G. The effects of prior high intensity double poling on subsequent diagonal stride skiing characteristics / G. Björklund, H.-C. Holmberg, T. Stöggl // Springerplus. – 2015. – Vol. 4(1). – P. 40.
22. Impact of incline, sex and level of performance on kinematics during a distance race in classical cross-country skiing / T. Stöggl, B. Welde, M. Supej [et al.] // Journal of sports science & medicine. – 2018. – Vol. 17(1). – P. 124.
23. Assessment of basic motions and technique identification in classical cross-country skiing / J. Tjønnås, T.M. Seeberg, O.M.H. Rindal [et al.] // Frontiers in psychology. – 2019. – Vol. 10. – P. 1260.

REFERENCES

1. Mikhalev V.I., Koryagina Yu.V., Antipova O.S., Aikin V.A., Sukhinin E.M. Modern ski technique: combination of power and economy (according to foreign literature). *Scientific Note of the P.F. Lesgaft University*, 2015, no. 4(122), pp. 132-139. (in Russ.)
2. Koryagina Yu.V., Nopina V.S., Akimkina O.N. “Big ski ballet” – a modern view of foreign researchers on the classification of styles and

techniques in cross-country skiing. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_35. (in Russ.)
3. Hausken K. Exhaustive classification and review of techniques and research program for techniques for Skate Skiing, Classical Skiing, and Ski Mountaineering. *The Open Sports Sciences Journal*, 2017, vol. 10, vol. 1.
4. Pellegrini B., Sandbakk Ø. et al. Methodological guidelines designed to improve the quality of research on cross-country skiing. *Journal of Science in Sport and Exercise*, 2021, vol. 3(3), pp. 207-223.
5. Holmberg H. Integrative biomechanics and physiology in c-c skiing. 6th International Congress on Science and Skiing. Austria, 2-13. p. 7.
6. Marsland F., Anson J., Waddington G., Holmberg H.C., Chapman D.W. Macro-kinematic differences between sprint and distance cross-country skiing competitions using the classical technique. *Frontiers in physiology*, 2018, vol. 9, p. 570.
7. Pellegrini B., Stöggl T.L., Holmberg H.C. Developments in the biomechanics and equipment of Olympic cross-country skiers. *Frontiers in physiology*, 2018, vol. 9, p. 976.
8. Sandbakk O. Analysis of a sprint ski race and associated laboratory determinants of world-class performance. *Europe J. Appl. Physiology*, 2011, vol. 111, pp. 947-957.
9. Andersson E. Analysis of sprint cross-country skiing using a differential global navigation satellite system. Europe J. Appl. Physiology, 2010, vol. 110, pp. 585-595.
10. Stöggl T., Mueller E. et al. General strength and kinetics: fundamental to sprinting faster in cross country skiing? *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 2011, vol. 21(6), pp. 791-803.
11. Zoppirolli C., Hébert-Losier K. et al. Biomechanical determinants of cross-country skiing performance: A systematic review. *Journal of sports sciences*, 2020, vol. 38(18), pp. 2127-2148.
12. Sandbakk Ø., Holmberg H.C. A reappraisal of success factors for Olympic cross-country skiing. *International journal of sports physiology and performance*, 2014, vol. 9(1), pp. 117-121.
13. Cignetti F., Schena F., Zanone P.G., Rouard A. Dynamics of coordination in cross-country skiing. *Human Movement Science*, 2009, vol. 28(2), pp. 204-217.
14. Pellegrini B., Zoppirolli C., Bortolan L. et al. Biomechanical and energetic determinants of technique selection in classical cross-country skiing. *Human movement science*, 2013, vol. 32(6), pp. 1415-1429.
15. Pellegrini B., Zoppirolli Ch., Bortolan L., Schena F. Biomechanics of cross country skiing, from single segment to whole body movement. 3rd International Congress on Science and Nordic Skiing – ICSNS 2015. Congress Proceedings. Vuokatti, Finland: June 5-8th, 2015. p. 20.
16. Stöggl T., Lindinger S., Müller E. Analysis of a simulated sprint competition in classical cross country skiing. *Scand J Med Sci Sports*, 2007, vol. 17(4), pp. 362-372.
17. Lindinger S.J., Göpfert C. et al. Biomechanical pole and leg characteristics during uphill diagonal roller skiing. *Sports Biomech*, 2009, vol. 8(4), pp. 318-333.
18. Kehler A.L., Hajkova E., Holmberg H.-C., Kram R. Forces and mechanical energy fluctuations during diagonal stride roller skiing; running on wheels? *J Exp Biol*, 2014, vol. 217(21), pp. 3779-3785.
19. Holmberg H.-C., Lindinger S., Stöggl T. Et al. Contribution of the legs to double-poling performance in elite cross-country skiers. *Med Sci Sports Exerc*, 2006, vol. 38(10), pp. 1853-1860.
20. Göpfert C., Holmberg H.-C., Stöggl T., Müller E., Lindinger S.J. Biomechanical characteristics and speed adaptation during kick double poling on roller skis in elite cross-country skiers. *Sports Biomech*, 2013, vol. 12(2), pp. 154-174.
21. Björklund G., Holmberg H.-C., Stöggl T. The effects of prior high intensity double poling on subsequent diagonal stride skiing characteristics. *Springerplus*. 2015, vol. 4(1), p. 40.
22. Stöggl T., Welde B., Supej M. et al. Impact of incline, sex and level of performance on kinematics during a distance race in classical cross-country skiing. *Journal of sports science & medicine*, 2018, vol. 17(1), p. 124.
23. Tjønnås J., Seeberg T.M., Rindal O.M.H. et al. Assessment of basic motions and technique identification in classical cross-country skiing. *Frontiers in psychology*, 2019, vol. 10, p. 1260.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Юлия Владиславовна Корягина – доктор биологических наук, профессор, руководитель центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки; ведущий научный сотрудник ФГБУ «Федеральный научный центр физической культуры и спорта», Москва, e-mail: nauka@skfmba.ru, koryagina.y.v@vniifk.ru.

Вероника Сергеевна Нопина – студент, ИКМ им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, Москва, e-mail: vernopina@yandex.ru.

Оксана Николаевна Акимкина – научный сотрудник центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки, e-mail: o.akimkina@skfmba.ru.
Ирина Николаевна Калинина – доктор биологических наук, профессор, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар, e-mail: kalininirina@yandex.ru.
Сергей Викторович Нопин – доктор биологических наук, главный научный сотрудник центра медико-биологических технологий, Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства, Ессентуки, e-mail: work800@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Yulia V. Koryagina – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Center of Biomedical Technologies, North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency, Essentuki; Lead Researcher, Federal Scientific Center of Physical Culture and Sports, Moscow, e-mail: nauka@skfmba.ru, koryagina.y.v@vniifk.ru.
Veronika S. Nopina – Student, N.V. Sklifosovskij Institute of Clinical Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow e-mail: vernopina@yandex.ru.
Oksana N. Akimkina – Researcher of the Center of Biomedical Technologies, North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency, Essentuki, e-mail: o.akimkina@skfmba.ru.
Irina N. Kalinina – Doctor of Biological Sciences, Professor, Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar, e-mail: kalininirina@yandex.ru.
Sergej V. Nopin – Doctor of Biological Sciences, Lead Researcher of the Center of Biomedical Technologies, North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency, Essentuki, e-mail: work800@yandex.ru.

Для цитирования: Современные тенденции в технике классических лыжных ходов: тактика применения и методики совершенствования по данным зарубежных исследователей / Ю.В. Корягина, В.С. Нопина, О.Н. Акимкина [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_35

For citation: Koryagina Yu.V., Nopina V.S., Akimkina O.N., Kalinina I.N., Nopin S.V. Modern foreign trends in classical ski techniques: application tactics and improvement methods according to the foreign data. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_35

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_36
УДК 796.92

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_36
UDC 796.92

ОЦЕНКА РИТМО-СТРУКТУРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ЛЫЖНЫХ ГОНКАХ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПО-РИТМОВОГО РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ

В.Ю. Куимов
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Цель исследования: оценить ритмо-структурные показатели лыжников-гонщиков при изменении темпо-ритмовых режимов движения. ***Методы.*** В исследовании приняли участие 8 лыжников-гонщиков, имеющих разряд кандидата в мастера спорта. Тестирование проходило в г. Красноярске (Многофункциональный спортивный комплекс «Академия биатлона») на подъеме длиной 200 метров и с уровнем наклона 6-7 градусов. Измерение угловой скорости осуществлялось с помощью инерциального датчика «WitMotion» во время конькового одновременного одношажного хода в трех различных режимах темпо-ритмового движения: с полной амплитудой движения, в стандартном тренировочном темпе, с частичной амплитудой движения (укороченный мах). ***Результаты.*** Установлено, что частота основного колебания амплитудного спектра угловой скорости увеличивается при повышении интенсивности темпо-ритмового режима движения. Смещение большей части значений количества махов при повышении интенсивности темпо-ритмового режима движения проявляется в сторону срединных показателей асимметрии (на уровне 50%). ***Заключение.*** Ключевыми ритмо-структурными показателями, характеризующими зависимость темпа движения от рельефа лыжной трассы, оказались частота основного колебания амплитудного спектра и число махов в рамках заданного диапазона асимметрии.
Ключевые слова: лыжные гонки, биомеханика, ритмо-структурные характеристики, угловая скорость, частота, амплитуда, асимметрия, рельеф, датчик акселерации.

ASSESSMENT OF RHYTHMIC-STRUCTURAL INDICES IN CROSS-COUNTRY SKIING WHEN CHANGING THE TEMPO-RHYTHMIC MODES OF MOVEMENT

V.Yu. Kuimov
Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The objective of the study was to evaluate the rhythmic-structural parameters of ski racers when changing the tempo-rhythmic modes of movement. ***Methods.*** Eight cross-country skiers with the Candidate Master of Sports rank participated in the study. Testing took place in Krasnoyarsk (the “Biathlon Academy” Multifunctional Sports Complex) on a 200-meter climb with a 6-7 degree incline. Angular velocity was measured using a WitMotion inertial sensor during a skating, simultaneous, single-step gait in three different tempo-rhythmic modes: 1) full range of motion, 2) standard training tempo, and 3) partial range of motion (shortened swing). ***Results.*** It was found that the fundamental oscillation’s frequency of the angular velocity’s amplitude spectrum enhances with increasing intensity of the tempo-rhythmic mode of movement. With increasing intensity of the tempo-rhythmic mode of movement, the majority of the values of the number of swings shift toward the median asymmetry values (at the 50% level). ***Conclusion.*** The key rhythmic-structural indices characterizing the dependence of the movement tempo on the relief of the ski track turned out to be the frequency of the amplitude spectrum’s main oscillation and the number of swings within a given asymmetry range.
Keywords: cross-country skiing, biomechanics, rhythmic-structural characteristics, angular velocity, frequency, amplitude, asymmetry, terrain, acceleration sensor.

Введение. Концептуальный подход в скоростно-силовой подготовке лыжников-гонщиков за последнее десятилетие приобрел особую значимость при построении тренировочного процесса [1-3]. Основываясь на поляризованной модели подготовки относительно интенсивности частоты сердечных сокращений, тренеры и специалисты лыжного спорта внедряют в систему тренировок формат блоковой периодизации силового тренинга (основы программы по Иссурину В.Б.) [4] общей физической подготовки, подбирая преимущественно комплекс упражнений, задействующих основные группы

мышц, которые используются с применением специального инвентаря. Особое значение в специальном силовом тренинге лыжников-гонщиков имеют тренировки, направленные на развитие медленных мышечных волокон при непосредственном оказании внешнего сопротивления на мышцы со стороны рельефа лыжных трасс [5], дополнительного веса (жилет, пояс) и т.п. Комбинированный подход силового тренинга лыжников-гонщиков оказывает особое воздействие на структуру мышечного волокна и саркоплазматическую сеть. Рассматривая рельеф лыжной трассы как внешнее сопротивление со стороны силового компонента, нужно обратить внимание на нагрузку, воздействующую на медленные мышечные волокна, поскольку она имеет прямую пропорциональность по отношению к увеличению уровня градиента рельефа. Основной объем тренировочной нагрузки сосредоточен в аэробной зоне интенсивности, что характерно для развития окислительных способностей мышечного волокна в видах спорта на выносливость. Для проведения сравнительного анализа скоростно-силовых способностей у двух групп испытуемых Гурский А.В. и соавт. внедрили скоростно-силовой комплекс подготовки для основной группы и провели тестирование, которое показало, что наибольшие различия в результатах зафиксированы по показателям времени, затраченного на прохождение стометровой дистанции на лыжероллерах одновременным бесшажным ходом за счет одних только толчков руками. По мнению Гурского А.В. и соавт., повышение скорости прохождения дистанции у испытуемых основной группы было достигнуто в основном за счет увеличения длины шага, т.е. увеличения силы отталкивания, а не за счет повышения темпа движения [6].

Hay J.G. считает, что в циклических видах спорта основным фактором увеличения скорости передвижения до максимальной является повышение частоты движений в цикле [7]. Многие авторы отмечают, что темп движений в структуре лыжных передвижений является единственным способом регулирования скорости, в то время как длина цикла преимущественно остается постоянной [8]. По мнению А.С. Дорожко, показатели ритмо-структурных характеристик позволяют тренерам и специалистам лыжного спорта провести оперативный контроль двигательных действий в период приложения усилий палочками на различном по уровню градиента рельефе, основываясь на изменении угловой скорости, тензометрических показаний, обработанных с датчиков, встроенных в палочки и лыжероллеры [5].

Гусейнов Д.И. с другими авторами в исследовании рассматривает ритмо-структурные характеристики как оценку технической подготовленности, основанной на показателях реципрокной координации движений [9].

Процентное соотношение развитых медленных и быстрых мышечных волокон образовано и распределено с учетом индивидуальных физиологических особенностей лыжников-гонщиков, а также степени их тренированности. Проявление быстроты или силы воздействия на клеточном уровне по оказываемой форме нагрузки при вовлечении большого количества мышечных волокон в специальном двигательном действии, преодолевая подъемы лыжных трасс различной крутизны, можно наблюдать при измерении ритмо-структурных характеристик, показатели которых отличаются по степени проявления амплитуды, частоты и асимметрии колебаний угловой скорости. А.С. Дорожко и др. отмечено, что на изменение ритмо-структурных характеристик оказывает влияние уровень градиента рельефа [5]. Отклик проприорецепторов мышечного волокна на оказываемую нагрузку со стороны внешнего сопротивления (рельеф лыжной трассы) регулируется спортсменом самостоятельно на основе субъективных ощущений, практических наблюдений тренеров, тестирования и оценки с помощью измерительных устройств. Большинство авторов научных исследований рассматривают ритмо-структурные характеристики как средство изучения техники двигательного действия, а не как метод оценки тренировочной нагрузки при оказываемой внешней нагрузке, сформированной различной формой крутизны рельефа.

Цель исследования – оценить ритмо-структурные показатели лыжников-гонщиков при изменении режимов темпо-ритмового движения.

Методы и организация исследования. Исследование проходило на базе Многофункционального спортивного комплекса «Академии биатлона». В рамках проведенного исследования было протестировано 8 лыжников-гонщиков, имеющих квалификацию кандидата в мастера спорта. Измерение было выполнено на подъеме 200 метров с углом наклона, равным 6-7° (пологий подъем). Условия трассы – твердая, приблизительно до 2 см покрыта слоем свежего снега, основание покрова лыжной трассы очень жесткое. Скольжение хорошее, тестирование осуществлялось на лыжах «Fisher 3D speed max». Измерение угловой скорости производилось с помощью датчика акселерации «WitMotion» с частотой измерения параметров равной 200 Гц. Сигналы данных с датчика передавались по радиоканалам Bluetooth, принимались и архивировались в мобильном смартфоне. Датчик акселерации «WitMotion WT9011DCL» при измерении был закреплен посередине плеча (рис. 1).

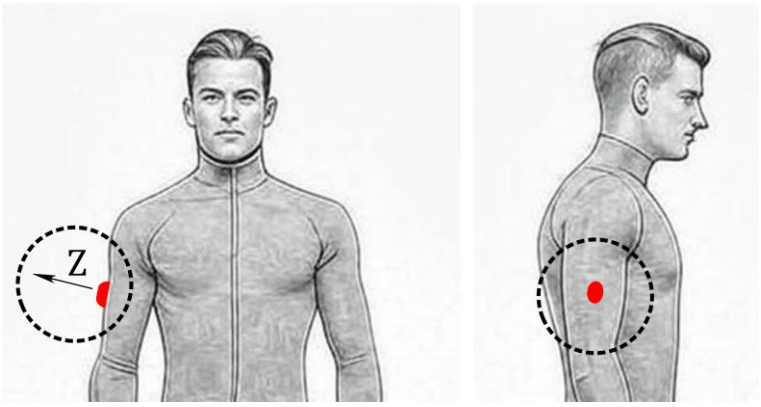


Рис. 1. Место закрепления и направление оси Z датчика WitMotion

Тестирование проводилось в условиях преимущественно аэробного энергообеспечения при передвижении коньковым одновременным одношажным ходом на подъеме 6-7°. Испытуемые преодолевали подъем в трех установленных режимах темпо-ритмового движения: работа в стандартном темпе, с полной амплитудой движения, с частичной амплитудой движения (укороченный мах). В контексте биомеханического анализа темпо-ритмовой структуры движений амплитуда интерпретируется как характеристика махового действия (отталкивание лыжными палками в подъем), дифференцируемая на стандартную, сокращенную и полную.

Обработка данных измерений угловой скорости проводилась с использованием программирования на языке Python 3.12. С целью избавиться от высокочастотных шумов данные измерения угловой скорости датчика относительно оси Z обрабатывались с использованием фильтра низких частот.

Затем все измерения разделялись на отдельные колебания (махи), каждое из которых начиналось и заканчивалось в местах, где угловая скорость меняла знак с отрицательной на положительную, т.е. $w_i<0$ и $w_{(i+1)}>0$, где w_i – i-я точка измерения. Отдельное колебание (мах), обозначенное в непрерывных данных, можно увидеть на рисунке 2.

После того, как все данные были разбиты на отдельные махи, для каждого из них были получены величины:

1) размах колебаний P (разница между максимальным и минимальным значениями), °/с;

2) период колебания T, с;

3) время t^+, в течение которого угловая скорость была положительной, с.

После чего высчитывалась ассиметрия (Asym, %) как отношение времени t^+ к общему времени T: $Asym = t^+/T \cdot 100$.

Обработка данных проведена с применением традиционных методов математической статистики в программном обеспечении Excel 2019: расчет среднегрупповых значений (M), стандартного квадратичного отклонения (σ), оценка выборок на соответствие нормальному распределению (тест Шапиро-Уилка), определение достоверности различий между результатами тестирования по t-критерию Стьюдента. Критическим уровнем статистической значимости различий считался $p<0,05$.

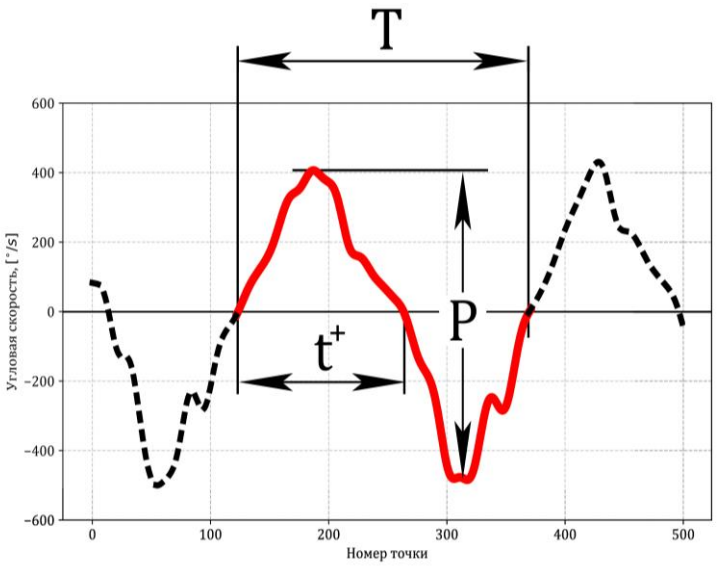


Рис. 2. Пример отдельного колебания, маха (сплошная линия на графике) и величин, измеряемых для каждого из колебаний

Результаты исследования и их обсуждение. После проведения тестирования и обработки данных угловой скорости были получены результаты ритмо-структурных характеристик у 8 лыжников-гонщиков в трех режимах темпо-ритмового движения. Оценивались следующие показатели: частота основного колебания (ОК) амплитудного спектра, асимметрия колебаний и амплитуда (размах колебаний) угловой скорости, количество махов в определенном диапазоне асимметрии (рис. 3).

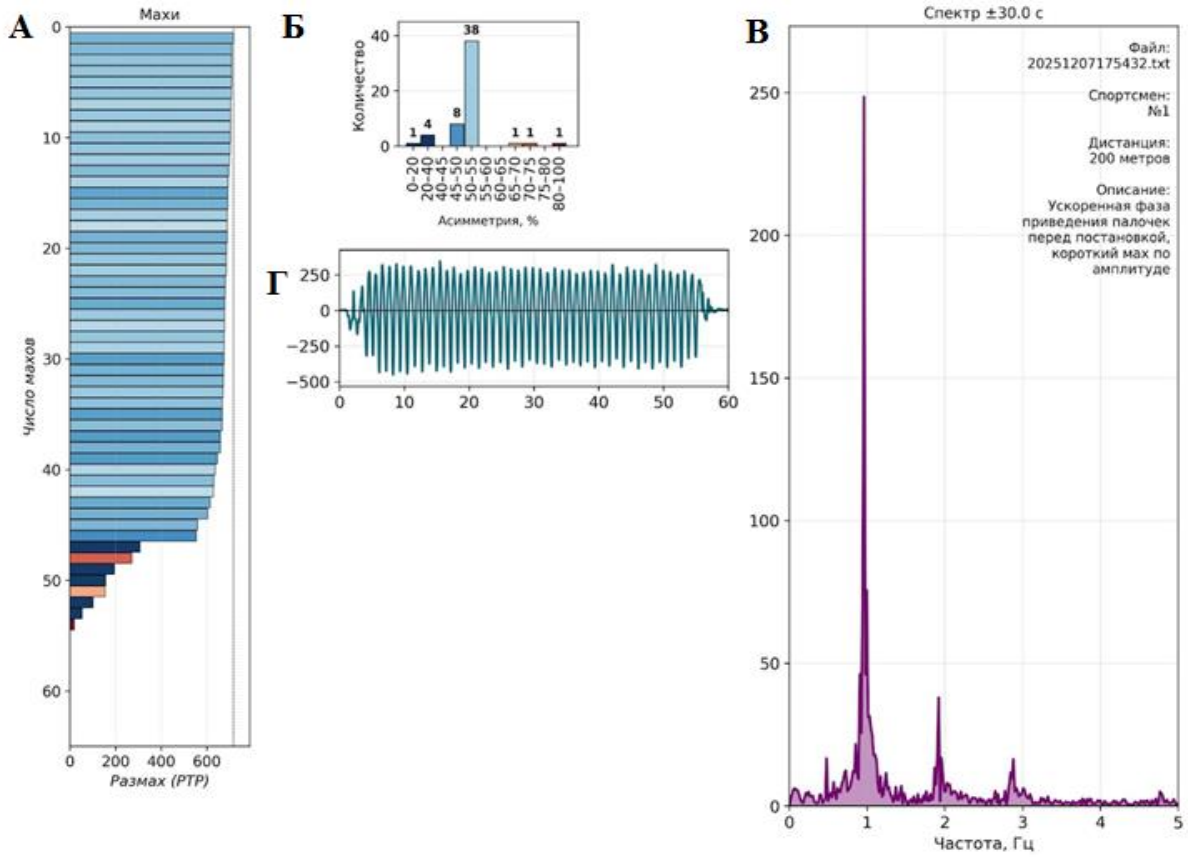


Рис. 3. Ритмо-структурные показатели одного из участников тестирования после обработки данных изменения угловой скорости. А – амплитуда (размах угловой скорости колебания) и число махов; Б – количество махов при асимметрии в %; В – график изменения частоты основного колебания амплитудного спектра от амплитуды амплитудного спектра угловой скорости; Г – график изменения угловой скорости.

Отмечается, что самые низкие значения частоты ОК амплитудного спектра были зафиксированы в режиме при махе с полной амплитудой отталкивания (табл. 1). Наиболее высокие показатели частоты ОК амплитудного спектра наблюдались в тесте у группы испытуемых при укороченном махе с частичной амплитудой движения.

Результаты асимметрии колебаний угловой скорости были зафиксированы с низкими значениями в режиме со стандартным темпо-ритмовым движением при низкоинтенсивной равномерной тренировке, далее расположились результаты с режимом использования частичной амплитуды движения (укороченный мах), наиболее высокие показатели наблюдались при полной амплитуде движения. Количество махов при асимметрии с повышением интенсивности режима темпо-ритмового движения прослеживается смещением большей части данных измерений в область асимметрии, равную 50-55%. Значительная область данных количества махов при асимметрии сосредоточилась в диапазоне 55-60% при темпо-ритмовом режиме с полной амплитудой движения, что указывает на наиболее продолжительное время при отталкивании с задействованием преимущественно силовых способностей лыжников-гонщиков.

Таблица 1

Показатели ритмо-структурных характеристик у лыжников-гонщиков в трех темпо-ритмовых режимах движения

Показатели	Лыжники-гонщики							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Работа в стандартном темпе								
Амплитуда, °/с	552	547,6	561,3	573,8	556,4	535,2	581	572,1
Частота, Гц	0,877	0,895	0,892	0,900	0,879	0,887	0,889	0,895
Асимметрия, %	51,3	50,9	49,4	53,7	49,8	50,4	48,5	54,3
Количество махов при асимметрии 50-55%	43	38	32	27	26	30	41	32
Полная амплитуда движения при отталкивании								
Амплитуда, °/с	503,1	505	552,4	526,5	517,2	489,7	530,4	501,7
Частота, Гц	0,869	0,841	0,875	0,877	0,856	0,871	0,868	0,879
Асимметрия, %	56,1	58,7	57,2	56,5	54,8	54,9	57,9	57,1
Количество махов при асимметрии 55-60%	32	29	34	27	30	26	36	31
Частичная амплитуда (укороченный мах)								
Амплитуда, °/с	520	518,2	524	569,1	562	553,4	549,7	541
Частота, Гц	0,941	0,989	0,919	0,997	0,975	0,96	0,971	0,931
Асимметрия, %	54	54,1	55,3	52,6	53,7	55,1	52,9	51,4
Количество махов при асимметрии 50-55 и 55-60%	28 и 26	35 и 30	26 и 28	34 и 33	31 и 24	23 и 27	40 и 36	32 и 28

В таблице 2 представлены результаты среднего значения показателей ритмо-структурных характеристик у лыжников-гонщиков, показывающие увеличение или уменьшение по данным измерений частоты ОК амплитудного спектра, асимметрии и амплитуды угловой скорости. Среднее значение показателей частоты ОК амплитудного спектра выделяются в режиме при отталкиваниях с использованием частичной амплитуды движения (короткая фаза отталкивания), измерения которого имеют наибольшие показатели, что можно визуализировать на тренировках по специальной физической подготовке.

В настоящей работе было установлено, что измерение ритмо-структурных характеристик в трех режимах темпо-ритмового движения можно оценить с использованием наиболее информативных показателей частоты ОК амплитудного спектра, изменения угловой скорости и количества махов при определенной асимметрии. Увеличение частоты ОК амплитудного спектра сопровождается повышением интенсивности темпо-ритмового режима движения при

аэробной нагрузке на подъеме 6 градусов. Можно предположить, что при повышении темпо-ритмового режима движений смещение большего количества махов в зону асимметрии 50% указывает на тенденцию к применению режима, адаптированного по интенсивности и силе отталкивания. Такой подход позволяет развивать скоростно-силовые качества, не выходя за пределы аэробной зоны энергообеспечения, и способствует их сбалансированному развитию без преимущественного акцента на специальную силу у лыжников-гонщиков.

Таблица 2

Среднее значение показателей ритмо-структурных характеристик у лыжников-гонщиков в трех темпо-ритмовых режимах движения (n=8), M±σ

Темпо-ритмовый режим движения	Амплитуда, °/с	Частота, Гц	Асимметрия, %	Количество махов
Стандартный тренировочный темп (1)	559,92±5,38*	0,889±0,003*	51,04±0,72*	33,62±2,24*
Полная амплитуда движения при отталкивании (2)	515,75±7,1*	0,867±0,004*	56,65±0,48*	30,62±1,19*
Частичная амплитуда (укороченный мах) (3)	542,17±6,94*	0,96±0,009*	53,64±0,46*	31,12±1,91*
P<	P_{1-2} – 0,001 P_{2-3} –0,032 P_{1-3} –0,048	P_{1-2} – 0,003 P_{2-3} – 0,001 P_{1-3} – 0,001	P_{1-2} – 0,001 P_{2-3} – 0,005 P_{1-3} – 0,042	–

Примечание: * – различия статистически достоверны между темпо-ритмовыми режимами у показателей (амплитуды, частоты, асимметрии) при 5% уровне значимости.

Заключение. Полученные данные свидетельствуют о том, что ритмо-структурные характеристики являются информативными показателями воздействия рельефа на темпо-ритмовый режим движения. У всей группы испытуемых повышение интенсивности темпо-ритмового режима движения сопровождалось ростом частоты основного колебания в амплитудном спектре угловой скорости и концентрацией количества махов в зоне срединных значений асимметрии (на уровне 50%). Проведенное исследование позволило установить, что наиболее значимыми ритмо-структурными показателями, отражающими влияние рельефа лыжной трассы (как фактора внешней нагрузки) на темпо-ритмовый режим движения, являются частота основного колебания амплитудного спектра и количество махов при определенном диапазоне асимметрии.

Конфликт интересов. Автор заявил об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теоретико-методологический анализ скоростно-силовой подготовки высококвалифицированных лыжников-гонщиков / А.Е. Глинчикова, О.Л. Спицын, А.А. Калмыков, Д.В. Семенихин // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2019. – № 5(171) – С. 75-79.
2. Грушин, А.А. Скоростно-силовая подготовка в циклических видах спорта с проявлением выносливости (на примере лыжных гонок) / А.А. Грушин, С.В. Нагейкина, Е.Н. Приходько // Вестник спортивной науки. – 2018. – № 2. – С. 11-16.
3. Гурский, А.В. Развитие силовых показателей основных мышечных групп лыжников-гонщиков высокой квалификации / А.В. Гурский, В.Н. Чернова, О.М. Бубненкова // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2021. – № 12(202). – С. 114-119.
4. Иссурин, В.Б. Подготовка спортсменов XXI века: научные основы и построение тренировки / В.Б. Иссурин. – М.: СПОРТ, 2016. – 464 с.
5. Дорожко, А.С. Влияние уклона трассы на силу и мощность отталкивания лыжников-гонщиков при передвижениях одновременным одношажным коньковым стилем / А.С. Дорожко // Мир спорта. – 2021. – № 1(82). – С. 26-32.
6. Гурский, А.В. Индекс проявления скоростно-силовых возможностей и его роль в тренировочном процессе лыжников-гонщиков высокой квалификации / А.В. Гурский, А.А.

Николаев // Физическое воспитание и спортивная тренировка. – 2022. – № 2(40) – С. 19-23
7. Hay, J.G. Technique analysis in elite athletes using principal component analysis / J.G. Hay // Journal of Applied Biomechanics. – 2002. – No. 18(3). – P. 257-270.
8. Nilsson, J. Effects of speed on temporal patterns in classical style and freestyle cross-country skiing / J. Nilsson, P. Tveit, O. Eikrehagen // Sports Biomechanics. – 2004. – No. 3(1). – P. 85-107.
9. Гусейнов, Д.И. Особенности педагогической оценки и контроля технической подготовленности лыжников-гонщиков по показателям реципрокной координации движений / Д.И. Гусейнов, В.Е. Васюк, Ш.Р. Юсупов // Наука и спорт: современные тенденции. – 2023. – Т. 11. – № 3. – С. 56-65.

REFERENCES

1. Glinchikova A.E., Spitsyn O.L., Kalmykov A.A., Semenikhin D.V. Theoretical and methodological analysis of speed and power training of highly qualified skiers-racers. *Scientific Notes of P.F. Lesgaft University*, 2019, no. 5, pp. 75-79. (in Russ.)
2. Grushin A.A., Nageikina S.V., Prikhodko E.N. Speed-strength training in cyclic sports with endurance (using cross-country skiing as an example). *Sports science bulletin*, 2018, no. 2, pp. 11-16. (in Russ.)
3. Gursky A.V., Chernova V.N., Bubnenkova O.M. Development of strength indicators of the main muscle groups of highly qualified skiers. *Scientific Notes of P.F. Lesgaft University*, 2021, no. 12, pp. 114-119. (in Russ.)
4. Issurin V.B. Training of athletes of the 21st century: scientific foundations and training structure. Moscow: “SPORT”, 2016, 464 p. (in Russ.)
5. Dorozhko A.S. Influence of the track incline on the push-off force and power of cross-country skiers performing V2 skating technique. *Mir Sports*, 2021, no. 1, pp. 26-32. (in Russ.)
6. Gursky A.V., Nikolaev A.A. Exertion index of speed-strength possibilities and its role in the training process of highly qualified cross-country skiers. *Fizicheskoe vospitanie i sportivnaya trenirovka*, 2022, no. 2, pp. 19-23. (in Russ.)
7. Hay J.G. Technique analysis in elite athletes using principal component analysis. *Journal of Applied Biomechanics*, 2002, vol. 18, no. 3, pp. 257-270.
8. Nilsson J., Tveit P., Eikrehagen O. Effects of speed on temporal patterns in classical style and freestyle cross-country skiing. *Sports Biomechanics*, 2004, vol. 3, no. 1, pp. 85-107.
9. Guseinov D.I., Vasuk V.E., Yusupov Sh.R. Features of pedagogical assessment and control of technical preparedness of cross-country skiers according to indicators of reciprocal coordination of movements. *Science and sport: current trends*, 2023, vol. 3, no. 11, pp. 56-65. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Вадим Юрьевич Куимов – аспирант кафедры теории и методики спортивных дисциплин института физической культуры, спорта и туризма, Сибирский федеральный университет, Красноярск, e-mail: Vadim.Cuimow@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-7658-790X.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR:

Vadim Yu. Kuimov – Postgraduate Student of the Department of Theory and Methodology of Sports Disciplines, Institute of Physical Education, Sports, and Tourism, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: Vadim.Cuimow@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-7658-790X.

Для цитирования: Куимов, В.Ю. Оценка ритмо-структурных показателей в лыжных гонках при изменении темпо-ритмового режима движения / В.Ю. Куимов // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_36

For citation: Kuimov V.Yu. Assessment of rhythmic-structural indices in cross-country skiing when changing the tempo-rhythmic modes of movement. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_36

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_37
УДК 796.921

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_37
UDC 796.921

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИКСИРОВАННОГО И ИНДИВИДУАЛЬНОГО МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛАКТАТНЫХ ПОРОГОВ В ОЦЕНКЕ ЗОН ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ У ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ 13-16 ЛЕТ

С.А. Ленькова, Ю.П. Салова, Е.В. Щапов, Е.А. Реуцкая
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет физической культуры и спорта», г. Омск, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Выполнен сравнительный анализ методов определения лактатных порогов (фиксированного и индивидуального) для распределения нагрузки по зонам энергообеспечения у лыжников-гонщиков 13-16 лет с учетом пола и возраста (197 человек). ***Методы.*** Нагрузочный тест со ступенчато повышающейся мощностью, забор капиллярной крови между ступенями. Определение лактатных порогов (аэробного и анаэробного) фиксированным и индивидуальным методами, зон энергообеспечения спортсменов. ***Результаты.*** Установлено, что фиксированный метод определения лактатных порогов приводит к искажению в распределении зон энергообеспечения. В 13-14 лет выявлено значимое уменьшение доли аэробной и увеличение анаэробной зон, в 15-16 лет – различия между долями нагрузки, выполненной в смешанной и анаэробной зонах. ***Заключение.*** Точность определения лактатных порогов имеет критическое значение для планирования тренировочных нагрузок юных лыжников-гонщиков.

Ключевые слова: юные лыжники-гонщики, зоны энергообеспечения, метод фиксированных лактатных порогов, метод индивидуальных лактатных порогов.

COMPARATIVE ANALYSIS OF FIXED AND INDIVIDUAL METHODS OF LACTATE THRESHOLD IDENTIFICATION IN ASSESSING ENERGY ZONES OF 13-16-YEAR-OLD CROSS-COUNTRY SKIERS

S.A. Lenkova, Yu.P. Salova, E.V. Shchapov, E.A. Reutskaya
Siberian State University of Physical Education and Sports, Omsk, Russia

Abstract. ***Introduction.*** A comparative analysis of methods for identifying lactate thresholds (fixed and individual) in order to distribute the load according to the energy zones of 13-16-year-old cross-country skiers, taking into account gender and age (197 people). ***Methods.*** Rising step load testing, capillary blood sampling between steps. Identification of aerobic and anaerobic lactate thresholds fixed and individual methods, energy zones of athletes. ***Results.*** It has been found that the fixed method of identifying lactate thresholds leads to a distortion in the distribution of energy supply zones. In 13-14 years, there was a significant decrease in the aerobic zone and an increase in the anaerobic zone. In 15-16 years, differences have been found between the mixed and anaerobic zones. ***Conclusion.*** The accuracy of identifying lactate thresholds is crucial for planning training loads for young cross-country skiers.

Keywords: young cross-country skiers, energy zones, fixed lactate threshold method, individual lactate threshold method.

Введение. Современная система подготовки спортивного резерва в циклических видах спорта предъявляет высокие требования к качеству планирования тренировочных нагрузок на всех этапах многолетней подготовки [1]. Ключевым фактором, определяющим эффективность тренировочного процесса, является адекватная оценка функциональных возможностей основных систем энергообеспечения – аэробной, смешанной и анаэробной [2, 3]. Именно соотношение вклада этих систем определяет структуру специальной выносливости спортсмена и его соревновательный результат.

В практике спортивной физиологии и биохимии аэробный и анаэробный пороги используются для определения границ между зонами энергообеспечения. Для их фиксации большое распространение получила практика определения лактатных порогов. Продолжительный период времени метод фиксированных лактатных порогов (значения 2,5 и 4 ммоль/л для аэробного и анаэробного порогов соответственно) являлся традиционным [4, 5]. Несмотря на многолетнюю историю изучения лактатных порогов дискуссия о выборе оптимального метода его определения не только не

утихает, но и обостряется по мере накопления данных о вариабельности физиологического ответа на нагрузку [5, 6]. На сегодняшний день широкое распространение получили методы математического анализа индивидуальных лактатных порогов на основе метода Dmax [7, 8].

Анализ научной литературы показал, что исследований, посвященных особенностям энергообеспечения юных спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта, недостаточно [1, 3, 9]. Современные обзоры подчеркивают, что понимание генетических и гормональных факторов, проявляющихся в реакциях детей на нагрузку, необходимы для разработки индивидуальных программ тренировок [8].

Спортсменам 13-16 лет характерна высокая гетерохронность развития функциональных систем. Процессы полового созревания накладываются на становление аэробных и анаэробных механизмов энергообеспечения, что актуализирует дискуссию о целесообразности использования фиксированных лактатных границ [3, 9]. Возраст отличается приоритетным ростом показателей мощности всех систем энергообеспечения, но темпы этого роста индивидуальны и связаны с биологической зрелостью, а не только с паспортным возрастом [2, 3].

Лыжные гонки – один из наиболее энергоемких циклических видов спорта. Соревновательная деятельность происходит в широком диапазоне мощностей – от умеренной (длинные дистанции) до субмаксимальной (спринтерская дистанция) [2, 10]. Однако эмпирических данных о применении методов определения порогов именно в детско-юношеском возрасте крайне мало, а имеющиеся не затрагивают напрямую вопросы методологии и технологии определения лактатных порогов [11]. Не нашли отражение в исследованиях вопросы сравнения результатов применения фиксированного метода и метода индивидуальных порогов для определения лактатных порогов (аэробного и анаэробного) у лыжников-гонщиков 13-16 лет. Этот факт создает серьезный пробел в научно-методическом обеспечении подготовки спортивного резерва и приводит либо к необходимости экстраполировать данные, полученные с участием взрослых спортсменов, либо к использованию заведомо упрощенных фиксированных шкал, что может приводить к несоответствию планируемых и фактических тренировочных воздействий на юный организм [7, 8].

Цель исследования: провести сравнительный анализ фиксированного и индивидуального методов определения лактатных порогов для распределения нагрузки по зонам энергообеспечения у лыжников-гонщиков с учетом пола и возраста.

Методы и организация исследования. Настоящее исследование проводилось в рамках выполнения государственной работы («проведение научного исследования») для подведомственных Министерству спорта Российской Федерации научных организаций и образовательных организаций высшего образования на 2026 год.

В исследовании приняли участие 197 лыжников-гонщиков 13-16 лет. Доля юношей составила 46% (90 чел.), девушек – 54% (107 чел.). Лабораторное тестирование проводилось на лыжном эргометре «Concept2 SkiERG». Спортсмены выполняли ступенчато возрастающую нагрузку по общепринятой методике, начальная мощность для девушек и юношей составляла 50 и 60 Вт, шаг увеличения мощности – 25 и 30 Вт соответственно [12]. После каждой ступени нагрузки был интервал 10-20 с для забора капиллярной крови (20 мкл). Концентрацию лактата определяли электрохимическим методом (Super GL easy, Dr. Mueller, Germany). Базальный уровень лактата фиксировали перед началом тестирования после 10-минутного отдыха в положении сидя. На основе полученных индивидуальных зависимостей «мощность – концентрация лактата» для каждого спортсмена были рассчитаны два лактатных порога: аэробный (LT_1) и анаэробный (LT_2). Распределение времени по зонам энергообеспечения выполнялось на основе двух методов определения порогов: фиксированного и индивидуального.

Фиксированный метод определения лактатных порогов основывается на абсолютных значениях концентрации лактата для аэробного порога – 2,5 ммоль/л, для анаэробного порога – 4 ммоль/л. Зоны энергообеспечения определяли по критериям:

аэробная – 0,5-2,4 ммоль/л; аэробно-анаэробная (смешанная) – 2,5-4,0 ммоль/л, анаэробная – >4,0 ммоль/л [4, 5]. В индивидуальном методе определения лактатных порогов для каждого спортсмена на основе анализа лактатной кривой выявляли два индивидуальных порога. Первый лактатный порог (LT_1) считался с учетом дельта-критерия: устойчивый прирост концентрации лактата на 0,3 ммоль/л и более относительно базального уровня [9]. Второй лактатный порог (LT_2) – с использованием метода Dmax [7, 8]. На основании расположения индивидуальных порогов рассчитали суммарное время работы в трех зонах энергообеспечения: аэробная – от начала выполнения теста до достижения LT_1; аэробно-анаэробная (смешанная) – от LT_1 до LT_2; анаэробная – от LT_2 до отказа от продолжения теста. Оба метода применялись к одним и тем же данным, что позволило провести корректное сравнение полученных пороговых значений у лыжников-гонщиков 13-16 лет с учетом пола и возраста.

Обработка протоколов ступенчатого теста проводилась в программе Microsoft Excel 2016. Статистический анализ проведен с использованием языка программирования Python в среде Google Colab. Для оценки продолжительности выполнения теста в каждой зоне энергообеспечения внутри каждой группы применялся непараметрический критерий Вилкоксона ($p<0,05$), так как распределение показателей в сформированных выборках отличалось от нормального (критерий Шапиро-Уилка). Результаты представлены в виде медианы и межквартильного интервала (Me [Q1; Q3]).

Результаты исследования и их обсуждение. Сравнительный анализ результатов представлен в таблице.

Таблица

Продолжительность работы лыжников-гонщиков 13-16 лет в различных зонах энергообеспечения при определении лактатных порогов фиксированным и индивидуальным методами, Me [Q1; Q3]

Группа	Метод	Аэробный режим, мин	Смешанный режим, мин	Анаэробный режим, мин
Девушки 13-14 лет (n=43)	Индивидуальных порогов	2,0 [2,0; 2,0]	2,0 [0,0; 4,0]	4,0 [4,0; 6,0]
	Фиксированных порогов	2,0 [0,0; 2,0]	2,0 [2,0; 4,0]	4,0 [4,0; 6,0]
	P<	0,05	0,05	–
Девушки 15-16 лет (n=64)	Индивидуальных порогов	2,0 [2,0; 2,0]	4,0 [2,0; 4,0]	6,0 [4,0; 6,0]
	Фиксированных порогов	2,0 [0,0; 4,0]	2,0 [2,0; 4,0]	6,0 [6,0; 8,0]
	P<	–	–	0,05
Юноши 13-14 лет (n=35)	Индивидуальных порогов	2,0 [2,0; 2,0]	2,0 [0,0; 4,0]	4,0 [4,0; 6,0]
	Фиксированных порогов	0,0 [0,0; 2,0]	2,0 [2,0; 4,0]	6,0 [4,0; 7,0]
	P<	0,05	–	0,05
Юноши 15-16 лет (n=55)	Индивидуальных порогов	2,0 [2,0; 4,0]	4,0 [2,0; 6,0]	6,0 [4,0; 8,0]
	Фиксированных порогов	2,0 [2,0; 4,0]	2,0 [2,0; 4,0]	6,0 [6,0; 8,0]
	P<	–	0,05	0,05

Представленные в таблице результаты убедительно показывают, что выбор метода (фиксированный либо индивидуальный) влияет на распределение продолжительности времени в каждой из зон интенсивности. В младших возрастных группах (13-14 лет) статистически значимые различия чаще наблюдались в аэробной зоне интенсивности. В старших группах (15-16 лет) значимые различия зафиксированы в анаэробной зоне только у девушек, тогда как у юношей этого же возраста – в смешанной и анаэробной зонах.

Таким образом, установлено, что использование метода фиксированных лактатных порогов у лыжников-гонщиков 13-16 лет по сравнению с индивидуальным методом приводит к искажению индивидуальной структуры энергообеспечения. Выявленные статистически значимые различия ($p<0,05$) в распределении времени работы по зонам интенсивности имеют

четкую возрастную и половую специфику и требуют детального анализа с позиций их влияния на тренировочный процесс.

Для детального анализа структуры энергообеспечения оценим относительный вклад работы в каждой из зон энергообеспечения при выполнении спортсменами нагрузки ступенчато-возрастающей мощности (рис.).

Представленные диаграммы иллюстрируют различия в группах. При определении лактатных порогов индивидуальным методом структура энергообеспечения выглядит у юношей 13-14 лет следующим образом (рис. В): аэробная зона – 24%, смешанная зона – 23%, анаэробная зона – 53%. На основе использования метода фиксированных лактатных порогов структура энергообеспечения нагрузки выглядит иначе: аэробная зона – 11%, смешанная зона – 25%, анаэробная зона – 64%.

Зафиксировано наиболее выраженное среди всех исследуемых групп снижение доли аэробной (Δ 13%) и увеличение ее в анаэробных зонах (Δ 11%). У девушек того же возраста различия составили 9% и 1% соответственно, что свидетельствует о более высокой чувствительности юношей к искажениям, вносимым фиксированным методом расчета лактатных порогов.

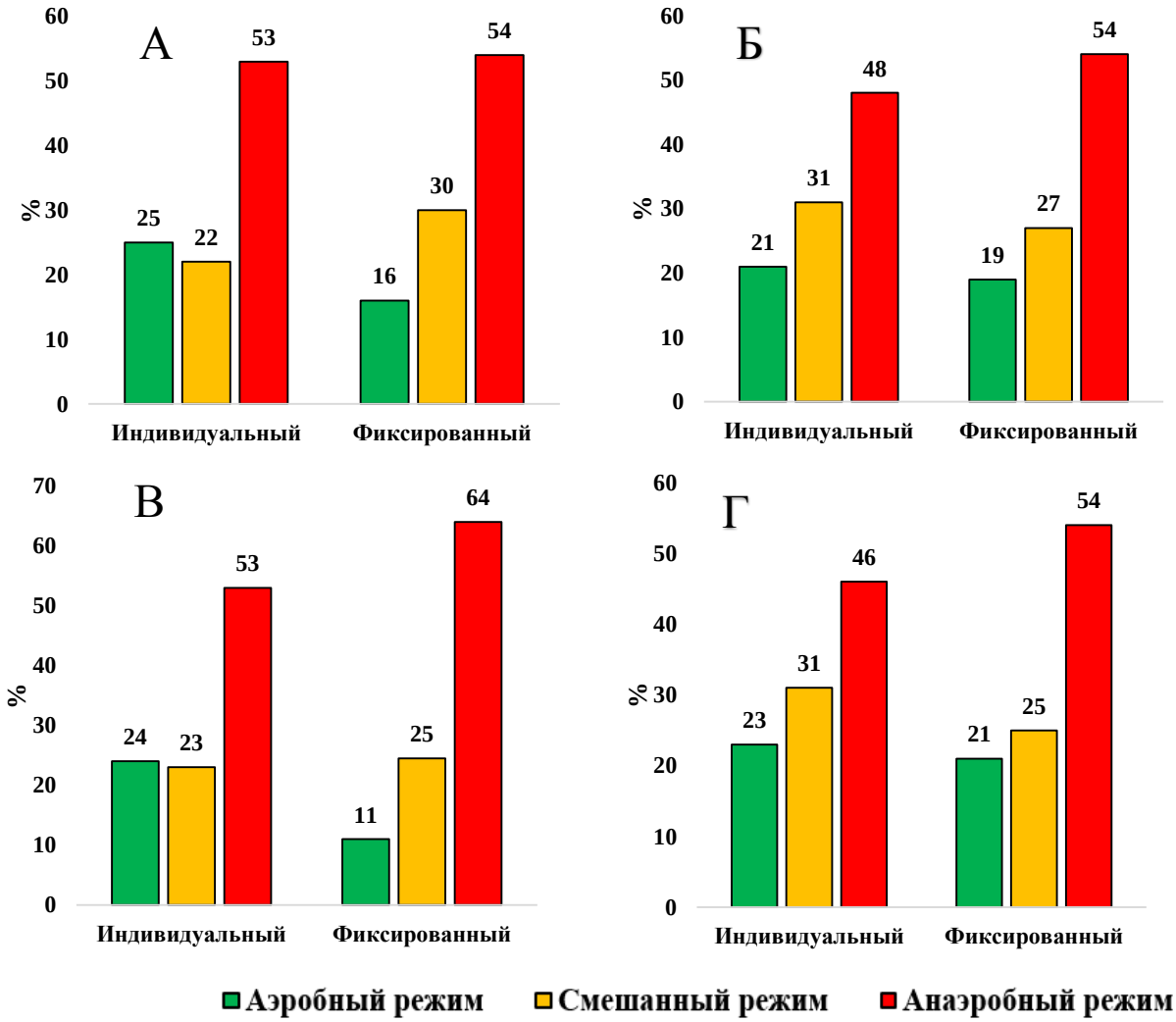


Рис. Структура энергообеспечения работы у лыжников-гонщиков при выполнении ступенчато-повышающейся нагрузки (на основе фиксированного и индивидуального методов расчета лактатных порогов): девушки А – 13-14 лет; Б – 15-16 лет; юноши В – 13-14 лет; Г – 15-16 лет

Применение фиксированного метода расчета лактатных порогов у лыжников-гонщиков 13-14 лет сопровождается сокращением доли работы в аэробной зоне (с 24% до 11%), необходимой для формирования базовой выносливости.

Отмечено увеличение доли анаэробной зоны (с 53% до 64%), нагрузка в которой является значительным стрессовым фактором в этом возрасте. Данное распределение не соответствует положению о том, что на учебно-тренировочном этапе основу подготовки должно составлять развитие выносливости в аэробном режиме [9].

У юношей 15-16 лет (рис. Г) в аэробной зоне различия минимальны (Δ 2%), наиболее выраженные расхождения между методами расчета лактатных порогов выявлены в снижении доли смешанной (Δ 6%) и увеличении анаэробной (Δ 8%) зон. Выполнение нагрузок в смешанной зоне является ключевым для развития специальной выносливости на этапе углубленной специализации. Ее сужение при определении лактатных порогов фиксированным методом на 6% не позволяет точно дозировать нагрузки на уровне порога анаэробного обмена. Как отмечает C. Cagran с соавторами, точность определения второго лактатного порога имеет критическое значение для планирования тренировочных нагрузок [8]. Увеличение доли анаэробной зоны на 8% создаст риск неоправданного повышения объема высокоинтенсивной работы. Если у девушек этот риск связан преимущественно с эндокринными перестройками и развитием RED-S (относительный дефицит энергии в спорте) [13], то у юношей он усугубляется более поздним завершением пубертата и более длительным периодом гетерохронного развития систем энергообеспечения [3, 6]. Генетические и гормональные факторы у юношей в возрасте 15-16 лет, по данным G. Zourmand с соавторами, обуславливают более вариабельную реакцию на нагрузку, что требует особой осторожности при нормировании нагрузок анаэробного характера [6]. Исследования А.И. Головачева также показывают, что именно в этом возрасте у лыжников-гонщиков закладываются основы долговременной адаптации, и форсирование анаэробных нагрузок может нарушить естественную траекторию становления функциональных возможностей [2].

Таким образом, в младших возрастных группах (13-14 лет) различия наиболее выражены. Фиксированный метод определения лактатных порогов привел к недооценке аэробной зоны, особенно у юношей, и перераспределению времени в пользу смешанной и анаэробной зон. В старших группах (15-16 лет) наблюдается сходство в долевом распределении зон энергообеспечения, однако при расчете лактатных порогов фиксированным методом доля анаэробной зоны остается высокой.

Заключение. В подростковом возрасте функциональные системы находятся в стадии созревания. Лактатная кривая может иметь различную конфигурацию: у одних LT_2 достигается при концентрации лактата ниже 4 ммоль/л, у других – выше абсолютных значений. Фиксированный метод определения LT_2 не учитывает эту гетерогенность. Метод индивидуальных порогов, напротив, определяет точку максимального отклонения от линейной модели, что обеспечивает индивидуализацию тренировочной нагрузки. Использование фиксированного метода у лыжников-гонщиков 13-16 лет приводит к искажению направленности тренировочных нагрузок. В краткосрочной перспективе это снижает эффективность отдельного тренировочного занятия, в долгосрочной будет нарушать логику многолетней подготовки и создаст предпосылки для проявления дезадаптационных реакций в организме юных спортсменов. Полученные данные обосновывают важность точного нормирования тренировочных нагрузок на основе определения первого и второго порогов методом индивидуальных лактатных порогов уже на этапах подготовки спортивного резерва.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ленькова, С.А. Библиометрический анализ отечественных и зарубежных публикаций, отражающих вопросы подготовки спортсменов в лыжных гонках / С.А. Ленькова // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 2(32). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_38.

2. Особенности становления функциональных возможностей систем энергообеспечения высококвалифицированных лыжников-гонщиков 16-20 лет, специализирующихся в различных видах соревновательной деятельности, в годичном цикле подготовки / А.И. Головачев, В.И. Колыхматов, С.В. Широкова [и др.] // Вестник спортивной науки. – 2023. – № 5. – С. 21-29.
3. Рылова, Н.В. Особенности энергообмена у юных спортсменов / Н.В. Рылова, А.А. Биктимирова // Практическая медицина. – 2014. – № 4(80). – С. 27-31.
4. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold / H. Heck, A. Mader, G. Hess [et al.] // International Journal of Sports Medicine. – 1985. – Vol. 6. – No. 3. – P. 117-130. DOI: 10.1055/s-2008-1025824.
5. Mandadzhiev, N. The contemporary role of lactate in exercise physiology and exercise prescription – a review of the literature / N. Mandadzhiev // Folia Medica (Plovdiv). – 2025. – Vol. 67. – No. 1. URL: https://foliamedica.bg/article/144693/ (дата обращения: 03.03.2026).
6. The role of genetic and hormonal factors in shaping exercise responses and performance in children: a comprehensive review / G. Zourmand, M. Taheri, E. Shaabani Ezdini, K. Irandoust // Cellular and Molecular Biology. – 2025. – Vol. 71. – No. 5. – P. 66-77. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40418548/ (дата обращения: 11.03.2026).
7. A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds / B. Cheng, H. Kuipers, A.C. Snyder [et al.] // International Journal of Sports Medicine. – 1992. – Vol. 13. – No. 7. – P. 518-522. URL: https://www.thieme-connect.de/products/ejournals/abstract/10.1055/s-2007-1021309 (дата обращения: 03.03.2026).
8. Value of the D-max method to determine the second lactate turn point / C. Cagran, G. Tschakert, N. Stühlinger, R. Pokan // Medicine & Science in Sports & Exercise. – 2011. – Vol. 43. – No. 5. – P. 629-630. URL: https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2011/05001/value_of_the_d_max_method_to_determine_the_second.1802.aspx (дата обращения: 06.03.2026).
9. Рылова, Н.В. Показатели клеточного энергообмена и выносливость юных спортсменов / Н.В. Рылова, А.В. Жолинский, А.А. Биктимирова // Российский педиатрический журнал. – 2020. – Т. 23. – № 4. – С. 248-251. DOI: 10.18821/1560-9561-2020-23-4-248-251.
10. The modified dmax method is reliable to predict the second ventilatory threshold in elite cross-country skiers / N. Fabre, F. Balestreri, B. Pellegrini, F. Schena // Journal of Strength and Conditioning Research. – 2010. – Vol. 24. – No. 6. – P. 1546-1552. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20508457/ (дата обращения: 11.03.2026).
11. Energy and macronutrient intakes in young athletes: a systematic review and meta-analysis / L. Lehmann, M. Giacomoni, G.C. Del Sordo [et al.] // International Journal of Sports Medicine. – 2024. – Vol. 45. – No. 1. – P. 3-16. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37956875/ (дата обращения: 11.03.2026).
12. Реуцкая, Е.А. Функциональные возможности мышц плечевого пояса лыжников-гонщиков при переходе на этап высшего спортивного мастерства / Е.А. Реуцкая // Спорт, Человек, Здоровье: Материалы XI Международного Конгресса, Санкт-Петербург, 26–28 апреля 2023 года / Под редакцией С.И. Петрова. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. – С. 185-187.
13. Gould, R.J. Relative energy deficiency in sport (RED-S) in adolescents – a practical review / R.J. Gould, A.J. Ridout, J.L. Newton // International Journal of Sports Medicine. – 2023. – Vol. 44. – No. 4. – P. 236-246. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36122585/ (дата обращения: 20.03.2026).

REFERENCES

1. Lenkova S.A. Bibliometric analysis of domestic and foreign publications reflecting the issues of training athletes in cross-country skiing. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 2(32). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_38. (in Russ.)
2. Golovachev A.I., Kolykhmatov V.I., Shirokova S.V., Grushin A.A., Ivanov M.P. Features of formation of functional capabilities of energy supply systems of highly qualified cross-country skiers 16-20 years old, specializing in various types of competitive activities, in the annual training cycle. *Sports Science Bulletin*, 2023, no. 5, pp. 21-29. (in Russ.)
3. Rylova N.V., Biktimirova A.A. Features of energy exchange in young sportsmen. *Practical Medicine*, 2014, no. 4, pp. 27-31. (in Russ.)
4. Heck H., Mader A., Hess G. et al. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *International Journal of Sports Medicine*, 1985, vol. 6, no. 3, P. 117-130. DOI: 10.1055/s-2008-1025824.
5. Mandadzhiev N. The contemporary role of lactate in exercise physiology and exercise prescription – a review of the literature. *Folia Medica (Plovdiv)*, 2025, vol. 67, no. 1, Available at: https://foliamedica.bg/article/144693/(accessed03.03.2026)(inRuss.)
6. Zourmand G., Taheri M., Shaabani Ezdini E., Irandoust K. The role of genetic and hormonal factors in shaping exercise responses and performance in children: a comprehensive review. *Cellular and Molecular Biology*, 2025, vol. 71, no 5, P. 66-77. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40418548/ (accessed 11.03.2026).
7. Cagran C., Tschakert G., Stühlinger N., Pokan R. Value of the D-max method to determine the second lactate turn point. *Medicine & Science in*

Sports & Exercise, 2011, vol. 43, no. 5, pp. 629-630. Available at: https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2011/05001/value_of_the_d_max_method_to_determine_the_second.1802.aspx (accessed: 03.06.2026).
8. Cheng B. et al. A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds. *International Journal of Sports Medicine*, 1992, vol. 13, no. 7, pp. 518-522. Available at: https://www.thieme-connect.de/products/ejournals/abstract/10.1055/s-2007-1021309 (accessed: 03.03.2026).
9. Rylova N.V., Zholinsky A.V., Biktimirova A.A. Indices of cell energy exchange and endurance in young athletes. *Russian Pediatric Journal*, 2020, vol. 23, no. 4, pp. 248-251. DOI: 10.18821/1560-9561-2020-23-4-248-251.
10. Fabre N., Balestreri F., Pellegrini B., Schena F. The modified dmax method is reliable to predict the second ventilation threshold in elite cross-country skiers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2010, vol. 24, no. 6, pp. 1546-1552. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20508457/ (accessed: 03.11.2026).
11. Lehmann L., Giacomoni M., Del Sordo G.C. et al. Energy and macronutrient intakes in young athletes: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Sports Medicine*, 2024, vol. 45, no. 1, pp. 3-16. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37956875/ (accessed 03.11.2026).
12. Reutskaya E.A. Functional capabilities of the shoulder girdle muscles of ski racers during the transition to the stage of higher sportsmanship. Sport, Man, Health: Proceedings of the XI International Congress (St. Petersburg, April 26-28, 2023) Petrov S.I., ed. Saint Petersburg: POLITEKH-PRESS, 2023. pp. 185-187. (in Russ.)
13. Gould R.J., Ridout A.J., Newton J.L. Relative energy deficiency in sport (RED-S) in adolescents – a practical review. *International Journal of Sports Medicine*, 2023, vol. 44, no. 4, pp. 236-246. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36122585/ (accessed 20.03.2026).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Софья Александровна Ленькова – младший научный сотрудник НИИ ДЭУ, Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Омск, e-mail: sophanz2015@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-6986-091X.
Юлия Павловна Салова – кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник НИИ ДЭУ, Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Омск, e-mail: gtxbotdf@mail.ru, ORCID: 0000-0003-2002-1370.
Евгений Витальевич Щапов – кандидат педагогических наук, младший научный сотрудник НИИ ДЭУ, Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Омск, e-mail: shchapov-ski@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4558-9392.
Елена Александровна Реуцкая – кандидат биологических наук, доцент, директор НИИ ДЭУ, Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Омск, e-mail: real73@mail.ru, ORCID: 0000-0001-6279-932X.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Sofya A. Lenkova – Junior Researcher of the Research Institute for Extreme Conditions, Siberian State University of Physical Education and Sports, Omsk, e-mail: sophanz2015@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-6986-091X.
Yulia P. Salova – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Senior Researcher of the Research Institute for Extreme Conditions, Siberian State University of Physical Education and Sports, Omsk, e-mail: gtxbotdf@mail.ru, ORCID: 0000-0003-2002-1370.
Evgenij V. Shchapov – Candidate of Pedagogical Sciences, Junior Researcher of the Research Institute for Extreme Conditions, Siberian State University of Physical Education and Sports, Omsk, e-mail: shchapov-ski@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4558-9392.
Elena A. Reutskaya – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Director of the Research Institute for Extreme Conditions, Siberian State University of Physical Education and Sports, Omsk, e-mail: real73@mail.ru, ORCID: 0000-0001-6279-932X.

Для цитирования: Сравнительный анализ фиксированного и индивидуального методов определения лактатных порогов в оценке зон энергообеспечения у лыжников-гонщиков 13-16 лет / С.А. Ленькова, Ю.П. Салова, Е.В. Щапов, Е.А. Реуцкая // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_37

For citation: Lenkova S.A., Salova Yu.P., Shchapov E.V., Reutskaya E.A. Comparative analysis of fixed and individual methods of lactate threshold identification in assessing energy zones of 13-16-year-old cross-country skiers. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_37

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_38
УДК 796.412.2

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_38
UDC 796.412.2

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТА «БУМЕРАНГ» НОГОЙ С ЛЕНТОЙ В КООРДИНАЦИИ С КУВЫРКОМ ВПЕРЕД В ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ГИМНАСТИКЕ

В.Н. Мархакшинова
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», г. Москва, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Надежность выполнения сложнокоординационного элемента «бумеранг» ногой с лентой в сочетании с кувырком вперед является критическим фактором в художественной гимнастике. Исследование направлено на выявление ключевых пространственно-временных детерминант, определяющих стабильность его исполнения. ***Методы.*** На основе корреляционного анализа выявлены связи между показателями надежности, экспертной оценкой выполнения элемента и рядом пространственно-временных характеристик. ***Результаты.*** Установлено, что главным детерминантом надежности является симметрия движений. Также обнаружены значимые отрицательные связи надежности с точностью воспроизведения броска правой рукой и чувством времени. ***Заключение.*** Надежность элемента зависит не от абсолютной пространственной точности, а от симметричной согласованности работы рук и точного воспроизведения ритмической структуры в связке с телом. Разработаны методические приоритеты, направленные на формирование целостного двигательного навыка.
Ключевые слова: художественная гимнастика, бумеранг, лента, надежность выполнения, пространственно-временные характеристики, симметрия движений, координация, методика тренировки.

SPATIO-TEMPORAL CHARACTERISTICS OF PERFORMING THE “BOOMERANG” WITH A RIBBON USING THE FOOT IN COORDINATION WITH A FORWARD ROLL IN RHYTHMIC GYMNASTICS

V.N. Markhakshinova
Russian University of Sport “GTSOLIFK”, Moscow, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The reliability of performing the complex-coordination element “boomerang” with a ribbon using the foot combined with a forward roll is a critical factor in rhythmic gymnastics. The study aims to identify the key spatio-temporal determinants that identify the stability of its performance. ***Methods.*** According to the correlation analysis, the relationships between the reliability indices and the expert assessment of the element performance and a number of spatio-temporal characteristics were identified. ***Results.*** It was found that the main reliability determinant is the symmetry of movements. Significant negative correlations between reliability and the accuracy of the right-hand throw and time sense were also discovered. ***Conclusion.*** The reliability of the element depends not on absolute spatial accuracy, but on the symmetrical coordination of the hands and the accurate reproduction of the rhythmic structure in conjunction with the body. Methodological priorities have been developed to form a holistic motor skill.
Keywords: rhythmic gymnastics, boomerang, ribbon, performance reliability, spatio-temporal characteristics, symmetry of movements, coordination, training methods.

Введение. Художественная гимнастика как сложнокоординационный вид спорта предъявляет высочайшие требования к точности управления телом и предметом в пространстве и времени. В контексте постоянного усложнения соревновательных программ особую актуальность приобретает изучение технических элементов, сочетающих манипуляцию предметом с акробатическими движениями тела. Одним из таких комплексных элементов является «бумеранг» лентой, выполняемый ногой в координации с кувырком вперед. Техническая сложность данного элемента, регламентированного действующими правилами Международной федерации гимнастики (2025-2028 гг.), заключается в необходимости точного пространственного расчета трех фаз: броска

палочки ногой во время вращательного движения тела (кувырка), отслеживания ее траектории без прямого зрительного контроля и своевременного оттягивания ленты назад рукой для гарантированного возврата.

Актуальность углубленного исследования пространственно-временных характеристик выполнения этого элемента обусловлена его высокой субъективной сложностью и частотой технических ошибок. Как показали исследования И.В. Кивихарью [1], технические элементы с лентой, в частности бросок способом «бумеранг», являются одними из наиболее проблемных, где ошибки часто возникают из-за недостаточного уровня развития двигательной памяти, пространственной ориентации и точности воспроизведения амплитуды движения. А.А. Супрун, Е.Н. Медведева, Н.Ю. Власова и В.В. Борисова [2], анализируя кинематику «бумеранга», подчеркивают, что его ритмическая структура строится на контрасте резкого ускорения в момент броска и последующего замедления, что требует от гимнастки безупречного чувства времени и динамического контроля. Более того, математический анализ, проведенный А.А. Супрун, Е.Н. Медведевой, В.Н. Надольской и В.В. Борисовой [3], выявил прямую корреляционную связь между успешностью выполнения «бумеранга» (r=0,71 при броске ногой) и способностью к реакции на движущийся объект (палочку), чувством времени (r=0,70) и переключением внимания (r=0,73). Это указывает на то, что техническая надежность элемента в соревновательных условиях определяется не только физической подготовленностью, но и комплексом специфических психомоторных и координационных способностей.

А.С. Ожиганова [4] в своих работах отмечает, что изучение координационного профиля, то есть взаимосвязи между показателями различных координационных способностей и качеством исполнения элемента, является ключевым условием для надежного формирования навыка. Таким образом, для целенаправленной подготовки гимнасток необходимо не только констатировать сложность элемента, но и объективно выявить, какие именно пространственные (точность броска, воспроизведение амплитуды) и временные (чувство ритма, своевременность реакции) параметры являются ведущими в структуре его исполнения. Данный подход согласуется с исследованиями Д.А. Оплачко и В.Б. Крутько [5], которые на примере базовых элементов у гимнасток 10-11 лет показал эффективность методик, построенных на анализе и целенаправленном развитии слабых координационных звеньев.

Целью данного исследования является определение ведущих пространственно-временных характеристик, обуславливающих техническую точность и надежность выполнения элемента «бумеранг» ногой с лентой в координации с кувырком вперед у гимнасток на этапе совершенствования спортивного мастерства. Достижение поставленной цели позволит с научной точки зрения обосновать содержание специальной координационной подготовки, направленной на повышение стабильности исполнения данного сложносоставного элемента в условиях соревновательной деятельности.

Методы и организация исследования. В исследовании приняли участие гимнастки (n=21), выступающие по программе кандидата в мастера спорта, в возрасте 14-15 лет, тренирующиеся в спортивном клубе «Ювента» г. Москвы и находящиеся на этапе совершенствования спортивного мастерства. Все участницы специализируются в выполнении сложнокоординационных элементов с предметом. Объем выборки определен доступностью контингента, соответствующего критериям включения (квалификация, регулярное выполнение изучаемого элемента). Перед началом тестирования от всех участниц и их законных представителей было получено информированное согласие.

Для комплексной оценки пространственно-временных характеристик, определяющих качество выполнения элемента «бумеранг» ногой с лентой в координации с кувырком вперед, был применен комплекс взаимодополняющих методик, разделенных на три блока: оценка общих координационных способностей, специфических сенсомоторных параметров и спортивно-технического результата.

1. Блок оценки общих координационных способностей. Для диагностики базовой координационной подготовленности

использовались тесты, направленные на оценку точности манипулирования и воспроизведения движений.

Точность манипулирования в пространстве оценивалась с помощью методики Л.Д. Назаренко [6]. Испытуемая из положения выпада выполняла жонглирование двумя теннисными мячами в течение максимально возможного времени. Критериями оценки служили: время жонглирования без потери мяча и рациональность сохранения заданной позы. Результат фиксировался в баллах по 5-балльной шкале, где 5 баллов соответствовали жонглированию в течение 30 секунд без ошибок.

Точность воспроизведения движений во времени и пространстве измерялась с использованием цифровых тестов программы «Киберфитнес: тренируй свой мозг», разработанной кафедрой теории и методики массовой физкультурно-оздоровительной работы Национального государственного университета им. П.Ф. Лесгафта в рамках вида спорта «Компьютерный спорт». Тестирование проводилось на стандартном персональном компьютере. Программа оценивала точность движений правой и левой рукой по отдельности (в баллах), на основе чего автоматически рассчитывалась процентная разница между руками, характеризующая межполушарную асимметрию и координацию.

2. Блок оценки специфических сенсомоторных способностей. Данный блок был направлен на измерение параметров, наиболее релевантных технике работы с предметом в гимнастике: точности силовых усилий и воспроизведения пространственных параметров без зрительного контроля.

Способность к силовому дифференцированию (проприоцептивная чувствительность) оценивалась двумя методами:

1. По методике Р. Юнга в модификации А.В. Вишнякова определялась точность проката набивного мяча массой 1 кг по гимнастической скамейке на заданное расстояние (3 м). После двух пробных попыток и пяти зачетных для каждой руки с предоставлением точной обратной связи рассчитывалось среднее линейное отклонение от целевой линии (в см).

2. По методике С.С. Павленкович [7] проводилась кистевая динамометрия. После определения максимального усилия задавалась модель, равная 50% от максимума. Задача испытуемой состояла в точном воспроизведении заданного усилия без зрительного контроля за показаниями динамометра. Ошибка воспроизведения вычислялась в процентах от требуемого значения по формуле 1:

$$T = ((M – P) / M) * 100, \quad (1)$$

где M – заданная модель усилия, P – реально показанный результат.

Точность воспроизведения пространственных характеристик при имитации броска ленты оценивалась с помощью авторского теста «Бросок ленты без зрительного контроля». Гимнастка выполняла три броска лентой на максимальное расстояние для определения индивидуального рекорда. В трех последующих попытках, выполняемых без зрительного контроля, задача заключалась в воспроизведении броска на расстояние, равное 50% от максимального. Результатом служило среднее арифметическое отклонение (в см) трех попыток от заданной дистанции. Тест проводился отдельно для правой и левой рук, что позволило рассчитать процентную разницу в точности между конечностями.

3. Блок спортивно-технической оценки. Ключевые целевые показатели – техническое мастерство и стабильность выполнения изучаемого элемента – оценивались методом экспертных оценок.

Экспертная оценка качества выполнения элемента «бумеранг». Четыре эксперта, имеющие всероссийскую судейскую категорию, оценивали технику выполнения восьми разновидностей бумеранга лентой согласно актуальным правилам соревнований Международной федерации гимнастики (2025-2028 гг.). Оценка выставлялась по 10-балльной шкале, где высший балл соответствовал безупречному техническому исполнению в соответствии с нормативными требованиями.

Оценка надежности (стабильности) выполнения элемента. Надежность выполнения рассчитывалась по формуле, предложенной Л.Я. Аркаевым и Н.Г. Сучилиным [8]:

$$H=n/N, \quad (2)$$

где n – число успешно выполненных элементов, а N – общее число попыток

(включая тренировочные и соревновательные). Результат выражался в процентах.

Методы математической и статистической обработки данных. Все полученные количественные данные были систематизированы и обработаны с использованием программного пакета IBM SPSS Statistics 26.0. На первом этапе для всех переменных (экспертная оценка, надежность, 8 пространственно-временных показателей) был проведен анализ нормальности распределения с помощью критерия Шапиро-Уилка. Так как объем выборки (n=21) является малым для однозначного заключения о типе распределения, для оценки взаимосвязей был выбран параметрический коэффициент корреляции Пирсона (r), обладающий достаточной мощностью при данном n и широко применяемый в педагогических исследованиях. Сила корреляционной связи интерпретировалась согласно общепринятой шкале: $|r|<0,3$ – слабая; $0,3\leq|r|<0,7$ – умеренная (средняя); $|r|\geq0,7$ – сильная. Статистическая значимость коэффициентов корреляции определялась при критическом уровне $p<0,05$. Для выборки n=21 и уровня значимости $p<0,05$ критическое значение $|r|\approx0,43$. Все расчеты проводились для уровня значимости $\alpha=0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Математическая обработка полученных корреляционных взаимосвязей показала, что главный детерминант качества выполнения изучаемого элемента в координации с кувырком вперед в художественной гимнастике – временная точность. Наиболее сильная и значимая связь обнаружена между экспертной оценкой и отклонением по времени (r=-0,67). Это означает, что чем меньше отклонение от идеального временного шаблона при выполнении связки «кувырок-бросок-возврат», тем выше балл экспертов. Время – критический фактор (табл.).

Таблица

Корреляционные взаимосвязи между пространственно-временными характеристиками и качеством (баллы) и надежностью выполнения элемента (бумеранг) с лентой ногой в координации с кувырком вперед в художественной гимнастике

Пространственная характеристика (предиктор)	Экспертная оценкой, баллы, r	Интерпретация силы связи	Надежность, %, r	Интерпретация силы связи
Точность манипулирования в пространстве, %	0,20	Слабая положительная	0,07	Очень слабая
Чувство времени, отклонение от модельного параметра, %	-0,67	Сильная отрицательная	-0,59	Средняя отрицательная
Точность движений правой рукой, баллы	0,06	Очень слабая	-0,25	Слабая отрицательная
Точность движений левой рукой, баллы	-0,38	Умеренная отрицательная	-0,19	Слабая отрицательная
Разница в точности между правой и левой руками, %	0,23	Слабая положительная	-0,05	Очень слабая
Точность воспроизведения пространственных характеристик броска, правая рука, %	-0,41	Умеренная отрицательная	-0,47	Средняя отрицательная
Точность воспроизведения пространственных характеристик броска, левая рука, %	0,13	Очень слабая	0,31	Умеренная положительная
Асимметрия воспроизведения пространственных характеристик, %	-0,37	Умеренная отрицательная	-0,52	Сильная отрицательная

Применение: для выборки n=21 и уровня значимости $p<0,05$ критическое значение $|r|\approx0,43$, значения, превышающие этот порог, можно считать статистически значимыми.

Было выявлено, что главный детерминант надежности (%) выполнения элемента в координации с кувырком вперед – симметрия движений. Наиболее сильная и значимая связь для надежности обнаружена с разницей в воспроизведении броска между руками (r=-0,52). Это означает, чем больше асимметрия между правой и левой руками в точности воспроизведения параметров броска, тем ниже процент надежного выполнения элемента. Надежность завязана на согласованности работы обеих рук несмотря на ведущую роль левой.

Выявлена значимая отрицательная корреляция в точности воспроизведения пространственных характеристик броска правой рукой (%) с обоими целевыми показателями (-0,41 и -0,47). Это может указывать на компенсаторный механизм: спортсменки, имеющие проблемы с кинематикой броска ведущей (левой) рукой, пытаются излишне контролировать или корректировать движение неведущей (правой) рукой, что ухудшает общий результат. Качество элемента зависит не от абсолютной точности каждой руки, а от их согласованной работы. Общая точность манипулирования показала очень слабые связи. Это говорит о том, что для данного сложнокоординационного элемента, выполняемого в связке с кувырком, синхронизация во времени и координация между руками важнее, чем абсолютная меткость попадания в точку.

На основе выявленных сильных корреляций методику формирования навыка необходимо перестроить.

Приоритет № 1: развитие чувства времени и ритмической структуры элемента. Методика: выполнение связки под строгий метроном или звуковой ритм, разбивка на фазы с фиксацией временных контрольных точек (1 – кувырок, 2 – бросок, 3 – натяжение, 4 – ловля). Использовать видео с таймкодами для анализа. Цель: довести до автоматизма временной паттерн, минимизировать отклонение от эталона.

Приоритет № 2: устранение асимметрии и формирование координации между руками. Методика: изолированная проработка левой руки – упражнения на воспроизведение одинаковой амплитуды, силы и траектории броска левой рукой без предмета, затем с утяжелителем, и, наконец, с лентой. Координационные упражнения на асимметрию: синхронные, но разные движения руками (например, правая рисует круг, левая – квадрат; «руки-ножницы»). Зеркальная тренировка: выполнение элемента в зеркальном отображении (бросок правой ногой/рукой) для создания правильного нейромышечного образа и баланса. Цель данного упражнения – снизить показатели асимметрии воспроизведения пространственных характеристик и разницы в точности между правой и левой руками.

Приоритет № 3: коррекция техники через призму ведущей руки. Методика: акцентировать внимание спортсменки не на «помощи» правой рукой, а на чистоте и стабильности движения левой руки – от «захвата» палочки ногой до финального натяжения. Правую руку рассматривать как стабилизатор, а не корректор. Цель данного упражнения – снизить негативное влияние избыточного контроля правой руки (отражается в точности воспроизведения пространственных характеристик броска правой рукой).

Интеграция в целостное действие. Методика: тренировка элемента не изолирована, а идет исключительно в связке с кувырком вперед, так как ключевые корреляции выявлены именно для целостной пространственно-временной структуры. Цель: закрепление оптимального двигательного паттерна, где временные параметры кувырка и работы с предметом неразделимы.

Таким образом, переход от тренировки «точности броска» к тренировке «точного во времени и симметричного по координации двигательного ансамбля» позволит напрямую влиять на выявленные ключевые факторы (чувство времени, отклонение от модельного параметра, асимметрию воспроизведения пространственных характеристик), что должно привести к повышению как экспертной оценки (баллы), так и надежности (%) выполнения сложного элемента «бумеранг» в координации с кувырком.

Заключение. Проведенный анализ эмпирических данных позволяет сделать принципиальный вывод о природе надежности выполнения сложносоставного элемента «бумеранг» ногой с лентой в координации с кувырком вперед. Вопреки возможному интуитивному предположению,

общая пространственная точность манипулирования предметом не является определяющим фактором. Как показали результаты, ключевыми детерминантами выступают временная синхронизация и координация между руками.

На основании этих выводов сформулированы конкретные методические приоритеты для перестройки тренировочного процесса:

1. Развитие чувства времени и ритма целостной связки, а не изолированных фаз;
2. Целенаправленное устранение асимметрии через изолированную проработку ведущей левой руки и координационные упражнения на межручную согласованность;
3. Коррекция техники через перераспределение внимания;
4. Обязательная интегративная тренировка, где элемент отрабатывается исключительно в связке с кувырком, для закрепления единого пространственно-временного паттерна.

Следовательно, для повышения надежности необходимо осуществить переход от традиционной тренировки, направленной на повышение «точности броска», к формированию «точного во времени и симметричного по координации двигательного ансамбля». Такая переориентация, основанная на выявленных ключевых корреляциях, позволит напрямую воздействовать на главные факторы риска (асимметрия, временное отклонение, компенсаторные ошибки) и системно повысить стабильность выполнения сложного элемента в условиях соревновательного стресса.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кивихарью, И.В. Современное состояние и способы развития двигательной памяти для повышения качества выполнения технических элементов с лентой в художественной гимнастике / И.В. Кивихарью // Психология человека и общества. – 2024. – № 5(69). – С. 22-28.
2. Биомеханический анализ темпоритмической структуры движений предмета в художественной гимнастике: от теории к практике (с рекомендациями по музыкальному сопровождению) / А.А. Супрун, Е.Н. Медведева, Н.Ю. Власова, В.В. Борисова // Бизнес. Образование. Право. – 2025. – № 2(71). – С. 426-433. DOI: 10.25683/VOLBI.2025.71.1296.
3. Совершенствование техники исполнения движений с лентой на основе учета психомоторных способностей спортсменок в художественной гимнастике / А.А. Супрун, Е.Н. Медведева, В.Н. Надольская, В.В. Борисова // Бизнес. Образование. Право. – 2023. – № 2(63). – С. 452-456. DOI: 10.25683/VOLBI. 2023.63.622.
4. Ожиганова, А.С. Формирование базовых навыков выполнения «бумеранга» лентой в художественной гимнастике в соответствии с координационным профилем упражнений / А.С. Ожиганова // Научные исследования и разработки в спорте: Вестник аспирантуры и докторантуры. – Санкт-Петербург: Национальный государственный Университет физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта, 2024. – С. 32-36.
5. Оплачко, Д.А. Совершенствование техники выполнения базовых элементов с лентой у гимнасток 10-11 лет / Д.А. Оплачко, В.Б. Крутько // Современная проблематика физической культуры и спорта: сборник научных трудов II Региональной научно-практической конференции, Уфа, 17 апреля 2025 года. – Уфа: Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, 2025. – С. 127-132.
6. Назаренко, Л.Д. Тестирование точности у учащихся младшего школьного возраста / Л.Д. Назаренко, Е.Е. Фунина // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2006. – № 1. – С. 1-9.
7. Павленкович, С.С. Мониторинг физической подготовленности: учебно-методическое пособие для студентов Института физической культуры и спорта / Авт.-сост. С.С. Павленкович. – Саратов: Изд-во Саратовского государственного университета, 2019. – С.27-26.
8. Аркаев, Л.Я. Как готовить чемпионов, теория и технология подготовки гимнастов вышей квалификации / Л.Я. Аркаев, Н.Г. Сучилин. – Физкультура и спорт, 2004. – С. 95-97.

REFERENCES

1. Kivikharyu I.V. Modern state and ways to develop motor memory to improve quality of

performing technical elements in rhythmic gymnastics. *Psikhologia cheloveka i obshchestva*, 2024, no. 5(69), pp. 22-28. (in Russ.)
2. Suprun A.A., Medvedeva E.N., Nadolskaya V.N., Borisova V.V. Biomechanical analysis of the tempo-rhythmic structure of movements of the apparatus in rhythmic gymnastics: from theory to practice (with recommendations on musical accompaniment). *Business. Education. Law*, 2025, no. 2(71), pp. 426-433. DOI: 10.25683/VOLBI. 2025.71.1296. (in Russ.)
3. Suprun A.A., Medvedeva E.N., Nadolskaya V.N., Borisova V.V. Improvement of ribbon technique based on the psychomotor abilities of female athletes in rhythmic gymnastics. *Business. Education. Law*, 2025, no. 2(71), pp. 426-433. DOI: 10.25683/VOLBI.2025.71.1296. (in Russ.)
4. Ozhiganova A.S. Formation of basic skills of performing a boomerang with a ribbon in rhythmic gymnastics in accordance with the coordination profile of exercises. Scientific research and development in sports: Bulletin of Postgraduate and Doctoral Studies. Saint Petersburg: The Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health, 2024. pp. 32-36. (in Russ.)
5. Oplachko D.A., Krutko V.B. Determination of special physical qualities in athletes with musculoskeletal disorders engaged in wheelchair dancing. Modern problems of physical culture and sport: collection of scientific works of the II Regional Scientific and Practical Conference (Ufa, April 17, 2025). Ufa: Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla, 2025. pp. 127-132. (in Russ.)
6. Nazarenko L.D., Funina E.E. Primary school children accuracy testing. *Russian Journal of Physical Education and Sport*, 2006, no. 1, pp. 1-9. (in Russ.)
7. Pavlenkovich S.S. Physical fitness monitoring: an educational and methodological guide for students of the Institute of Physical Culture and Sports. Saratov: Publishing House of the Saratov State University, 2019. p. 27-26. (in Russ.)
8. Arkaev L.Ya., Suchilin N.G. How to prepare champions, theory and technology of training highly qualified gymnasts. Fizkultura i sport, 2004, p. 9597. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:
Виктория Николаевна Мархакшинова – старший преподаватель, кафедра теории и методики гимнастики, Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, e-mail: markhakshinova.vn@gtsolifk.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR:
Viktoria N. Markhakshinova – Senior Lecturer of the Department of Theory and Methodology of Gymnastics, Russian University of Sport “GTSOLIFK”, Moscow, e-mail: markhakshinova.vn@gtsolifk.ru.

Для цитирования: Мархакшинова, В.Н. Пространственно-временные характеристики выполнения элемента «бумеранг» ногой с лентой в координации с кувырком вперед в художественной гимнастике / В.Н. Мархакшинова // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_38

For citation: Markhakshinova V.N. Spatio-temporal characteristics of performing the “boomerang” with a ribbon using the foot in coordination with a forward roll in rhythmic gymnastics. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_38

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_39
УДК 796.8

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_39
UDC 796.8

ПРОБЛЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ СПОРТСМЕНОВ РАЗНЫХ ВЕСОВЫХ КАТЕГОРИЙ В ГИРЕВОМ СПОРТЕ

Е.А. Пинчук, О.Н. Кудря
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет физической культуры и спорта», г. Омск, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Представлен аналитический обзор научно-методической литературы по проблеме планирования тренировочного процесса с учетом весовых категорий спортсменов. ***Методы.*** Для анализа научно-методической литературы по рассматриваемому вопросу были использованы базы данных eLibrary, PubMed, Google Scholar, КиберЛенинка. ***Результаты.*** Выявлено, что спортсмены разных весовых категорий отличаются по компонентному составу тела, уровню развития силовых и скоростно-силовых способностей, специальной подготовленности. В ряде исследований доказана эффективность дифференцированного подхода к построению тренировочного процесса с учетом весовых категорий для борцов, тяжелоатлетов, боксеров. ***Заключение.*** Гиревой спорт имеет свою специфику, относится к циклическим видам спорта, но при этом спортсмены выступают в разных весовых категориях. Вопрос о планировании тренировочного процесса в гиревом спорте остается открытым и требует дальнейшего изучения.
Ключевые слова: весовые категории, тренировочный процесс, планирование нагрузок, гиревой спорт.

THE PROBLEM OF PLANNING THE TRAINING PROCESS FOR ATHLETES OF DIFFERENT WEIGHT CATEGORIES IN KETTLEBELL LIFTING

E.A. Pinchuk, O.N. Kudrya
Siberian State University of Physical Education and Sport, Omsk, Russia

Abstract. ***Introduction.*** An analytical review of scientific and methodological literature on the problem of planning the training process, taking into account the weight categories of athletes, is presented. ***Methods.*** To analyze the scientific and methodological literature on the aforementioned issue, we used eLibrary, PubMed, Google Scholar, CyberLeninka databases. ***Results.*** It has been revealed that athletes of different weight categories differ in body composition, the level of strength and speed-strength abilities development, special fitness. A number of studies have proven the effectiveness of a differentiated approach to building a training process, taking into account weight categories for wrestlers, weightlifters and boxers. ***Conclusion.*** Kettlebell lifting has its own specifics, belongs to cyclic sports, but in addition, athletes perform in different weight categories. The question of planning the training process in kettlebell lifting remains open and requires further study.
Keywords: weight categories, training process, load planning, kettlebell lifting.

Введение. В ряде видов спорта, таких как тяжелая атлетика, пауэрлифтинг, борьба, бокс, гиревой спорт, спортсмены выступают в соответствии со своей весовой категорией. Специалисты отмечают, что спортсмены разных весовых категорий отличаются не только по весоростовым параметрам, но и по уровню технической и физической подготовленности, что существенно влияет на соревновательный результат и обуславливает необходимость учета этих особенностей при планировании тренировочного процесса [1, 2]. В некоторых видах спорта, где не предусмотрено деление на весовые категории (например, академическая гребля, баскетбол), планирование тренировочного процесса также реализуется на основе учета собственного веса спортсмена [3, 4].

Цель исследования – обобщить данные научно-методической литературы по проблеме планирования тренировочного процесса для спортсменов разных весовых категорий в гиревом спорте.

Методы и организация исследования. Для анализа научно-методической литературы по рассматриваемому вопросу были использованы базы данных eLibrary, PubMed, Google Scholar, КиберЛенинка.

Результаты исследования и их обсуждение. В ходе анализа научно-методической литературы были выявлены основные направления исследований, касающиеся вопроса подготовки спортсменов разных весовых категорий: морфофункциональные особенности, включая компонентный состав тела, проявление силовых и скоростно-силовых качеств, техническую подготовку, показатели функционального состояния.

Значительное количество исследований посвящено изучению морфофункциональных показателей спортсменов разных весовых категорий. Исследователи отмечают, что спортсмены разных весовых категорий отличаются по компонентному составу тела: с увеличением веса увеличивается процент жировой ткани, снижаются мышечный и костный компоненты [5, 6]. Подобная динамика отмечена у боксеров [1], тяжелоатлетов [6], борцов [7], армрестлеров [8].

В исследованиях Федяева Н.А. (2022) показано, что девушки разных весовых категорий, занимающиеся самбо, практически не отличаются по соотношению мышечной ткани, но значимые различия отмечены по содержанию жировой ткани. У спортсменок легких весовых категорий содержание жира составляет 14%, тогда как у спортсменок тяжелых весовых категорий – 23% [9]. Специалисты отмечают различия между спортсменами и по обхватным размерам плеча, предплечья, ширины таза [10].

Согласно исследованиям К.В. Выборной с соавторами (2024), определение компонентного состава тела используется для оценки физической подготовленности спортсмена. Существуют различные варианты динамики компонентов состава тела, которые позволяют определить уровень подготовленности спортсмена. Установлено, что с ростом тренированности увеличивается доля мышечного компонента и уменьшается доля жирового компонента [1], при этом вес спортсмена остается неизменным [11, 12].

Согласно многочисленным исследованиям установлено, что силовая и скоростно-силовая подготовленность спортсмена противоположно зависима от морфологических признаков. По мере увеличения размеров тела спортсменов собственно-силовые показатели возрастают, а скоростно-силовые снижаются [13-15]. В полученных И.С. Беляевым и В.Л. Ботяевым (2024) результатах исследования подчеркивается значимость отдельных показателей спортсменок высокой квалификации разных весовых категорий в гиревом спорте [16].

Ряд исследователей отмечает, что спортсмены более тяжелых весовых категорий имеют высокие силовые показатели, но низкие скоростно-силовые показатели [17-19]. Так, согласно исследованию И.Н. Никулина с соавторами (2021), армрестлеры тяжелых весовых категорий (до 110 и свыше 110 кг) имеют достоверно более высокие показатели специальной силовой подготовленности по сравнению со спортсменами средних весовых категорий (80-85 кг). Разница между средними значениями установлена по показателям силы мышц, осуществляющих пронацию предплечья, пронацию плеча и отведение кисти и показателям силы сгибателей пальцев, сгибателей предплечья в супинированном положении и сгибателей кисти. В то же время меньшие силовые показатели компенсируются спортсменами легких весовых категорий за счет различий в технике выполнения упражнений, использования дополнительных технических приемов. Благодаря этому, согласно мнению ряда специалистов, взаимосвязь между ритмо-темповыми характеристиками спортсменов и принадлежностью к определенной весовой категории незначительна [5, 18].

Специалисты отмечают, что спортсмены разных весовых категорий имеют особенности выполнения технико-тактических приемов [20]. Борцы легких весовых категорий предпочитают атакующие действия в стойке, тогда как тяжеловесы предпочитают бороться в партере и использовать силовую борьбу [21]; бойцы смешанных боевых искусств (ММА – Mixed Martial Arts) тяжелых весовых категорий плохо дифференцируют силу удара и предпочитают использовать защитные действия, чаще ошибаются по сравнению с бойцами легких весовых категорий [22]. С ростом веса значительно снижаются активность ведения поединка, количество и разнообразие технико-тактических приемов [23]. В исследовании Неробеева Н.Ю. (2011) отмечено, что технико-тактическая подготовленность у

борцов-мужчин в большей степени зависит от весовых категорий, чем у женщин. У борцов-мужчин легких весовых категорий количество проведенных приемов и количество выигранных баллов выше, чем у спортсменов тяжелых весовых категорий. У женщин эта связь не выражена [24].

Спортсмены разных весовых категорий отличаются не только по соотношению компонентов состава тела, но и по энергозатратам (А.Х. Талибов, 2021 и др.), артериальному давлению, анаэробной мощности и емкости. Самые высокие показатели относительной мощности в расчете на 1 кг веса тела отмечены у спортсменов «среднего» веса, самые низкие – у «тяжеловесов» [25, 26].

Спортсменам тяжелых весовых категорий требуется больше времени для восстановления и увеличения общего суммарного объема нагрузок, интенсивность и продолжительность нагрузок должна быть ниже [27]. У спортсменок легких весовых категорий энергетические запасы невелики, врабатываемость и скорость нарастания силы высокие [13].

В исследованиях Чалова К.Б. (2023) доказано, что у спортсменов-тяжелоатлетов разных весовых категорий спортивный результат обусловлен разными механизмами. У спортсменов легких весовых категорий рост спортивного результата и уровня тренированности идет за счет «координационного фактора», который предусматривает совершенствование способности нервной системы синхронизировать сокращение максимального количества двигательных единиц, что ведет к увеличению силовых возможностей без увеличения объема мышечной массы. У спортсменов тяжелых весовых категорий увеличение максимального проявления силовых качеств происходит за счет «мышечного фактора» (гипертрофии мышечной ткани) [28].

Вопрос о дозировании нагрузок в подготовке спортсменов разных весовых категорий остается открытым. Анализ тренировочного процесса показал, что в пауэрлифтинге спортсмены легких весовых категорий выполняют общее количество подъемов штанги на 20% больше, чем спортсмены тяжелых весовых категорий. Интенсивность общей тренировочной нагрузки также выше у спортсменов легких весовых категорий [29, 30].

Различия в морфофункциональных показателях и в особенностях соревновательной деятельности спортсменов разных весовых категорий целесообразно использовать для индивидуализации тренировочного процесса. Необходимость такого подхода доказана в работе Шиян В.В. (2017), в исследованиях которого однотипная тренировочная программа (по объему и интенсивности) привела к различным адаптационным изменениям у борцов разных весовых категорий: у спортсменов с высокой массой тела отмечено повышение анаэробных возможностей, у спортсменов легких весовых категорий – повышение аэробных возможностей, у средних весов – незначительные изменения аэробных и анаэробных возможностей [31].

Клименко А.А., Жуков М.С. (2024) в своих исследованиях пришли к выводу, что эффективность предсоревновательной подготовки борцов зависит от весовой категории спортсмена, и необходим дифференцированный подход к построению тренировочного процесса с учетом специфики соревновательной деятельности спортсменов разных весовых категорий. Авторы рекомендуют для борцов легких весовых категорий в предсоревновательной подготовке делать акцент на развитие скоростно-силовых качеств, увеличивать объем специальной работы высокой интенсивности. Для спортсменов средних весовых категорий рекомендовано сбалансированное развитие всех компонентов подготовленности, совершенствование технико-тактических действий в стойке и партере. Для спортсменов тяжелых весовых категорий – увеличение работы в партере, развитие силовой выносливости [21].

В ряде исследований показано, что у спортсменов тяжелых весовых категорий нарушение в состоянии опорно-двигательного аппарата и риск получения травм выше, чем у спортсменов среднего и легкого веса. В связи с этим авторы рекомендуют в качестве средства развития общей выносливости использовать не кроссовый бег, а велоэргометр, что снижает нагрузку на опорно-двигательный аппарат и повышает выносливость [32].

В гиревом спорте установлены весовые категории как для мужчин, так и для женщин. Однако гиревой спорт нельзя охарактеризовать как «силовой» вид спорта, поскольку соревновательное упражнение длится 10 мин. Специалисты отмечают специфику гиревого спорта, которая заключается в цикличности выполнения соревновательного упражнения, скоростно-силовом характере выполнения упражнения и, следовательно, аэробно-гликолитическом характере энергообеспечения. В связи с этим гиревой спорт относится к циклическим видам спорта, имеет схожую структуру и тип энергообеспечения с такими дисциплинами, как лыжные гонки (5 км), академическая гребля (2 000 м), легкоатлетический бег (3 км, 5 км) [14, 33].

В исследованиях Замчий Т.П., Спатаевой М.Х. (2017) показано, что у гиревиков прослеживается такая же тенденция по компонентному составу тела в зависимости от весовых категорий, как у борцов, пауэрлифтеров, боксеров, тяжелоатлетов: абсолютные показатели мышечной, жировой, костной ткани увеличиваются при увеличении массы тела, процент мышечной массы не имеет достоверных различий, а процент жирового компонента у тяжеловесов выше, чем у средних и легких весовых категорий [34].

Многие специалисты утверждают, что ведущее физическое качество, обеспечивающее соревновательный результат в гиревом спорте – силовая выносливость [35]. Однако, исходя из того, что длительность соревновательного упражнения составляет 10 мин, следует говорить о «специальной силовой выносливости», проявление которой зависит от силовых возможностей, общей и локальной выносливости. По мнению авторов, основу методики совершенствования специальной силовой выносливости должны составлять высокоинтенсивные интервальные тренировки и упражнения гликолитической направленности. При этом индивидуализировать тренировочные нагрузки авторы предлагают исходя из показателей частоты сердечных сокращений на уровне порога анаэробного обмена и максимальной частоты сердечных сокращений [36]. Черняев А.А. с соавт. (2020) предлагает для развития силовой выносливости гиревиков использовать круговой метод и делать акцент на развитие силовой выносливости мышц кисти и предплечья, поскольку именно они в большей степени задействованы в выполнении соревновательного упражнения [37].

В исследованиях Ботяева В.Л. с соавт. (2023) было установлено, что спортсмены-гиревики высокой квалификации разных весовых категорий не используют свои анатомические преимущества при выполнении соревновательных упражнений, применяя, как правило, стандартную технику толчка по длинному циклу [38].

В единичных работах авторы предлагают средства и методы повышения спортивного результата с учетом весовых категорий [36, 39, 40]. В частности, Воронков А.В. (2019) считает, что у спортсменов легких весовых категорий роль силового компонента в подготовке значительно возрастает. Как средство для совершенствования силовых качеств авторы рекомендуют в тренировочном процессе гиревиков использовать гири весом 36 кг, в то время как на соревнованиях спортсмены выступают с гирями весом 32 кг [40].

Заключение. Анализ научно-методической литературы выявил, что спортсмены разных весовых категорий имеют отличия по показателям компонентного состава тела, проявлению силовых и скоростно-силовых качеств, уровню специальной подготовленности, особенности техники выполнения соревновательных упражнений. Специалисты предлагают учитывать выявленные особенности для планирования тренировочного процесса в таких видах спорта, как борьба, тяжелая атлетика, бокс. Однако использовать такие рекомендации для спортсменов-гиревиков некорректно. Несмотря на наличие весовых категорий гиревой спорт относится к циклическим видам спорта, основной тип энергообеспечения – анаэробно-гликолитический. В связи с этим, вопрос об особенностях планирования тренировочного процесса для гиревиков разных весовых категорий остается открытым и требует дальнейшего изучения.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Выборная, К.В. Весовые категории в боксе как фактор морфологического разнообразия : монография / К.В. Выборная, Р.М. Раджабкадиев, И.Ю. Тармаева. – Москва : ООО «Торговый Дом «ДеЛи», 2024. – 121 с.
2. Пронин, Е.А. Индивидуализация тренировочного процесса для развития силовой выносливости у спортсменов-гиревиков с учетом их соматотипа / Е.А. Пронин // Культура физическая и здоровье. – 2022. – № 2(82). – С. 231-235. DOI: 10.47438/1999-3455_2022_2_231.
3. Preparation of athletes in cyclic sports taking into account the functional state of the external respiratory system and cardiovascular system / O.S. Omelchenko, S.M. Afanasiev, V.G. Savchenko [et al.] // Pedagogy of Physical Culture and Sports. – 2020. – Vol. 24. – No. 2. – P. 93-99.
4. Столяр, О.К. Индивидуализация средств силовой подготовки игроков женской баскетбольной команды (на примере ЖБК «Динамо» г. Новосибирск) / О.К. Столяр, Л.М. Столяр // Проблемы и перспективы развития спортивного образования, науки и практики: Материалы VIII научной конференции молодых ученых, Москва, 14 декабря 2023 года. – Москва: Московский педагогический государственный университет, 2024. – С. 206-212.
5. Талибов, А.Х. Биомеханический анализ технической подготовленности спортсменов в атлетизме (на примере гиревого спорта) / А.Х. Талибов, Н.В. Гришаев, Д.В. Лапиков // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2021. – № 5(195). – С. 367-370.
6. Талыбова, Р.Р. Антропометрические показатели и компонентный состав тела тяжелоатлетов / Р.Р. Талыбова, А.А. Доможилова // Человек в мире спорта: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции молодых исследователей с международным участием, посвященной 125-летию Национального государственного Университета физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург, 27 сентября – 08 октября 2021 года. – Санкт-Петербург: Национальный государственный Университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, 2021. – С. 137-141.
7. Бадмацыренов, Г.Х. Морфофункциональные особенности борцов-самбистов с высоким уровнем специальной физической подготовки / Г.Х. Бадмацыренов // Актуальные исследования. – 2024. – № 10-3(192). – С. 87-92. DOI: 10.5281/zenodo.10798402.
8. Сравнительная характеристика показателей специальной силовой подготовленности армрестлеров различных весовых категорий и уровня спортивного мастерства / И.Н. Никулин, И.А. Матюшенко, А.В. Антонов, А.В. Посохов // Теория и практика физической культуры. – 2021. – № 5. – С. 9-11.
9. Антропологические особенности девушек разных весовых категорий, занимающихся борьбой самбо / Н.А. Федяев, Э.В. Маркин, С.Ю. Никитченко [и др.] // Педагогический журнал. – 2022. – Т. 12. – № 2А. – С. 246-253. DOI: 10.34670/AR.2022.51.28.033.
10. Элипханов, С.Б. Морфологические особенности дзюдоисток различных весовых категорий / С.Б. Элипханов // Вестник спортивной науки. – 2013. – № 1. – С. 29-33.
11. Руднев, С.Г. Состав тела спортсменов: проблемы, достижения и перспективы / С.Г. Руднев // День спортивной информатики : материалы V Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 03-04 декабря 2021 года. – Москва: ФГБУ «Федеральный центр подготовки спортивного резерва», 2022. – С. 98-103.
12. Биомаркеры физической активности и спортивной тренировки / Г. Паласиос, Р. Педреро-Чамисо, Н. Паласиос [и др.] // Ученые записки Белорусского государственного университета физической культуры. – 2023. – № 26. – С. 311-322.
13. Гималетдинова, А.И. Силовая подготовка дзюдоисток легкой и тяжелой весовых категорий / А.И. Гималетдинова // Наука 2020. Теория и практика: материалы II международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 02 апреля 2020 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью «Центр профессионального менеджмента «Академия Бизнеса», 2020. – С. 57-59.
14. Evaluating the intensity of the 10-minute snatch test during a hardstylekettlebell Polish championship / J. Polechoński, R. Tomik, M. Rozpara [et al.] // J Kinesiol Exerc Sci. – 2017. – No. 79(27). – P. 41-48.
15. Ряснянский, Р.И. Влияние общей массы тела на количество повторений в гиревом спорте / Р.И. Ряснянский // Тезисы докладов XLVII научной конференции студентов и молодых ученых вузов Южного Федерального округа : Материалы конференции, Краснодар, 01 февраля – 31 2020 года / Редколлегия: И.Н. Калинина [и др.]. Часть 2. – Краснодар: Кубанский государственный университет

физической культуры, спорта и туризма, 2020. – С. 170-171.
16. Беляев, И.С. Исследование физического состояния спортсменок, занимающихся гиревым спортом / И.С. Беляев, В.Л. Ботяев // Проблемы правоохранительной деятельности. – 2024. – № 1(55). – С. 74-78.
17. Оценка скоростно-силовых характеристик ударов квалифицированных боксеров / С.И. Горелкин, А.Ю. Дорохин, А.В. Апальков, А.А. Третьяков // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2021. – № 4(194). – С. 109-114.
18. Компонентный состав тела армрестлеров различного уровня подготовленности / И.Н. Никулин, В.А. Максименко, А.В. Посохов, Ф.И. Собянин // Теория и практика физической культуры. – 2022. – № 5. – С. 18-19.
19. Беляев, И.С. Роль антропометрических показателей в тренировочном процессе гиревиков / И.С. Беляев // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2022. – № 8(210). – С. 29-33.
20. Султанахмедов, Г.С. Индивидуализация формирования технико-тактического арсенала действий в партере с учетом весовых категорий борцов вольного стиля / Г.С. Султанахмедов // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2018. – № 11(165). – С. 337-339.
21. Клименко, А.А. Анализ сравнительной эффективности повышения специальной работоспособности дзюдоистов различных весовых категорий в рамках предсоревновательной подготовки / А.А. Клименко, М.С. Жуков // Профессиональная ориентация. – 2024. – № 4-4. – С. 34-37.
22. Шкоропар, С.В. Специфика атакующих ударных действий у квалифицированных бойцов разных весовых категорий в смешанных боевых единоборствах / С.В. Шкоропар, О.В. Кайгородцева, Ю.В. Демченко // Научно-методические аспекты подготовки спортсменов : Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Омск, 13-14 апреля 2022 года / Под общ. ред. К.В. Диких. – Омск: ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет физической культуры и спорта», 2022. – С. 216-221.
23. Апойко, Р.Н. Взаимосвязь спортивно-технических показателей и весовых категорий спортсменов в современной вольной борьбе / Р.Н. Апойко, Б.И. Тараканов // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2014. – № 6(112). – С. 17-23. DOI: 10.5930/issn.1994-4683.2014.06.112.p17-23.
24. Неробеев, Н.Ю. Динамика и корреляция спортивно-технических показателей соревновательной деятельности женщин-борцов в зависимости от весовых категорий / Н.Ю. Неробеев // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2011. – № 11(81). – С. 106-108.
25. Мирошников, А.Б. Новые возможности физической реабилитации атлетов силовых видов спорта с эссенциальной гипертензией: рандомизированное контролируемое исследование / А.Б. Мирошников, А.В. Смоленский, А.Д. Форменов // Вестник восстановительной медицины. – 2020. – № 3(97). – С. 76-82.
26. Лаптев, А.И. Особенности анаэробной работоспособности борцов с нарушениями слуха различных весовых категорий / А.И. Лаптев, А.В. Шевцов // Спортивно-педагогическое образование. – 2023. – № 3. – С. 93-100.
27. Вовк, С.И. Сравнительный анализ времени восстановления при выполнении специфического теста для борцов разных весовых категорий / С.И. Вовк, А.Л. Мужейко // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2016. – № 1(131). – С. 43-45. DOI: 10.5930/issn.1994-4683.2016.01.131.p43-45.
28. Чалов, К.Б. Сравнительная характеристика телосложения и специальной подготовленности тяжелоатлетов различных весовых групп и возраста / К.Б. Чалов, М.С. Кийзбаев, А.А. Кенжебаев // Вестник физической культуры и спорта. – 2023. – № 2(32). – С. 70-74. DOI: 10.59406/1694-6707.2023.312.16.
29. Калиничев, Е.В. Отличия тренировочных нагрузок спортсменов различных весовых категорий в пауэрлифтинге в предсоревновательном периоде / Е.В. Калиничев // Мавлютовские чтения : Материалы XVI Всероссийской молодежной научной конференции. В 6-ти томах, Уфа, 25-27 октября 2022 года. Том 4. – Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2022. – С. 41-43.
30. Лукьянов, А.Б. Отличия тренировочных нагрузок спортсменов различных весовых категорий в пауэрлифтинге в предсоревновательном периоде / А.Б. Лукьянов, Б.Г. Лукьянов, А.В. Иванов // Актуальные проблемы физической культуры, спорта и туризма : XV Международная научно-практическая конференция, Уфа, 14-15 мая 2021 года. – Уфа: ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», 2021. – С. 101.
31. Шиян, В.В. Сравнительный анализ эффективности совершенствования специальной работоспособности дзюдоистов различных весовых категорий в макроцикле предсоревновательной подготовки / В.В. Шиян // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2017. – № 11(153). – С. 295-300.
32. Вовк, С.И. Учет весовых категорий при планировании тренировочной нагрузки квалифицированных самбистов / С.И. Вовк, А.Л.

Мужейко // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2019. – № 1(167). – С. 62-64.
33. Анализ спортивных результатов в гиревом спорте с учетом различных вариантов определения границ весовых категорий / Н.В. Гришаев, А.В. Мельников, А.Х. Талибов, М.В. Поляничко // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2024. – № 9(235). – С. 128-131.
34. Замчий, Т.П. Морфологическая характеристика гиревиков / Т.П. Замчий, М.Х. Спатаева // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2014. – Т. 2. – № 3-1(8-1). – С. 307-315. DOI: 10.12737/4607.
35. Анализ применения научных подходов для развития силовой выносливости у спортсменов-гиревиков с учетом соматотипа / Е.А. Пронин, М.П. Анисимов, А.С. Фадеев, В.Н. Максимов // Педагогический журнал. – 2022. – Т. 12. – № 4-1. – С. 545-552. DOI: 10.34670/AR.2022.57.86.065.
36. Индивидуализация процесса физической подготовки в гиревом спорте, направленного на совершенствование силовой выносливости / В.Н. Толопченко, В.М. Баршай, И.В. Морозов, М.В. Белавкина // Глобальный научный потенциал. – 2019. – № 8(101). – С. 53-56.
37. Черняев, А.А. Развитие силовой выносливости у гиревиков на этапе спортивного мастерства / А.А. Черняев, Е.А. Фонарева, И.В. Угаров // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 6. – С. 5. DOI: 10.17513/spno.30249.
38. Индивидуально-дифференцированная техническая подготовка гиревиков высокой квалификации / В.Л. Ботяев, М.А. Шпартко, И.С. Беляев, А.С. Грачев // Теория и практика физической культуры. – 2023. – № 8. – С. 3-5.
39. Повышение уровня физической подготовленности молодых атлетов специализирующихся в гиревом спорте за счет использования модельных характеристик / В.Ю. Павлов, М.Д. Кудрявцев, Н.В. Скурихина [и др.] // Проблемы современного педагогического образования. – 2017. – № 56-9. – С. 187-195.
40. Особенности силовой подготовки квалифицированных гиревиков легких весовых категорий / А.В. Воронков, С.О. Лупандин, С.И. Сылка, А.В. Конев // Научный журнал Дискурс. – 2019. – № 7(33). – С. 19-26.

REFERENCES

1. Vybornaya K.V., Radzhabkadiev R.M., Tarmaeva I.Yu. Weight categories in boxing as a factor of morphological diversity: a monograph. Moscow: TF “DeLi”, 2024. 121 p. (in Russ.)
2. Pronin E.A. Individualization of the training process for the development of strength endurance in kettlebell athletes, taking into account their somatotype. *Physical Culture and Health*, 2022, no. 2(82), pp. 231-235. DOI: 10.47438/1999-3455_2022_2_231. (in Russ.)
3. Omelchenko O.S., Afanasiev S.M., Savchenko V.G. et al. Preparation of athletes in cyclic sports taking into account the functional state of the external respiratory system and cardiovascular system. *Pedagogy of Physical Culture and Sports*, 2020, vol. 24, no. 2, pp. 93-99.
4. Stolyar O.K., Stolyar L.M. Individualization of strength training means of the women’s basketball team players (on the example of the Dynamo team, Novosibirsk). Problems and Prospects for the Development of Sports Education, Science and Practice: Materials of the VIII Scientific Conference of Young Scientists (Moscow, December 14, 2023). Moscow: Moscow State Pedagogical University, 2024. pp. 206-212. (in Russ.)
5. Talibov A.Kh., Grishaev N.V., Lapikov D.V. Biomechanical analysis of technical readiness of athletes in athleticism (on the example of kettlebell lifting). *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2021, no. 5(195), pp. 367-370. (in Russ.)
6. Talybova, R.R., Domozhilova A.A. Anthropometric indicators and body component of weightlifters. Man in the world of sports: Collection of materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Researchers with International Participation dedicated to the 125th Anniversary of the Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health (Saint Petersburg, September 27-08, 2021). Saint Petersburg: Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health, 2021. pp. 137-141. (in Russ.)
7. Badmatsyrenov, G.Kh. Morphofunctional features of sambo wrestlers with a high level of special physical training. *Aktualnye issledovania*, 2024, no. 10-3(192). pp. 87-92. (in Russ.)
8. Nikulin I.N., Matyushenko I.A., Antonov A.V., Posokhov A.V. Comparative characteristics of special strength fitness rates in armwrestlers of different weight categories and skill levels. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2021, no. 5, pp. 9-11. (in Russ.)
9. Fedyaev N.A., Markin E.V., Nikitchenko S.Yu., Melent’ev A.N., Musaev I.S.-Kh. Anthropological features of female sambo wrestlers of different weight categories. *Pedagogical Journal*, 2022, vol. 12, no. 2-1, pp. 246-253. DOI: 10.34670/AR.2022.51.28.033. (in Russ.)
10. Eliphanov S.B. Morphology features of female judo wrestlers of different weight category. *Sports science bulletin*, 2013, no. 1, pp. 29-33. (in Russ.)
11. Rudnev S.G. Body composition of athletes: problems, achievements and prospects. Day of Sports Informatics: materials of the V All-Russian Scientific and Practical Conference with

International Participation (Moscow, December 03-04, 2021). Moscow: Federal Center for the Training of Sports Reserve, 2022. pp. 98-103. (in Russ.)
12. Palacios G., Pedrero-Chamiso R., Palacios N. et al. Biomarkers of physical activity and sports training. *Nutricion Hospitalaria*, 2023, no. 26, pp. 311-322.
13. Gimaletdinova A.I. Strength training of judokas of light and heavy weight categories. Science 2020. Theory and Practice: materials of the II International Scientific and Practical Conference (Ekaterinburg, April 2nd, 2020). Saratov: "Center for Professional Management "Academy of Business" LLC, 2020. pp. 57-59. (in Russ.)
14. Polechoński J., Tomik R., Rozpara M., Jurczak M., Tobor M. Evaluating the intensity of the 10-minute snatch test during a hardstylekettlebell Polish championship. *J Kinesiol Exerc Sci*, 2017, no. 79(27), pp. 41-48.
15. Ryasnyansky R.I. The effect of total body weight on the number of repetitions in kettlebell lifting. Abstracts of the XLVII Scientific Conference of Students and Young Scientists of Universities of the Southern Federal District: Conference materials (Krasnodar, February 01-31, 2020). Volume Part 2. Krasnodar: Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, 2020. pp. 170-171. (in Russ.)
16. Belyaev I.S. The study of the physical condition of athletes engaged in kettlebell lifting. *Problems of Law Enforcement Activity*, 2024, no. 1(55), pp. 74-78. (in Russ.)
17. Gorelkin S.I., Dorokhin A.Yu., Apalkov A.V., Tretyakov A.A. Evaluation of speed and power characteristics of blows of qualified boxers. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2021, no. 4(194), pp. 109-114. (in Russ.)
18. Nikulin I.N., Maksimenko V.A., Posokhov A.V., Sobyanin F.I. Component composition of the body of arm wrestlers of various levels of preparedness. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2022, no. 5, pp. 18-19. (in Russ.)
19. Belyaev I.S. Role of anthropometric indicators in the training process of kettlebell lifters. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2022, no. 8(210), pp. 29-33. (in Russ.)
20. Sultanakhmedov G.S. Individualization of formation of technical and tactical arsenal of actions in the stalls taking into account the weight categories of wrestlers. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2018, no. 11(165), pp. 337-339. (in Russ.)
21. Klimenko A.A., Zhukov M.S. Analysis of the comparative effectiveness of increasing the special performance of judokas of various weight categories within the framework of pre-competition training. *Professionalnaya orientatsia*, 2024, no. 4-4, pp. 34-37. (in Russ.)
22. Shkoropar S.V. Kaigorodtseva O.V., Demchenko Yu.V. Specifics of attacking shock actions in qualified fighters of different weight categories in mixed martial arts. Scientific and Methodological Aspects of Training Athletes: Materials of the II All-Russian Scientific and Practical Conference (Omsk, April 13-14, 2022) Omsk: Siberian State University of Physical Culture and Sports, 2022. pp. 216-221. (in Russ.)
23. Apojko R.N., Tarakanov B.I. Correlation of sports and technical indicators and weight categories of athletes in modern free-style wrestling. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2014, no. 6(112), pp. 17-23. DOI: 10.5930/issn. 1994-4683.2014.06.112.p17-23. (in Russ.)
24. Nerobeev N.Yu. Dynamics and correlation of sport and technical indexes of women-wrestlers competitive activity depending on weight categories. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2011, no. 11(81), pp. 106-108. (in Russ.)
25. Miroshnikov A.B., Smolenskij A.V., Formenov A.D. New techniques for physical rehabilitation of power sports athletes with arterial hypertension: a randomized controlled trial. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*, 2020, no. 3(97), pp. 76-82. (in Russ.)
26. Laptev A.I., Shevtsov A.V. The features of anaerobic working capacity of wrestlers of various weight categories with hearing defects. *Sports and pedagogical education*, 2023, no. 3, pp. 93-100. (in Russ.)
27. Vovk S.I., Muzheyko A.L. Comparative analysis of the recovery time under the specific test for the fighters of different weight categories. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2016, no. 1(131), pp. 43-45. DOI: 10.5930/issn. 1994-4683.2016.01.131.p43-45. (in Russ.)
28. Chalov K.B., Kiyzbaev M.S., Kenzhebaev A.A. Comparative characteristics of the physique and special fitness of weightlifters of different weight groups and age. *Bulletin of Physical Culture and Sports*, 2023, no. 2(32), pp. 70-74. DOI: 10.59406/1694-6707.2023.312.16. (in Russ.)
29. Kalinichev, E.V. Differences in training loads of athletes of different weight categories in power-lifting in the pre-competition period. Mavlyutov Readings: Materials of the XVI All-Russian Youth Scientific Conference. In 6 volumes (Ufa, October 25-27, 2022). Volume 4. Ufa: Ufa State Aviation Technical University, 2022. pp. 41-43. (in Russ.)
30. Lukyanov A.B., Lukyanov B.G., Ivanov A.V. Differences in training loads of athletes of different weight categories in powerlifting in the pre-competition period. Actual Problems of Physical Culture, Sports and Tourism: XV International Scientific and Practical Conference (Ufa, May 14-15, 2021). Ufa: Ufa State Aviation Technical University, 2021. p. 101. (in Russ.)

31. Shiyan V.V. Comparative analysis of efficiency of improvement of special working capacity of judokas of various weight categories in the macrocycle of precompetitive preparation. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2017, no. 11(153), pp. 295-300. (in Russ.)
32. Vovk S.I., Muzheyko A.L. Accounting weight categories when planning training load for qualified sambo-fighters. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2019, no. 1(167), pp. 62-64. (in Russ.)
33. Grishaev N.V., Melnikov A.V., Talibov A.Kh., Polyanichko M.V. Analysis of sports results in kettlebell lifting, taking into account various options for determining the boundaries of weight categories. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2024, n 9(235), pp. 128-131. (in Russ.)
34. Zamchij T.P., Spataeva M.Kh. Morphological characteristics of kettlebell lifters. *Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*, 2014, vol. 2, no. 3-1 (8-1), pp. 307-315. DOI: 10.12737/4607.
35. Pronin E.A., Anisimov M.P., Fadeev A.S., Maksimov V.N. Analysis of the application of scientific approaches for the development of strength endurance in weightlifting athletes, taking into account the somatotype. *Pedagogical Journal*, 2022, vol. 12, no. 4-1, pp. 545-552. DOI 10.34670/AR.2022.57.86.065. (in Russ.)
36. Tolopchenko V.N., Barshay V.M., Morozov I.V., Belavkina M.V. Individualization of the process of physical training in kettlebell lifting aimed at improving strength endurance. *Global scientific potential*, 2019, no. 8(101), pp. 53-56. (in Russ.)
37. Chernyaev A.A., Fonareva E.A., Ugarov I.V. Development of power endurance in weightlifters at the stage of sportsmanship. *Modern problems of science and education*, 2020, № 6, pp. 5. DOI 10.17513/spno.30249. (in Russ.)
38. Botyaev V.L., Shpartko M.A., Belyaev I.S., Grachev A.S. Individually differentiated technical training of highly qualified weightlifters. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2023, no. 8, pp. 3-5. (in Russ.)
39. Pavlov V.Yu., Kudryavtsev M.D., Skurikhina N.V., Shivit-Khuurak I.K., Gamzin M.A. Increase of level of physical fitness of young athletes specializing in weight lifting sport through the use of model characteristics. *Problems of modern pedagogical education*, 2017, no. 56-9, pp. 187-195. (in Russ.)
40. Voronkov A.V., Lupandin S.O., Sylka S.I., Konev A.V. Features strength training qualified kettlebell lifters light weight category. *Scientific journal Discourse*, 2019, no. 7(33), pp. 19-26. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Елена Алексеевна Пинчук – аспирант, Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Омск, e-mail: lp4850798@gmail.com.
Ольга Николаевна Кудря – доктор биологических наук, профессор, Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Омск, e-mail: olga27ku@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Elena A. Pinchuk – Postgraduate Student, Siberian State University of Physical Education and Sport, Omsk, e-mail: lp4850798@gmail.com.
Olga N. Kudrya – Doctor of Biological Sciences, Professor, Siberian State University of Physical Education and Sport, Omsk, e-mail: olga27ku@mail.ru.

Для цитирования: Пинчук, Е.А. Проблема планирования тренировочного процесса для спортсменов разных весовых категорий в гиревом спорте / Е.А. Пинчук, О.Н. Кудря // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_39

For citation: Pinchuk E.A., Kudrya O.N. The problem of planning the training process for athletes of different weight categories in kettlebell lifting. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_39

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_40
УДК 796.332

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_40
UDC 796.332

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ФУТБОЛИСТОВ НА ОСНОВЕ МОДУЛЬНОГО ПОДХОДА С УЧЕТОМ МОТОРНОЙ АСИММЕТРИИ

А.И. Сафроненко, В.А. Блинов, С.Н. Мищенко, Н.В. Блинов, А.А. Шерстюк
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет физической культуры и спорта», г. Омск, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Проведен сравнительный анализ структуры технико-тактических действий, выполненных «ведущей» и «неведущей» ногой в условиях соревновательной деятельности квалифицированными футболистами клубов «Иртыш» и «Иртыш-Д». ***Методы:*** обобщение научно-методической литературы по проблеме исследования, метод регистрации соревновательной деятельности, педагогический эксперимент, методы математической статистики. ***Результаты.*** Разработан и внедрен в тренировочный процесс квалифицированных футболистов экспериментальный модуль совершенствования технических приемов с учетом моторной асимметрии. Отличительной особенностью является применение средств от простого к сложному с учетом четко регламентированного времени на совершенствование неведущей ноги в тренировочном занятии. ***Заключение.*** Внедрение разработанного модуля позволяет существенно повысить совершенствование технических приемов в соревновательной деятельности с учетом моторной асимметрии.
Ключевые слова: футболисты, моторная асимметрия, модуль, совершенствование технических приемов.

IMPROVING THE TECHNIQUES OF ELITE FOOTBALL PLAYERS USING A MODULAR APPROACH TAKING INTO ACCOUNT MOTOR ASYMMETRY

A.I. Safronenko, V.A. Blinov, S.N. Mishchenko, N.V. Blinov, A.A. Sherstyuk
Siberian State University of Physical Education and Sport, Omsk, Russia

Abstract. ***Introduction.*** A comparative analysis of the structure of technical and tactical actions performed by the dominant and non-dominant legs in competitive activity of elite football players from the Irtysh and Irtysh-D Football Clubs was conducted. ***Methods:*** generalization of scientific and methodological literature on the research problem, method of recording competitive activities, pedagogical experiment, methods of mathematical statistics. ***Results.*** An experimental module for improving technical skills, taking into account motor asymmetry, was developed and implemented into the training process for elite football players. A distinctive feature is the use of tools from simple to complex, with a strictly defined time limit for improving the non-dominant leg during training. ***Conclusion.*** Implementation of the developed module significantly improves technical skills in competitive activities, taking into account motor asymmetry.
Keywords: football players, motor asymmetry, module, improvement of technical moves.

Введение. В футболе техника играет важную роль, так как принимая решение о том, что сделать в данный игровой момент, например, отдать передачу или обыграть соперника, футболист задействует свое тактическое мышление. Выполняя выбранное решение, он использует свое техническое мастерство. Из этого следует, что отличная техническая подготовка предоставляет возможность применять разные тактические действия, т.е. техника служит основой тактического мастерства [1]. Техника игры представляет собой совокупность приемов игры для осуществления игровой и соревновательной деятельности футбола. Все технические приемы в футболе являются средством ведения игры [2]. Критериями технического мастерства футболистов являются объем, разносторонность, эффективность и надежность [3]. Техника служит основой тактического мастерства, и только высокий уровень техники дает игроку возможность реализовывать тактические замыслы [4].

Цель исследования: определить влияние моторной асимметрии на эффективность соревновательной деятельности квалифицированных футболистов.

Задачи исследования:

1. Определить уровень технической подготовленности с учетом моторной асимметрии квалифицированных футболистов профессиональной и молодежной команд в ходе соревновательной деятельности;

2. Разработать и внедрить экспериментальный модуль, направленный на снижение моторной асимметрии квалифицированных футболистов;

3. Оценить эффективность разработанного модуля.

Методы и организация исследования. Настоящее исследование проводилось на базе кафедры теории и методики футбола и хоккея Сибирского государственного университета физической культуры и спорта и футбольного клуба «Иртыш». Педагогическое тестирование проводилось в подготовительном периоде в специально-подготовительном этапе. В исследовании приняли участие 55 футболистов клубов «Иртыш» и «Иртыш-Д».

В данном исследовании применялись следующие методы:

1. *Обобщение научно-методической литературы по проблеме исследования.* В рамках изучения научной проблемы были изучены работы авторов по технической и координационной подготовке;

2. *Метод регистрации соревновательной деятельности.* Анализ соревновательной деятельности квалифицированных футболистов клубов «Иртыш» и «Иртыш-Д» проводился с помощью расшифровки видеозаписей игр чемпионата второй лиги России по футболу (ФНЛ-2) дивизиона «Золото» и игр III дивизиона зоны «Урал и Западная Сибирь» соответственно. Технико-тактические действия (ТТД) фиксировались отдельно для ведущей и неведущей ног в зависимости от латеральных предпочтений футболистов;

3. *Педагогический эксперимент.* Нами была разработана и внедрена в учебно-тренировочный процесс футболистов клубов «Иртыш» и «Иртыш-Д» экспериментальная методика (Голомазов С.В., Чирва Б.С.), которая включала в себя три модуля. Представленные нами модули были внедрены в подготовительном периоде на специально-подготовительном этапе в течение двух месяцев. Три модуля использовались в тренировочном процессе квалифицированных футболистов от простого к сложному. При интеграции коррекционных модулей направленность тренировочного процесса не изменилась. Исследуемые нами команды занимались согласно плану подготовки своих команд. Корректирующие модули использовались в стандартном микроцикле. При формировании экспериментальных групп мы учитывали моторную асимметрию футболистов. В качестве контрольной группы мы взяли игроков клуба «Иртыш», в качестве экспериментальной – игроков клуба «Иртыш-Д»;

4. *Методы математической статистики.* Статистическую обработку данных проводили с помощью компьютерных программ IBM SPSS 20.0. Описательные статистики количественных данных представлены в виде средней (M) и стандартной ошибки (σ). Для определения статистической значимости различий непрерывных величин использовали t-критерий Стьюдента. Нормальность распределения определялась по критерию Колмогорова-Смирнова. Для всех проведенных тестов различия считали достоверными при $p \leq 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Всего было проанализировано 14 матчей Чемпионата России первого круга ФНЛ-2 дивизиона «Золото» и игры III дивизиона зоны «Урал и Западная Сибирь». (по 7 матчей профессиональной и молодежной команд клуба «Иртыш»).

После регистрации и анализа общего количества ТТД для определения влияния моторной асимметрии квалифицированных футболистов мы провели анализ соревновательной деятельности в играх чемпионата России (табл. 1). Всех футболистов мы разделили на три группы:

1 группа – с преобладанием правосторонней асимметрии;

2 группа – с преобладанием левосторонней асимметрии;

3 группа – амбидекстрия (равное развитие функций обеих ног).

При анализе тактической схемы необходимо отметить, что в профессиональной и молодежной командах при расстановке игроков на футбольном поле была выявлена следующая закономерность:

1. Группа футболистов, ведущей ногой которых является левая, располагались на левом фланге футбольного поля;

2. Группа футболистов, ведущей ногой которых является правая – на правом фланге футбольного поля.

Таблица 1

Показатели соревновательной деятельности клубов «Иртыш» и «Иртыш-Д» с разной моторной асимметрией до эксперимента, M±σ

Показатели	«Иртыш», группы по асимметрии				«Иртыш-Д», группы по асимметрии			
	1	2	3	P<	1	2	3	P<
Коэффициент брака, %	29,8 ±3,36	33,1 ±2,31	23,4 ±2,77	1-2, 1-3, 2-3 0,05	35,9 ±2,01	37,8 ±2,16	31,3 ±2,76	1-2, 1-3, 2-3 0,05
Технико-тактические действия, кол-во	210 ±11,73	164 ±8,35	267 ±11,62	1-2, 1-3, 2-3 0,05	174 ±11,9	115 ±8,52	197 ±11,25	1-2, 1-3, 2-3 0,05

Примечание: 1 – правосторонняя асимметрия; 2 – левосторонняя асимметрия; 3 – амбидекстрия.

Такая расстановка игроков сужает спектр ТТД в различных фазах развития атаки, 70% игроков различного амплуа следовали данному алгоритму.

Необходимо отметить, что футболисты с ярко выраженной амбидекстрией (группа 3) совершают на футбольном поле больше ТТД, при этом совершают наименьший процент брака. Это связано с тем, что футболисты подбирают рациональное ТТД, исходя из конкретной ситуации на футбольном поле. Данная группа футболистов, как правило, определяет ведущую роль в команде, что соответственно выражается в успешности результатов соревновательной деятельности. Что касается квалифицированных футболистов с преобладанием левосторонней асимметрии (2 группа), можно заметить, что данная группа совершает наименьшее количество ТТД на футбольном поле, при этом имея наивысший процент брака. На наш взгляд, это связано с более устойчивым закрепощением процесса управления двигательных актов, совершаемых неведущей ногой.

После проведения педагогического эксперимента нами была разработана и внедрена в учебно-тренировочный процесс футболистов клубов «Иртыш» и «Иртыш-Д» экспериментальная методика, которая включала в себя три модуля: технический (без сопротивления), технико-тактический (с сопротивлением), игровой.

Технический модуль (без сопротивления) (табл. 2)

Модуль включал в себя следующие упражнения:

1. Ведение мяча;
2. Передачи мяча (короткие (до 15 м), средние (15-30 м), длинные (>30 м));
3. Прием мяча;
4. Удары по воротам (с места / в движении);
5. Обводка.

Данный модуль применялся в тренировочном процессе квалифицированных футболистов на протяжении двух недель, три раза в неделю (понедельник, среда, пятница). Упражнения выполнялись в основной части тренировочного занятия. Необходимо отметить, что в каждом из представленных нами упражнений обязательно было выполнение одного из элементов неведущей ногой, в зависимости от указаний тренера. Время выполнения модуля варьировалось от 25 до 30 минут одного тренировочного занятия в зависимости от вида упражнений. В первых двух тренировках в неделю упражнения нашего модуля выполнялись как ведущей, так и неведущей ногой в равном соотношении времени. Заключительное тренировочное занятие недели было посвящено совершенствованию только неведущей ноги. Для определения неведущей ноги футболисты использовали гетры другого цвета.

Таблица 2

Содержание упражнений двухнедельного технического модуля

День недели	Понедельник	Среда	Пятница
Упражнения	Ведение мяча Удар по воротам (в движении)	Передачи мяча (короткие, средние) Прием мяча	Ведение мяча Обводка
Методические указания	Выполняется как ведущей, так и неведущей ногой 50% на 50% времени	Выполняется как ведущей, так и неведущей ногой 50% на 50% времени	Выполняется только неведущей ногой
Упражнения	Обводка Удар по воротам (с места)	Ведение мяча Передачи мяча (длинные)	Прием мяча Удар по воротам (в движении)
Методические указания	Выполняется как ведущей, так и неведущей ногой 50% на 50% времени	Выполняется как ведущей, так и неведущей ногой 50% на 50% времени	Выполняется только неведущей ногой

Технико-тактический модуль (с сопротивлением) (табл. 3)

Модуль включал в себя следующие упражнения:

1. Квадраты (8х8 м, 5х2 м, 4х2 м);
2. Подвижный квадрат с персональной опекой (30х20 м, 6х6 м, 5х5 м);
3. Выход из обороны в атаку (45х60 м: через центр / через фланг);
4. Подвижный квадрат с нейтральными игроками (30х20 м, 6х6 м, 5х5 м);
5. Подвижный квадрат с переводом мяча в другую зону (30х15 м).

Таблица 3

Содержание упражнений четырехнедельного технико-тактического модуля

День недели	Понедельник	Среда	Пятница
Упражнения	Квадраты Подвижный квадрат с персональной опекой	Квадраты Подвижный квадрат с переводом мяча в другую зону	Квадраты Выход из обороны в атаку
Методические указания	Прием ведущей ногой, передача неведущей ногой	Прием неведущей ногой, передача ведущей ногой	Прием, передача мяча и удар по воротам неведущей ногой
Упражнения	Квадраты Подвижный квадрат с нейтральными игроками	Квадраты Подвижный квадрат с персональной опекой	Квадраты Выход из обороны в атаку
Методические указания	Прием ведущей ногой, передача неведущей ногой	Прием неведущей ногой, передача ведущей ногой	Прием, передача мяча и удар по воротам неведущей ногой
Упражнения	Квадраты Подвижный квадрат с персональной опекой	Квадраты Подвижный квадрат с переводом мяча в другую зону	Квадраты Выход из обороны в атаку
Методические указания	Прием ведущей ногой, передача неведущей ногой	Прием неведущей ногой, передача ведущей ногой	Прием, передача мяча и удар по воротам неведущей ногой
Упражнения	Квадраты Подвижный квадрат с нейтральными игроками	Квадраты Подвижный квадрат с переводом мяча в другую зону	Квадраты Выход из обороны в атаку
Методические указания	Прием ведущей ногой, передача неведущей ногой	Прием неведущей ногой, передача ведущей ногой	Прием, передача мяча и удар по воротам неведущей ногой

Данный модуль применялся в тренировочном процессе квалифицированных футболистов на протяжении четырех недель, три раза в неделю (понедельник, среда, пятница). Упражнения выполнялись в основной части тренировочного занятия. Необходимо сказать, что во время выполнения различных упражнений тренерами давались методические указания, которые характеризуют совершенствование техники неведущей ноги. Время выполнения модуля – от 45 до 50 минут одного тренировочного занятия в зависимости от упражнений.

Игровой модуль (с сопротивлением) (табл. 4)

Модуль включал в себя контрольные игры.

Таблица 4

Содержание упражнений двухнедельного игрового модуля

День недели	Среда	Воскресенье
Упражнения	Контрольная игра	
Методические указания	Задача для футболистов в игре проводить атаки через центр с ударом по воротам с неведущей ноги	Смена флангов для крайних защитников и полузащитников. Задача футболистов проводить атаки через фланг с последующей подачей

Данный модуль реализовывался на протяжении двух недель непосредственно перед соревнованиями. Модуль включал в себя две контрольные игры в неделю (среда, воскресенье) по 90 минут.

После разработки и внедрения экспериментальной методики нами был проведен повторный анализ соревновательной деятельности квалифицированных футболистов клубов «Иртыш» и «Иртыш-Д» (табл. 5-6).

Футболисты с ярко выраженной амбидекстрией (группа 3) совершают на футбольном поле больше ТТД, при этом совершают наименьший процент брака. У футболистов с преобладанием левосторонней асимметрии (2 группа) наблюдается прирост показателей: коэффициент брака снизился как у профессиональной, так и у молодежной команд на 2,8% и 1,5% соответственно. Также наблюдается рост показателей в ТТД на 34 и 12 действий соответственно. Необходимо сказать, что из исследуемых нами трех групп группа 2 имеет более ярко выраженную динамику совершенствования исследуемых нами показателей по сравнению с другими. Группа 2 совершает наименьшее количество ТТД на футбольном поле, при этом имея наивысший процент брака. На наш взгляд, это связано с более устойчивым закрепощением процесса управления двигательных актов, совершаемых неведущей ногой [5].

Таблица 5

Показатели соревновательной деятельности клубов «Иртыш» и «Иртыш-Д» с разной моторной асимметрией после эксперимента, M±σ

Показатели	«Иртыш», группы по асимметрии				«Иртыш-Д», группы по асимметрии			
	1	2	3	P<	1	2	3	P<
Коэффициент брака, %	27,6 ±4,19	31,3 ±4,96	21,7 ±4,28	1-2, 1-3, 2-3 0,05	34,3 ±2,28	35,3 ±3,4	29,5 ±4,99	1-2, 1-3, 2-3 0,05
Технико-тактические действия, кол-во	237 ±8,98	198 ±12,1	284 ±17,37	1-2, 1-3, 2-3 0,05	191 ±8,08	127 ±9,83	214 ±12,91	1-2, 1-3, 2-3 0,05

Примечание: 1 – правосторонняя асимметрия; 2 – левосторонняя асимметрия; 3 – амбидекстрия.

Таблица 6

Сравнительный анализ соревновательной деятельности клубов «Иртыш» и «Иртыш-Д» с разной моторной асимметрией до и после эксперимента, M±σ

Показатели		«Иртыш», группы по асимметрии			«Иртыш-Д», группы по асимметрии		
		1	2	3	1	2	3
Коэф-фициент брака, %	До эксперимента	29,8±3,36	33,1±2,31	23,4±2,77	35,9±2,01	37,8±2,16	31,3±2,76
	После эксперимента	27,6±4,19	31,3±4,96	21,7±4,28	34,3±2,28	35,3±3,4	29,5±4,99
P<		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Технико-тактические действия, кол-во	До эксперимента	210±11,73	164±8,35	267±11,62	174±11,9	115±8,52	197±11,25
	После эксперимента	237±8,98	198±12,1	284±17,37	191±8,08	127±9,83	214±12,91
P<		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Примечание: 1 – правосторонняя асимметрия; 2 – левосторонняя асимметрия; 3 – амбидекстрия.

Заключение:

1. Анализ соревновательной деятельности выявил, что уровень технической подготовленности зависит от степени эффективности выполнения технических приемов неведущей ногой. (r~0,7 усл.ед.). Можно отметить, что группа квалифицированных футболистов профессиональной и молодежной команд с преобладанием левосторонней асимметрии совершают наименьшее количество ТТД (164 и 115), при этом имея наивысший процент брака (33,1 и 37,8%);

2. В ходе нашей работы мы разработали и внедрили экспериментальный модуль, направленный на снижение степени выраженности моторной асимметрии. При разработке модуля мы формировали степень координационной сложности выполнения упражнений от простого к сложному с учетом уровня сопротивления;

3. В результате внедрения нашего модуля в тренировочный процесс квалифицированных футболистов профессиональной и молодежной команд произошли достоверные изменения в уровне технической подготовленности. Показатели ТТД и коэффициент брака в каждой из исследуемых нами групп имеют положительную динамику.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Спринчак, В.Д. Методика технико-тактической подготовки футболистов 16-17 лет / В.Д. Спринчак, А.Ю. Михайлов // Наука-2020. – 2019. – № 9(34). – С. 40-44.
2. Голомазов, С.В. Футбол : теоретические основы и методика контроля технического мастерства / С.В. Голомазов, Б.Г. Чирва. – М. : СпортАкадемПресс, 2015. – 79 с.
3. Мифтахов, А.Ф. Совершенствование технико-тактической подготовки в футболе / А.Ф. Мифтахов, Э.Р. Гимазов // Научно-практический электронный журнал Аллея Науки. – 2018. – Т. 7. – № 11(27). – С. 89-92.
4. Губа, В.П. Теория и методика футбола: учебник / В.П. Губа, А.В. Лексаков. – М. : Litres, 2017. – 574 с.
5. Бердичевская, Е.М. Функциональные асимметрии и спорт: руководство по функциональной межполушарной асимметрии / Е.М. Бердичевская, А.С. Гронская. – М. : Научный мир, 2009. – С. 647-691.

REFERENCES

1. Sprinchak V.D., Mikhailov A.Yu. Technique of technical and tactical training of football players of 16-17 years. *Nauka-2020*, 2019, no. 9(34), pp. 40-44. (in Russ.)

2. Golomazov S.V., Chirva B.G. Football: theoretical foundations and methods of monitoring technical skill. Moscow: SportAkademPress, 2015. 79 p. (in Russ.)
3. Miftakhov A.F., Gimazov E.R. Improving technical and tactical training in football. *Alley-science*, 2018, vol. 7, no. 11(27), pp. 89-92. (in Russ.)
4. Guba V.P., Leksakov A.V. Theory and methods of football: a textbook. Moscow: Litres, 2017. 574 p. (in Russ.)
5. Berdichevskaya E.M., Gronskaya A.S. Functional Asymmetries and Sport: A Guide to Functional Interhemispheric Asymmetry. Moscow: Scientific World, 2009, pp. 647-691. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Андрей Игоревич Сафроненко – аспирант, Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Омск, e-mail: vertixxx1001@yandex.ru.
Вячеслав Анатольевич Блинов – кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой теории и методики футбола и хоккея, Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Омск, e-mail: timfh@mail.ru.
Сергей Николаевич Мищенко – преподаватель, Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Омск, e-mail: sergey-m1972@mail.ru.
Николай Вячеславович Блинов – студент 2 курса, Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Омск, e-mail: kolya.blinov.06@mail.ru.
Александр Алексеевич Шерстюк – кандидат педагогических наук, доцент кафедры теории и методики футбола и хоккея, Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Омск.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Andrej I. Safronenko – Postgraduate Student, Siberian State University of Physical Education and Sport, Omsk, e-mail: vertixxx1001@yandex.ru.
Vyacheslav A. Blinov – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Theory and Methods of Football and Hockey, Siberian State University of Physical Education and Sport, Omsk, e-mail: timfh@mail.ru.
Sergej N. Mishchenko – Lecturer, Siberian State University of Physical Education and Sport, Omsk, e-mail: sergey-m1972@mail.ru.
Nikolaj V. Blinov – Second-Year Student, Siberian State University of Physical Education and Sport, Omsk, e-mail: kolya.blinov.06@mail.ru.
Aleksandr A. Sherstyuk – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Theory and Methods of Football and Hockey, Siberian State University of Physical Education and Sport, Omsk, e-mail: timfh@mail.ru.

Для цитирования: Совершенствование технических приемов квалифицированных футболистов на основе модульного подхода с учетом моторной асимметрии / А.И. Сафроненко, В.А. Блинов, С.Н. Мищенко [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_40

For citation: Safronenko A.I., Blinov V.A., Mishchenko S.N., Blinov N.V., Sherstyuk A.A. Improving the techniques of elite football players using a modular approach taking into account motor asymmetry. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_40

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_41
УДК 796.015:004

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_41
UDC 796.015:004

КОГНИТИВНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ КАК ФАКТОР СОРЕВНОВАТЕЛЬНОЙ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ СПОРТСМЕНОВ В ДИСЦИПЛИНЕ «РИТМ-СИМУЛЯТОР» ФИДЖИТАЛ СПОРТА

А.М. Щепотьев[1,2], Н.А. Бойко[1]

[1]Бюджетное учреждение высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный педагогический университет», г. Сургут, Россия

[2]Муниципальное автономное учреждение дополнительного образования «Спортивная школа «Центр цифровых видов спорта»» Сургутского района, г. Белый Яр, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Цель исследования – выявить различия в показателях когнитивных функций и помехоустойчивости у спортсменов различного уровня соревновательной результативности в дисциплине «Ритм-симулятор» фиджитал спорта. ***Методы.*** В исследовании приняли участие 25 спортсменов – финалистов Чемпионата России по фиджитал спорту (2025 г.). Использовались корректурная проба Бурдона и компьютеризированный тест Струпа. Статистическая обработка включала непараметрические методы (Краскела-Уоллиса, Манна-Уитни, $p<0,05$). ***Результаты.*** Установлено, что спортсмены, занявшие 1-4 места, достоверно превосходят остальных участников по коэффициенту точности внимания (98,8% против 95,9%, $p<0,001$) и уровню помехоустойчивости (интерференционный индекс – 1,20 против 1,40, $p<0,01$). При этом различия по скоростным показателям не достигают статистической значимости. ***Заключение.*** Полученные данные свидетельствуют о том, что ключевыми когнитивными предикторами соревновательной результативности являются точность внимания и интерференционный контроль. Сформулирована гипотеза о целесообразности выделения когнитивной подготовки в самостоятельный модуль спортивной подготовки фиджитал-спортсменов, требующая дальнейшей экспериментальной проверки.

Ключевые слова: фиджитал спорт, ритм-симулятор, Just Dance, когнитивная подготовка, проба Бурдона, тест Струпа, техноспорт, спортивная подготовка, когнитивный модуль.

COGNITIVE STABILITY AS A FACTOR OF COMPETITIVE PERFORMANCE IN ATHLETES IN THE “RHYTHM SIMULATOR” DISCIPLINE OF PHYGITAL SPORTS

A.M. Shchepotyev[1,2], N.A. Boyko[2]

[1]Surgut State Pedagogical University, Surgut, Russia

[2]“Digital Sport Center” Sports School, Bely Yar, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The object of the study is to identify differences in cognitive endurance and interference resistance among athletes with different levels of competitive performance in the “Rhythm simulator” discipline of phygital sports. ***Methods.*** The study involved 25 athletes – finalists of the Russian Phygital Sports Championship (2025). The Bourdon correction test and a computerized Stroop test were used. Statistical analysis included nonparametric methods (Kruskal-Wallis, Mann-Whitney, $p<0.05$). ***Results.*** Athletes who placed 1st-4th have significantly outperformed others in attention accuracy (98.8% vs 95.9%, $p<0.001$) and interference resistance (interference index – 1.20 vs 1.40, $p<0.01$). No significant differences have been found in speed-related indicators. ***Conclusion.*** The findings show that attention accuracy and interference control are key cognitive predictors of competitive performance. A hypothesis has been proposed regarding the feasibility of identifying cognitive training as an independent module within the training system of phygital athletes, which requires further experimental verification.

Keywords: phygital sports, rhythm simulator, cognitive training, attention, Bourdon test, Stroop test, technosport, sports training, cognitive module.

Введение. Со становлением фиджитал-движения [1] и развитием вида спорта «Фиджитал спорт (функционально-цифровой спорт)» [2] растет и количество научных исследований, посвященных как фиджитал спорту [3, 4], так и цифровым технологиям в подготовке спортивного резерва [5] как в России [6, 7], так и за рубежом [8, 9]. В рамках развиваемой концепции техноспорта [10] фиджитал спорт рассматривается как интегративная деятельность, включающая физические, цифровые и когнитивные

компоненты. При этом в существующих моделях спортивной подготовки когнитивный компонент, как правило, не выделяется в самостоятельный структурный элемент, а рассматривается опосредованно. В дисциплинах типа «Ритм-симулятор» (например, Just Dance) соревновательная деятельность характеризуется высокой сенсомоторной нагрузкой, необходимостью одновременной обработки визуальной, ритмической и моторной информации, а также устойчивостью к отвлекающим факторам [11, 12]. Это позволяет предположить значимую роль когнитивных функций, прежде всего селективного внимания и интерференционного контроля.

Научная новизна исследования заключается в выявлении когнитивных показателей, дифференцирующих спортсменов различного уровня в дисциплине «Ритм-симулятор» фиджитал спорта на основе объективного тестирования.

Цель исследования – выявить различия в когнитивной выносливости и помехоустойчивости между спортсменами разного уровня соревновательной результативности и на этой основе сформулировать гипотезу о месте когнитивной подготовки в структуре тренировочного процесса.

Методы и организация исследования. В исследовании приняли участие 25 спортсменов (19-27 лет, стаж занятий – 2,7±1,1 года), прошедших в финал Чемпионата России по фиджитал спорту (2025 г.). Спортсмены были распределены на три группы в соответствии с итоговым рейтингом соревнований (определившим в нашей работе квалификационный уровень): 1 группа – высший уровень (1-4 места, n=4), 2 группа – средний уровень (5-12 места, n=8), 3 группа – низкий уровень (13-25 места, n=13). Распределение остальных спортсменов равномерное, что соответствует реальной структуре турнира. Тестирование проводилось за 1 день до соревнований в стандартизированных условиях (одинаковое время суток, отсутствие интенсивной физической нагрузки за 2 часа до тестирования, единая инструкция). В качестве методов использовались: корректурная проба Бурдона (оценка селективного внимания); компьютеризированный тест Струпа (оценка интерференционного контроля). Рассчитывались показатели: коэффициент точности внимания; продуктивность; интерференционный индекс. Для статистического анализа применялись непараметрические методы (Краскела-Уоллиса, Манна-Уитни с поправкой Бонферрони). Уровень значимости – $p<0,05$. Небольшой объем выборки группы высшей квалификации (n=4) ограничивает обобщаемость результатов и требует дальнейших исследований.

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты представлены в таблицах 1-3. Анализ показал наличие статистически значимых различий между группами спортсменов различного уровня.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что ключевыми факторами, дифференцирующими спортсменов высокого уровня, являются не скоростные характеристики переработки информации, а точность выполнения когнитивных операций и устойчивость к интерференции. Это согласуется со спецификой дисциплины «Ритм-симулятор», где спортсмен вынужден одновременно обрабатывать несколько потоков информации и подавлять нерелевантные стимулы.

Отсутствие значимых различий по скоростным показателям указывает на то, что скорость переработки информации не является лимитирующим фактором на высоком уровне подготовки.

Таблица 1

Показатели пробы Бурдона у спортсменов разного уровня, M±σ

Показатели	Группы			$P_{1-3}<$
	1	2	3	
Объем просмотра (N)	384±21	357±30	34 ±28	–
Ошибки (n)	4,5±1,3	9,2±2,5	14,1±3,7	0,01
Коэффициент точности A (%)	98,82±0,42	97,42±0,71	95,85±1,23	0,001
Продуктивность (P)	379,5±20	347,8±29	325,9±27	0,05

Таблица 2

Показатели теста Струпа, время в секундах, M±σ

Серия	Группы			$P_{1,3}<$
	1	2	3	
Нейтральная (T1)	28,3±1,9	30,1±2,4	31,5±2,8	–
Конгруэнтная (T2)	29,0±2,1	31,3±2,5	32,9±2,6	0,04
Интерферирующая (T3)	34,7±2,3	40,5±3,8	46,2±5,1	0,001
Интерференционный индекс (T3/T2)	1,20±0,05	1,29±0,07	1,40±0,09	0,01

Таблица 3

Корреляции когнитивных показателей с местом в рейтинге (критерий Спирмена)

Показатель	Коэффициент корреляции с местом на соревнованиях (1 – лучшее)	P<
Точность Бурдона, %	-0,72	0,001
T3 интерферирующая, с	0,68	0,001
Интерференционный индекс	0,64	0,01

Полученные данные позволяют рассматривать когнитивные функции как важный компонент спортивной результативности в фиджитал спорте.

На основании полученных данных формулируется гипотеза о том, что когнитивная подготовка может рассматриваться как самостоятельный структурный компонент спортивной подготовки в дисциплине «Ритм-симулятор» фиджитал спорта.

Данная гипотеза носит предварительный характер и требует проверки в рамках формирующего педагогического эксперимента.

Таблица 4

Структура когнитивного модуля для дисциплины «ритм-симулятор»

Блок	Содержание	Частота	Длительность
Диагностический	Тесты Бурдона, Струпа, тест Корси (Corsi Block Test), тестирование «Go/No-Go»	1 раз в 2 недели	20-25 мин
Тренировочный (внимание)	Проба Бурдона (усложненная, цветовые помехи)	3 раза в неделю	5-7 мин
Тренировочный (интерференция)	Тест Струпа с моторным ответом (контроллер)	3 раза в неделю	5 мин
Тренировочный (рабочая память)	Тест Корси (Corsi Block Test), тест «Двойная задача» (Dual-Task) (ритм + счет)	2 раза в неделю	5-7 мин
Интегративный	Соревновательные упражнения Just Dance с когнитивной отвлекающей задачей	1 раз в неделю	10-12 мин

Операционализация гипотезы включает следующие проверяемые положения:

1. Спортсмены, проходящие когнитивный модуль (упражнения на селективное внимание, интерференционный контроль, рабочую память по типу тестов Бурдона, Струпа, тест Корси), будут демонстрировать достоверно более высокий коэффициент точности. А в пробах внимания и более низкий интерференционный индекс T3/T2 по сравнению с контрольной группой.

2. Улучшение когнитивных показателей (точность Бурдона ≥98%, интерференционный индекс ≤1,22) будет сопровождаться улучшением соревновательного результата в Just Dance при неизменном уровне физической и цифровой подготовки.

3. Наиболее эффективным будет последовательное включение когнитивного модуля после освоения базовых двигательных действий (2-й модуль раздельной подготовки), а не параллельное, что требует экспериментальной проверки.

На основе интегрированного анализа предлагается возможная структура когнитивного модуля для дисциплины «Ритм-симулятор» (табл. 4).

Заключение. Проведенное исследование показало, что спортсмены, занявшие 1-4 места в дисциплине «Ритм-симулятор (Just Dance)», достоверно отличаются от остальных участников по коэффициенту точности пробы Бурдона (98,8% против 95,9%, $p<0,001$) и помехоустойчивости в тесте Струпа (интерференционный индекс – 1,20 против 1,40, $p<0,01$). Эти два теста обладают высокой корреляцией с итоговым местом ($p\geq0,64$).

На основе интеграции полученных данных с ранее разработанными методическими подходами (концепция техноспорта, методическая карта когнитивного тестирования, модульная система подготовки в ритм-симуляторе) сформулирована гипотеза о выделении когнитивной подготовки в самостоятельный структурный модуль спортивной подготовки фиджитал-спортсменов наряду с физической и цифровой подготовкой.

Данная гипотеза не носит императивного характера и требует верификации в формирующем педагогическом эксперименте с контрольной и экспериментальной группами на этапе начальной или углубленной подготовки. Перспективным направлением также является исследование переноса когнитивных тренировок с компьютерных тестов (Бурдон, Струп) на соревновательную деятельность в Just Dance.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2024 г. № 3387-р «Об утверждении Концепции развития фиджитал-движения на территории РФ на период до 2030 г.» URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/410933214/ (дата обращения: 29.04.2026).

2. Правила вида спорта «Фиджитал спорт (функционально-цифровой спорт)» (утв. Приказом Минспорта России от 28.12.2023 N 1112). URL: https://base.garant.ru/408433563/ (дата обращения: 29.04.2026).

3. Новоселов, М.А. Актуальные вопросы развития фиджитал спорта / М.А. Новоселов // Компьютерный спорт (киберспорт): проблемы и перспективы развития. Материалы Всероссийской научно-практической конференции (Москва, 08 декабря 2022 г.). – М.: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», 2022. – С. 119-122.

4. Береснева, В.А. Обзор научных исследований по фиджитал спорту / В.А. Береснева, Н.С. Скаржинский // Российский журнал спортивной науки: медицина, физиология, тренировка. – 2025. – Т. 4. – № 1(13). DOI: 10.24412/2782-6570-2025_04_01_7.

5. Онлайн-сервис «Спортрезерв» как эффективный ресурс мониторинга физической подготовленности обучающихся / А.В. Фурсов, Н.И. Синявский, С.А. Давыдова, Ю.В. Коричко // Теория и практика физической культуры. – 2022. – № 6. – С. 71-72.

6. Технология «exergames» как инновационное средство спортивной тренировки и тестирования работоспособности спортсменов (по материалам зарубежной литературы) / Ю.В. Корягина, С.В. Нопин, В.А. Блинов, О.А. Блинов // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2015. – № 7(125). – С. 113-119. DOI: 10.5930/issn.1994-4683.2015.07.125.p113-119.

7. Береснева, В.А. Exergame-технологии в фиджитал-движении: перспективы использования / В.А. Береснева // Теория и практика физической культуры. – 2026. – № 1. – С. 51.

8. Adaptations of Prefrontal Brain Activity, Executive Functions, and Gait in Healthy Elderly Following Exergame and Balance Training: A Randomized-Controlled Study / A. Schättin, R. Arner, F. Gennaro, E.D. de Bruin // Front. Aging Neurosci. – 2016. – Vol. 8. – P. 278. DOI: 10.3389/fnagi.2016.00278.

9. Huber, S.K. PEMOCS: theory derivation of a concept for PErsonalized MOtor-Cognitive exergame training in chronic Stroke – a methodological paper with an application example / S.K. Huber, P. Manser, E.D. de Bruin // Front. Sports Act. Living. – 2024. – Vol. 6. – P. 1397949. DOI: 10.3389/fspor.2024.1397949.

10. Щепотьев, А.М. Техноспорт: что это такое и что делать? / А.М. Щепотьев, Е.Н. Скаржинская // Homo Cyberus. – 2026. – № 1 (20). – URL: http://journal.homocyberus.ru/Shchepotyev_AM_Skarzhinskaya_EN_1_2026 (дата обращения: 29.04.2026)

11. Стрельникова, Г.В. Влияние занятий физической культурой с использованием киберспор-

тивного симулятора Just Dance на координационные способности школьников / Г.В. Стрельникова, М.А. Новоселов // Теория и практика физической культуры. – 2018. – № 8. – С. 102.
12. Стрельникова, И.В. Киберспортивный танцевальный симулятор Just Dance – как средство физкультурно-спортивного образования / И.В. Стрельникова, Е.Н. Скаржинская // Материалы XXXIX научно-методической конференции профессорско-преподавательского и научного составов, аспирантов и прикрепленных лиц МГАФК, Малаховка (22-26 марта 2018 года). – Малаховка: Московская государственная академия физической культуры, 2018. – С. 282-285.

REFERENCES

1. Decree of the Government of the Russian Federation No 3387-r dated November 22, 2024 “On approval of the concept of development of the phygital movement in the Russian Federation for the period up to 2030”. Available at: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/413093214/ (accessed 29.04.2026) (in Russ.)
2. Rules for “Phygital sport (functional and digital sport)” (approved by the Order of the Ministry of Sports of the Russian Federation dated No 1112, December 28, 2023). Available at: https://base.garant.ru/408433563/ (accessed 29.04.2026) (in Russ.)
3. Novoselov M.A. Current issues of phygital sports development. Computer Sports (Esports): Problems And Prospects Of Development: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference (Moscow, December 8, 2022). Moscow: Russian University of Sport “GTSOLIFK”, 2022. pp. 119-122. (in Russ.)
4. Beresneva V.A., Skarzhinskij N.S. Overview of scientific research on phygital sports. *Russian Journal of Sports Science: Medicine, Physiology, Training*, 2025, vol. 4, no. 1(13). DOI: 10.24412/2782-6570-2025_04_01_7. (in Russ.)
5. Fursov A.V., Sinyavsky N.I., Davydova S.A., Korichko Yu.V. Online service “Sportreserve” as an effective resource for monitoring the physical fitness of students. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2022, no. 6, pp. 71-72. (in Russ.)
6. Koryagina Yu.V., Nopin S.V., Blinov V.A., Blinov O.A. Technology “Exergames” as an innovative tool of sports training and testing of performance of athletes (following the publications in foreign literature). *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2015, no. 7(125), pp. 113-119. DOI: 10.5930/issn.1994-4683.2015.07.125.p113-119. (in Russ.)
7. Beresneva V.A. Exergame-technologies in the digital movement: prospects for use. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2026, no. 1, p. 51. (in Russ.)
8. Schättin A., Arner R., Gennaro F., de Bruin E.D. Adaptations of Prefrontal Brain Activity, Executive Functions, and Gait in Healthy Elderly Following Exergame and Balance Training: A Randomized-Controlled Study. *Front. Aging Neurosci*, 2016, vol. 8, p. 278. DOI: 10.3389/fnagi.2016.00278.
9. Huber S.K., Manser P., de Bruin E.D. PEMOCS: theory derivation of a concept for PErsonalized MOtor-Cognitive exergame training in chronic Stroke – a methodological paper with an application example. *Front. Sports Act. Living*, 2024, vol. 6, p. 1397949. DOI: 10.3389/fspor.2024.1397949
10. Shchepotyev A.M., Skarzhinskaya E.N. Technosport: What It Is and What to Do About It? *Homo Cyberus*, 2026, no. 1 (20). Available at: http://journal.homocyberus.ru/Shchepotyev_AM_Skarzhinskaya_EN_1_2026 (accessed 29.04.2026) (in Russ.)
11. Strelnikova G.V., Novoselov M.A. Influence of physical education lessons using e-sports simulator just dance on coordination abilities of schoolchildren. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2018, no. 8, p. 102. (in Russ.)
12. Strelnikova I.V., Skarzhinskaya E.N. Just Dance as a tool of physical education and sports. Materials of the XXXIX Scientific and Methodological Conference of the Faculty and scientific staff, Graduate Students and Attached Persons of Moscow State Academy of Physical Culture (Malakhovka, March 22-26, 2018). Malakhovka: Moscow State Academy of Physical Culture, 2018. pp. 282-285. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Артем Михайлович Щепотьев – аспирант, БУ «Сургутский государственный педагогический университет», Сургут; директор МАУ ДО «Спортивная школа «Центр цифровых видов спорта» Сургутского района, Белый Яр, e-mail: ashepotev@mail.ru.
Наталия Александровна Бойко – кандидат педагогических наук, доцент, Сургутский государственный педагогический университет, Сургут, e-mail: nkitay77@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7590-8924.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Artem M. Shchepotyev – Postgraduate Student, Surgut State Pedagogical University, Surgut; Director of the “Digital Sport Center” Sports School, Bely Yar, e-mail: ashepotev@mail.ru.
Natalia A. Boyko – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Surgut State Pedagogical University, Surgut, e-mail: nkitay77@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7590-8924

Для цитирования: Щепотьев, А.М. Когнитивная устойчивость как фактор соревновательной результативности спортсменов в дисциплине «Ритм-симулятор» фиджитал спорта / А.М. Щепотьев, Н.А. Бойко // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_41

For citation: Shchepotyev A.M., Boyko N.A. Cognitive stability as a factor of competitive performance in athletes in the “Rhythm Simulator” discipline of phygital sports. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_41

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_42
УДК 379.828

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_42
UDC 379.828

МЕТОДИКА ПОВЫШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ДЕВОЧЕК 7-8 ЛЕТ НА ОСНОВЕ СРЕДСТВ ТАНЦЕВАЛЬНОГО ФИТНЕСА

В.В. Сударь, С.А. Суханова, А.А. Архипова
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», г. Краснодар, Россия

Аннотация. ***Введение.*** В статье актуализировано использование фитнес-средств танцевальной направленности с целью повышения уровня показателей физической подготовленности детей младшего школьного возраста. Для конкретного контингента была разработана методика, организованы занятия на базе Муниципального бюджетного учреждения «Детская школа искусств» станицы Нижнебаканской Краснодарского края. ***Методы.*** В педагогическом эксперименте приняли участие девочки 7-8 лет в количестве 16 человек; целью проведения эксперимента являлось обоснование применения разработанной авторами фитнес-методики на основе средств танцевальной направленности. При этом использовали элементы классической хореографии, хип-хопа, фанка в темпе и ритме согласно стилистике избранных танцев, содержанию конкретных танцевальных связок, а также динамический и статический стретчинг. ***Результаты.*** В итоге проведения шестимесячного эксперимента доказан положительный эффект в улучшении уровня показателей физической подготовленности девочек, а именно их скоростно-силовых качеств, гибкости, координации движений, силовой выносливости. ***Заключение.*** Проведенное исследование можно считать практически значимым с учетом возможности применения его результатов при организации досуга младших школьниц в системе дополнительного образования, в частности – в фитнес-секциях различных оздоровительных клубов и образовательно-развивающих центров.
Ключевые слова: фитнес, средства танцевальной направленности, показатели физической подготовленности, девочки 7-8 лет.

A TECHNIQUE FOR IMPROVING THE PHYSICAL FITNESS OF GIRLS AGED 7-8 BASED ON DANCE FITNESS

V.V. Sudar, S.A. Sukhanova, A.A. Arkhipova
Kuban State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Krasnodar, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The article highlights the application of dance fitness techniques to improve physical fitness indices of primary school children. A methodology was developed for a specific contingent and classes were organized in the Nizhnebakanskaya Village Children Art School located in the Krasnodar Krai. ***Methods.*** Sixteen 7-8-year-old girls took part in the pedagogical experiment, the purpose of which was to substantiate the application of the developed fitness methodology based on dance techniques. At the same time, elements of classical choreography, hip-hop, funk were used in tempo and rhythm according to the style of selected dances, the content of specific dance combinations, as well as dynamic and static stretching. ***Results.*** The results of the six-month experiment have proven a positive effect in improving physical fitness of girls, namely their speed and strength qualities, flexibility, movement coordination and strength endurance. ***Conclusion.*** The conducted research can be considered practically significant, taking into account the possibility of applying its results in organizing leisure activities for younger schoolgirls in the additional education system, most notably in the fitness sections of various health clubs and educational and developmental centers.
Keywords: fitness, dance techniques, physical fitness indices, 7-8-year-old girls.

Введение. Фитнес в XXI веке – это не просто комплекс упражнений, а целая философия, направленная на достижение оптимального качества жизни. В широком смысле он охватывает все аспекты человеческого существования: физический, социальный, духовный и умственный [1]. Сегодня многие, не только дети и молодежь, но и люди более зрелого возраста отдают предпочтение разнообразным программам

танцевального фитнеса. Это связано, прежде всего, с высокой выразительностью и эмоциональностью данной формы фитнеса, с ее положительным влиянием на психическое самочувствие занимающихся, в том числе и на настроение [2]. В танцевальных программах современного фитнеса используются всевозможные танцевальные элементы, средства художественной и ритмической гимнастики, хореографии, которые объединены в оригинальные спортивно-танцевальные композиции. Это позволяет развить общую культуру движений, их выразительность, свободу ориентации в музыкальных ритмах [3], что особенно значимо для детей именно в младшем школьном возрасте с учетом того, что недостаточная двигательная активность детей в общеобразовательных школах и постоянно возрастающий объем учебных предметов уже с начальной школы делает дополнительные занятия в фитнес-кружках и спортивных секциях просто жизненно необходимыми. По мнению авторов Н.И. Романенко, И.Е. Черновой (2020), Е.И. Ончуковой, Я.А. Манаковой, В.Ю. Фролковой (2021), Сударь В.В. с соавторами (2020, 2024) доказанным является и то, что сегодня использование средств и методов современного фитнеса танцевальной направленности в процессе физкультурно-оздоровительной работы в образовательных организациях и детских развивающих центрах в рамках дополнительной подготовки имеет большое оздоровительное значение [3-6]. С другой стороны, публично освещенных и доказанных конкретных методик занятий детским фитнесом танцевальной направленности в современной научно-методической литературе представлено, на наш взгляд, недостаточно, а практическая необходимость в этом существует (в связи с расширяющейся сетью детских фитнес-клубов и секций). Поэтому возникла необходимость актуализации данного вопроса, разработки, обоснования собственной методики и проверки эффективности ее влияния на воспитание физических качеств девочек 7-8-летнего возраста в процессе их физкультурно-оздоровительной деятельности.

Цель исследования: обосновать применение разработанной фитнес-методики с девочками 7-8 лет на основе использования средств танцевальной направленности.

Методы и организация исследования. В теоретико-эмпирических исследованиях для решения указанной цели использовали методы: анализ и обобщение научной и методической литературы, педагогический эксперимент, педагогическое тестирование показателей развития основных физических качеств у девочек, методы математико-статистической обработки данных педагогического эксперимента. Исследовательскую работу провели в 2024-2025 учебном году в Муниципальном бюджетном учреждении «Детская школа искусств» в станице Нижнебаканской Крымского района Краснодарского края в течение шести месяцев. Обследуемые – девочки 7-8-летнего возраста в количестве 16 человек, которые по три раза в неделю на протяжении периода с октября 2024 года по март 2025 года занимались по разработанной нами фитнес-методике в танцевальном кружке (каждое занятие длилось 1 час). Тестирование физической подготовленности девочек 7-8-летнего возраста как метод контрольных испытаний было направлено на оценку развития основных двигательных способностей как в начале, так и по окончании эксперимента. Педагогическое тестирование выявило параметры развития гибкости (тест «Наклон вперед»), координационных способностей (тест на координацию «Перепрыгивание через планку и пролезание под ней» и «Метание теннисного мяча в цель»), силовой выносливости («Вис на перекладине») и развития скоростно-силовых качеств («Метание теннисного мяча в цель» и «Прыжок в длину с места») у обследуемых девочек. Статистический анализ данных проводился в программе Microsoft Excel и заключался в расчете средней арифметической каждой выборки (M), среднего квадратического отклонения (σ), определяли достоверность различий по изучаемым параметрам выборок на основе сравнения с критическими значениями достоверности по t-критерию Стьюдента при p=0,05 и p=0,01. Нормальность распределения определялась по критерию Колмогорова-Смирнова.

Группа девочек экспериментальной группы занималась на основе средств разработанной методики (табл. 1).

Таблица 1

Основные средства, используемые в структуре каждого танцевального занятия с девочками экспериментальной группы

Вводная часть занятия	Основная часть занятия	Заключительная часть занятия
6-8 минут	40-42 минут	12-17 минут
Общеразвивающие упражнения на месте и в движении в темп музыкального сопровождения 118-134 акцентов в минуту, элементы динамического стретчинга, беговые упражнения со сменой направления и ритма, танцевальные шаги.	Танцевальные элементы и их связки из классической хореографии, хип-хопа, фанка в темпе и ритме согласно стилю танца, содержанию конкретной танцевальной связки под музыку в темпе 90-128 акцентов в минуту. Общеразвивающие упражнения на развитие силовых способностей, занимающихся в упорах, лежа и сидя под музыку среднего темпа.	Упражнения на расслабление и восстановление дыхания под музыку 72-84 акцента в минуту. Элементы классической хореографии, статического, динамического стретчинга под музыку в медленном темпе.

Согласно данным таблицы 1, можно утверждать, что каждое занятие в танцевальном кружке с девочками экспериментальной группы имело трехчастную типовую структуру. В соответствии с нашей методикой изменения темпа выполнения упражнений задавались темпом музыкального сопровождения. Большая часть основы занятия базировалась на обучении методом наглядного показа, в дальнейшем – на повторении танцевальных элементов и их связок, построенных на элементах классической хореографии, хип-хопа, фанка в темпе и ритме согласно стилю танца и содержанию конкретной танцевальной связки, а также на выполнении общеразвивающих упражнений на развитие силовых способностей занимающихся преимущественно в партере под ритмичную современную музыку в среднем темпе в диапазоне от 96 до 132 акцентов в минуту.

Результаты исследования и их обсуждение. В таблице 2 представлено сравнение полученных средних статистических характеристик с нормативами исходных показателей скоростно-силовых, координационных возможностей и гибкости у девочек (n=16), начинающих заниматься в студии хореографии фитнесом танцевальной направленности.

Таблица 2

Сравнение с нормативами исходных показателей физической подготовленности девочек 7-8-летнего возраста

Характеристики показателей	Средние статистические показатели физической подготовленности по тестам				
	Метание теннисного мяча в цель, количество раз	Прыжок в длину с места, см	Наклон вперед, см	Вис на перекладине, с	Тест на координацию движений, с
M±σ (n=16)	2,1±0,66	134,5±14,1	6,6±2,1	9,5±3,8	12,9±1,5
Среднее нормативное значение	2,5±1,12	129,8±15,8	6,8±3,9	9,3±4,1	13,6±2,42

Можно констатировать, что на начало нашего эксперимента не выявлялось достоверных различий между средними параметрами девочек экспериментальной группы и средними нормативными характеристиками по всем пяти измеренным показателям физической подготовленности участниц исследования ($p>0,05$). Для сравнения полученных показателей также использовали средние нормативные значения согласно данным таблиц из авторского пособия В.И. Ляха «Тесты в физическом воспитании школьников» [7], а также нормативов Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса «Готов к труду и обороне» 1-2 ступеней по проведенным контрольным тестам «Наклон

вперед», «Прыжок в длину с места», «Метание теннисного мяча в цель» [8]. В результате оценки исходных показателей тестирования было выявлено, что по тестам на скоростно-силовые, координационные качества и гибкость 50% группы показали результат «ниже среднего», что говорит о недостаточности развития соответствующих двигательных способностей у девочек-участниц эксперимента; практически по всем тестам уровень «выше среднего» был показан лишь у 2 девочек, кроме теста «Прыжок в длину с места», в котором 31,2% девочек показали указанный уровень.

Таблица 3

Динамика изменения показателей физической подготовленности девочек в процессе фитнес-занятий по экспериментальной методике, M±σ

Период исследования	Статистические показатели физической подготовленности по тестам				
	Метание теннисного мяча в цель, количество раз	Прыжок в длину с места, см	Наклон вперед, см	Вис на перекладине, с	Тест на координацию движений, с
до начала эксперимента	2,1±0,66	134,5±14,1	6,6±2,1	9,5±3,8	12,9±1,5
по окончании через 7 мес.	3,5±0,81	152,1±10,8	11,0±2,8	10,6±2,5	9,8±1,1
P<	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01

Через полгода занятий по предложенной методике девочки экспериментальной группы существенно улучшили все свои исходные параметры развития основных физических качеств (табл. 3) необходимых для занятий танцевальной физической подготовкой (по t-критерию Стьюдента с вероятностью в 99% и 95% из 100%), т.е. после проведения с ними занятий танцевальными направлениями фитнеса в условиях станичной школы искусств мы определили, что значимый прирост средних силовых показателей в группе испытуемых был выявлен по тесту «Вис на перекладине» и составил увеличение удержания положения с 9,5±3,8 с до 10,6±2,5 с, т.е. на 11,6% ($p<0,05$).

Больший достоверный прирост показателей у девочек был выявлен по тесту на гибкость «Наклон вперед», лучшее выполнение которого связано с увеличением подвижности у них в суставах позвоночника и растяжимостью мышц-сгибателей ног и мышц-разгибателей спины ($p<0,01$): относительный прирост в группе составил 3,4 см, т.е. 51,5%. По тесту на координацию «Перепрыгивание через планку и пролезание под ней» средний показатель времени прохождения задания улучшился с 12,9±1,5 с до 9,8±1,1 с при относительном достоверном приросте в 3,1 с, что составило 31,6% ($p<0,01$). По тесту на определение развития одновременно и скоростно-силовых и координационных качеств «Метание теннисного мяча в цель», была выявлена максимальная разница в изменении: прирост составил 66,7%: улучшение в количестве попаданий из 5 попыток – с 2,1±0,66 до 3,5±0,81 раз ($p<0,01$); достоверный прирост также был выявлен по показателю развития скоростно-силовых способностей преимущественно мышц нижних конечностей в тесте «Прыжок в длину с места»: произошло увеличение со 134,5±14,1 см до 152,1±10,8 см, что составило 13,1% ($p<0,05$).

Заключение. Проведя анализ научно-методической литературы, выявили, что при организации и выборе методик оздоровительных фитнес-занятий с девочками младшего школьного возраста необходимо учитывать, что в настоящее время достаточно научно обоснованными и интересными для данного контингента являются такие фитнес-программы танцевальной направленности, как фанк-аэробика, латино-аэробика, контемп, хип-хоп, построенные на основе как классической хореографии, так и элементах народных и современных танцев. С учетом этих данных разработали собственную методику и апробировали ее на практике с девочками 7-8 лет. В проведенном экспериментальном исследовании доказана эффективность использования методики на основе средств фитнеса танцевальной

направленности на двигательную подготовленность девочек 7-8 лет, а именно на повышение средних показателей их скоростно-силовых способностей, гибкости и координации движений ($p<0,01$), а также силовой выносливости ($p<0,05$).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дворкина, Н.И. Актуализация современных направлений оздоровительных тренировок для женщин в фитнес-индустрии / Н.И. Дворкина, О.С. Трофимова // Материалы научной и научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава Кубанского государственного университета физической культуры, спорта и туризма. – 2024. – № 1. – С. 216-218.
2. Сударь, В.В. Методика применения танцевального фитнеса в физическом воспитании девочек младших классов / В.В. Сударь, О.С. Трофимова, М.И. Буланая // Материалы научной и научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава Кубанского государственного университета физической культуры, спорта и туризма, 2020. – № 1. – С. 201-202.
3. Ончукова, Е.И. Эффективность занятий танцевальным фитнесом на физическое состояние детей 6-8 лет / Е.И. Ончукова, Я.А. Манакова, В.Ю. Фролкова // Материалы научной и научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава Кубанского государственного университета физической культуры, спорта и туризма, 2021. – № 1. – С. 196.
4. Сударь, В.В. Влияние занятий танцевальным фитнесом на физическую подготовленность девочек 7-8 лет / В.В. Сударь, Т.В. Мокрова, М.В. Андрейцева // Проблемы физкультурного образования: содержание, направленность, методика, организация: Материалы IX Международного научного конгресса (Якутск, 26-28 октября 2023 года). – Чебоксары: ООО «Издательский дом «Среда», 2024. – С. 557-560.
5. Приказ Минспорта России от 22.02.2023 №117 «Об утверждении государственных требований Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса «Готов к труду и обороне» (ГТО)» (Зарегистрировано в Минюсте России 28.03.2023 № 72751) // КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_443204/ (дата обращения: 27.11.2025).
6. Лях, В.И. Тесты в физическом воспитании школьников: пособие для учителя / В.И. Лях. – Москва: ООО «Издательство АСТ», 1998. – 272 с.
7. Романенко, Н.И. Влияние занятий детским фитнесом на физическую подготовленность младших школьников / Н.И. Романенко, И.Е. Чернова // Материалы научной и научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава Кубанского государственного университета физической культуры, спорта и туризма, 2020. – № 1. – С. 197-198.
8. Романенко, Н.И. Использование средств фитнеса в физическом воспитании населения / Н.И. Романенко, Я.А. Манакова, С.А. Горбунова // Состояние, проблемы и пути совершенствования спортивной и оздоровительной тренировки в гимнастике, танцевальном спорте и фитнесе: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, (Казань, 28-29 октября 2022 года). – Казань: Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, 2022. – С. 226-228.

REFERENCES

1. Dvorkina N.I. Actualization of modern trends in wellness training for women in the fitness industry. Materials of the Scientific and Scientific-Methodological Conference of the Kuban State University of Physical Culture, Sports and Tourism's Teaching Staff, 2024, no. 1, pp. 216-218. (in Russ.)
2. Sudar V.V., Trofimova O.S., Bulanaya M.I. Methods of using dance fitness in the physical education of girls in elementary grades. Materials of the Scientific and Scientific-Methodological Conference of the Kuban State University of Physical Culture, Sports and Tourism's Teaching Staff, 2020, no. 1, pp. 201-202. (in Russ.)
3. Onchukova E.I., Manakova Ya.A., Frolkova V.Yu. The effectiveness of dance fitness classes on the physical condition of children aged 6-8. Materials of the Scientific and Scientific-Methodological Conference of the Kuban State University of Physical Culture, Sports and Tourism's Teaching Staff, 2021, no. 1, p. 196. (in Russ.)
4. Sudar V.V., Mokrova T.V., Andreitseva M.V. The influence of dance fitness classes on the physical fitness of girls aged 7-8. Problems of Physical Education: Content, Orientation, Methodology, Organization: Proceedings of the IX International Scientific Congress (Yakutsk, October 26-28, 2023). Cheboksary: Wednesday Publishing House, LLC, 2024. pp. 557-560. (in Russ.)
5. The order of the Ministry of Sports of Russia dated 22.02.2023 No. 117 "On approval of the state

requirements of the All-Russian Physical Culture and Sports Complex "Ready for Labor and Defense" (GTO)" (Registered with the Ministry of Justice of Russia on 28.03.2023 No. 72751), ConsultantPlus. Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_443204/ (accessed 27.11.2025). (in Russ.)
6. Lyakh V.I. Tests in physical education of schoolchildren: a manual for teachers. Moscow: "AST Publishing House", 1998. 272 p.
7. Romanenko N.I., Chernova I.E. The influence of children's fitness classes on the physical fitness of younger schoolchildren. Materials of the Scientific and Scientific-Methodological Conference of the Kuban State University of Physical Culture, Sports and Tourism's Teaching Staff, 2020, no. 1, pp. 197-198. (in Russ.)
8. Romanenko N.I., Manakova Ya.A., Gorbunova S.A. Application of fitness tools in physical education of the population. The State, Problems and Ways to Improve Sports and Wellness Training in Gymnastics, Dance Sports and Fitness: Proceedings of the II All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation (Kazan, October 28-29, 2022). Kazan: Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, 2022. pp. 226-228. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Виктория Валерьевна Сударь – кандидат педагогических наук, доцент кафедры физкультурно-оздоровительных технологий Кубанского государственного университета физической культуры, спорта и туризма, Краснодар, e-mail: unona-vvs@mail.ru.
София Александровна Суханова – студентка Кубанского государственного университета физической культуры, спорта и туризма, Краснодар, e-mail: suhanovass2005@gmail.com.
Арина Александровна Архипова – студентка Кубанского государственного университета физической культуры, спорта и туризма, Краснодар, e-mail: arina.arkhipova.19@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Viktoria V. Sudar – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Culture and Wellness Technologies, Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar, e-mail: unona-vvs@mail.ru.
Sofia A. Sukhanova – Student, Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar, e-mail: suhanovass2005@gmail.com.
Arina A. Arkhipova – Student, Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar, e-mail: arina.arkhipova.19@mail.ru.

Для цитирования: Сударь, В.В. Методика повышения физической подготовленности девочек 7-8 лет на основе средств танцевального фитнеса / В.В. Сударь, С.А. Суханова, А.А. Архипова // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_42

For citation: Sudar V.V., Sukhanova S.A., Arkhipova A.A. A technique for improving the physical fitness of girls aged 7-8 based on dance fitness. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_42

Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_43
УДК 373.3

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_43
UDC 373.3

МЕТОДИКА ЗАНЯТИЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ АКВАФИТНЕСА С ДЕВОЧКАМИ 9-10 ЛЕТ

О.С. Трофимова, В.А. Рожкова, А.А. Цвелодуб, С.И. Князева
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», г. Краснодар, Россия

Аннотация. ***Введение.*** В настоящее время происходит активное развитие индустрии детского фитнеса, предоставляя широкий спектр направлений и методик. Особое место среди них занимает аквафитнес. Цель исследования заключается в обосновании эффективности методики занятий на основе использования средств аквафитнеса с девочками 9-10 лет. ***Методы.*** Девочки экспериментальной группы выполняли упражнения, которые были включены в разработанную нами методику занятий аквафитнесом: Aqua noodles, Aqua jogger, занятия с аквагантелями и аквадисками. Занятия проводились три раза в неделю продолжительностью по 45 минут в течение полугода. Девочки из контрольной группы занимались по стандартным методикам занятий оздоровительным плаванием. ***Результаты*** исследований подтверждают эффективность использования разработанной методики занятий для повышения показателей физического состояния девочек 9-10 лет. ***Заключение.*** Экспериментальные занятия аквафитнесом положительно повлияли на улучшение показателей физического развития, функциональной подготовленности, на развитие координационных и скоростно-силовых способностей, гибкости и быстроты, общей и силовой выносливости у девочек младшего школьного возраста.
Ключевые слова: аквафитнес, физическое состояние, водная среда, оздоровительная физическая культура, фитнес.

METHOD OF CLASSES INCLUDING AQUAFITNESS TECHNIQUES FOR 9-10-YEAR-OLD GIRLS

O.S. Trofimova, V.A. Rozhkova, A.A. Tsvelodub, S.I. Knyazeva
Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Currently, there is an active development of fitness industry for children, providing a wide range of directions and methods. Aquafitness occupies a special place among them. The objective of this study is to substantiate the effectiveness of a training method based on the use of aquafitness techniques for 9-10-year-old girls. ***Methods.*** The girls in the experimental group performed exercises that were included in our developed aquafitness training method: Aqua noodles, Aqua jogger, and exercises with aqua dumbbells and aqua disks. The classes were held three times a week for 45 minutes each, for six months. The girls in the control group followed standard methods of health-improving swimming. ***The study's results*** confirm the effectiveness of the developed training method to improve the physical condition of 9-10-year-old girls. ***Conclusion.*** The experimental aquafitness classes had a positive effect on improving the physical development, functional fitness, coordination, speed and strength abilities, flexibility, general and strength endurance of primary school girls.
Keywords: aquafitness, physical condition, aquatic environment, recreational physical culture, fitness.

Введение. В контексте масштабных негативных изменений социальной и экономической сфер российского общества проблема повышения уровня здоровья населения приобретает особую актуальность [1-3]. Анализ статистических данных по стране выявляет тревожные тенденции в физическом состоянии и заболеваемости детей школьного возраста [4, 5].

По мнению П.В. Головко, Н.И. Дворкиной, В.И. Кварцхава, Е.И. Ончуковой, В.В. Сударь, Я.А. Манаковой, М.В. Андрейцевой, изменения в состоянии здоровья младших школьников связаны с рядом факторов, среди которых снижение уровня физической активности, повышенная учебная нагрузка и длительное использование электронных устройств. Все эти аспекты оказывают комплексное негативное влияние на организм ребенка, что приводит к развитию специфических нарушений [6-8].

По нашему мнению, все эти факторы создают угрозу гармоничному развитию детей и требуют комплексного подхода к решению проблемы. Необходимо оптимизировать учебный процесс, повысить уровень физической активности и контролировать время, проводимое за электронными устройствами [9, 10]. Данные факты указывают на актуальность проблемы поиска эффективных путей увеличения двигательной активности младших школьников с использованием как традиционных средств, так и инновационных фитнес-технологий.

В настоящее время наблюдается активное развитие индустрии детского фитнеса, которая характеризуется значительным разнообразием направлений и подходов. Среди них аквафитнес занимает особое место, занятия представляют собой выполнение разнообразных комбинаций упражнений избирательной направленности в водной среде [11, 12].

Вместе с тем, анализ научно-методической литературы демонстрирует дефицит исследований, посвященных эффективности использования средств аквафитнеса в процессе физкультурно-оздоровительной работы с детьми младшего школьного возраста. Таким образом, существующие социальные условия и предпосылки обосновывают актуальность и своевременность нашего исследования. Общественные потребности в разработке, теоретическом обосновании и практическом применении средств аквафитнеса для детей младшего школьного возраста могут быть удовлетворены через решение данной проблемы, что и определило направление нашего исследования.

Цель исследования – разработать и обосновать методику занятий на основе использования средств аквафитнеса с девочками 9-10 лет.

Методы и организация исследования. Исследование проводилось в спортивно-оздоровительном клубе «Orange Fitness», города Краснодара, в нем приняли участие 21 девочка. Были сформированы две группы – одна экспериментальная группа в количестве 10 девочек и одна контрольная – 11 девочек. Были применены следующие научные методы: теоретический анализ научно-методической литературы, антропометрические измерения, физиологические методы, тестирование показателей физической подготовленности, педагогический эксперимент, методы математической статистики.

Для анализа морфофункциональных показателей у девочек в возрасте 9-10 лет до и после занятий аквафитнесом были проведены тестирование с использованием физиологических методов и антропометрические измерения.

Оценка физического развития до и после проведения педагогического эксперимента осуществлялась с помощью следующих тестов: длина тела (см), вес тела (кг), окружность грудной клетки на вдохе (см), окружность грудной клетки на выдохе (см), экскурсия грудной клетки (ЭГК, см). Физиологические методы исследования, используемые в научной работе: жизненная емкость легких (ЖЕЛ, мл), тест, оценивающий физическую работоспособность человека при частоте сердечных сокращений 150 ударов в минуту (PWC_{150}, кгм/мин/кг), максимальное потребление кислорода (МПК, мл/мин/кг).

Физические способности девочек младшего школьного возраста из контрольной и экспериментальной групп были оценены с помощью следующих тестов: поднимание туловища из положения лежа за 1 мин (кол-во раз); сгибание рук из виса лежа на низкой перекладине 90 см (кол-во раз); прыжок в длину с места (см); тест на удержание статического равновесия (с); бег 1 000 м (мин); наклон вперед из положения сидя (см); бег 30 м (с).

Контрольно-педагогические испытания проводились два раза (в начале и в конце педагогического эксперимента) на базе экспериментальной площадки.

Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета прикладных программ Statistica 10.0. Нормальность распределения показателей определялась по критерию Шапиро-Уилка. Сравнение данных проводилось по t-критерию Стьюдента. Данные представлены в виде средней арифметической и ошибки средней арифметической – M±m.

Занятия в контрольной группе проходили по стандартным методикам занятий оздоровительным плаванием. Девочки

экспериментальной группы выполняли упражнения, которые были включены в разработанную нами методику занятий аквафитнесом: Aqua noodles, Aqua jogger, занятий с аквагантелями и аквадисками. Занятия в экспериментальной группе проводили три раза в неделю продолжительностью по 45 минут в течение полугода. Средства аквафитнеса, используемые в недельном цикле экспериментальной методики, представлены в таблице 1.

Вводная часть занятия и заминка по экспериментальной методике в содержательной части различий не имели. Занятия в недельном цикле отличались содержанием в основной части. В понедельник детям младшего школьного возраста было предложено согласно плану заниматься по программе Aqua noodles – это занятия в водной среде с использованием специального оборудования – аквапалок. По средам дети младшего школьного возраста, принимавшие участие в педагогическом эксперименте, занимались Aqua jogger. Данные занятия аквафитнесом проводятся с использованием специального оборудования – акваботинок, что создает дополнительное сопротивление при выполнении упражнений в воде.

Таблица 1

Содержательные основы экспериментальной методики занятий аквафитнесом с детьми младшего школьного возраста

<table>
<tr><th>Занятия
Часть</th><th>Понедельник</th><th>Среда</th><th>Пятница</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Вводная
(10 мин)
60-90,
акцент/мин</td><td colspan="3">Задачи: подготовка организма занимающихся к предстоящей работе, работа с основными мышечными группами – мышцы брюшного пресса, мышцы рук и ног, спины.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Упражнения, выполняемые у бортика бассейна.
Упражнения, выполняемые в воде (опорное положение). Стретчинг.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Основная
(25-30 мин)
150-170,
акцент/мин</td><td colspan="3">Задачи: развитие физических качеств занимающихся, укрепление мышечного корсета и формирование осанки, улучшение координации движений.</td></tr>
<tr><td>Основное оборудование – Aqua noodles (аквапалки). Позволяет проработать все мышечные группы и улучшить координацию движений и баланс.</td><td>Основное оборудование – Aqua jogger (акваботинки). Позволяет привести в тонус мышцы ног и ягодиц.</td><td>Основное оборудование – аквагантели, аквадиски. Позволяет прорабатывать мышцы рук и спины. Упражнения выполняют с использованием гантелей, аквадисков и другого инвентаря.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Плавание с движениями ног кролем, брасом, нудлс в различных положениях – за головой, за плечами (руки широким хватом в стороны), в прямых руках (50-100 м).</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Заминка
(5-10 мин)</td><td colspan="3">Задачи: восстановление дыхания, сердечного ритма занимающихся.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Водный стретчинг, упражнения на восстановление дыхания.
Подведение итогов занятия.</td></tr>
</table>

В пятницу содержательные основы занятия были наполнены упражнениями, выполняемыми в водной среде с использованием основного оборудования – аквагантелей, аквадисков, которое позволяет прорабатывать мышцы рук и спины. Основная часть каждого занятия завершалась плаванием с движениями ног кролем, брасом, нудлс в различных положениях – за головой, за плечами, в прямых руках (50-100 м). Задачей заминки каждого занятия аквафитнесом являлось восстановление

дыхания, сердечного ритма занимающихся. Для этого применялись водный стретчинг и упражнения на восстановление дыхания. Изменения нагрузки на занятиях аквафитнесом в течение педагогического эксперимента осуществлялось по следующим ключевым параметрам: интенсивность, темп музыки, глубина и температура воды. Контроль нагрузки на занятиях аквафитнесом с девочками 9-10-летнего возраста проводился через сочетание объективных изменений и визуального наблюдения.

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты первоначального тестирования показателей физического состояния девочек 9-10-летнего возраста продемонстрировали отсутствие имеющихся достоверных различий между двумя группами, и мы можем сопоставить исследуемые группы по изучаемым параметрам (табл. 2).

Таблица 2

Результаты тестирования показателей физического состояния девочек 9-10 лет за период эксперимента, M±m

Тесты	Контрольная группа (n=11)		P<	Экспериментальная группа (n=10)		P<	$P_{э-к}$<	$P_{э-к}$<
	Исходные данные	Итоговые данные		Исходные данные	Итоговые данные		Исход	Итог
Длина тела, см	138,2±2,1	139,8±2,1	–	139,5±2,3	141,9±2,1	–	–	–
Вес тела, кг	31,7±1,7	33,8±1,6	–	30,6±1,9	33,5±1,4	–	–	–
Окружность грудной клетки на вдохе, см	67,1±1,9	68,4±0,3	–	66,1±1,8	70,5±0,9	0,05	–	0,05
Окружность грудной клетки на выдохе, см	62,8±0,8	63,9±1,6	–	61,5±0,6	64,6±1,3	0,05	–	–
ЭГК, см	4,3±1,5	4,5±0,5	–	4,6±0,3	5,9±0,3	0,01	–	0,05
ЖЕЛ, мл	1950±15,3	2150±16,1	0,05	2000±17,6	2350±17,4	0,05	–	0,01
PWC_{150}, кгм/мин/кг	11,7±0,6	12,4±0,5	–	12,2±0,5	13,8±0,4	0,05	–	0,05
МПК, мл/мин/кг	40,1±1,1	44,3±1,7	–	41,1±0,9	49,8±1,5	0,01	–	0,05
Поднимание тул. из пол. лежа за 1 мин, кол-во раз	14,9±2,2	17,9±1,2	–	14,1±2,1	21,3±1,1	0,01	–	0,05
Сгибание рук из виса лежа на низ. перекл. 90 см, кол-во раз	3,3±0,9	4,1±0,6	–	3,1±0,7	5,2±0,6	0,05	–	–
Прыжок в длину с места, см	98,7±1,7	105,4±1,2	0,05	99,1±1,2	110,5±1,1	0,01	–	0,05
Тест на удержание статич. равновесия, с	3,8±0,3	4,1±0,7	–	3,9±0,6	5,8±0,4	0,05	–	0,05
Бег 1 000, мин	8,1±0,2	7,3±0,2	0,05	8,2±0,2	6,3±0,3	0,01	–	0,05
Наклон вперед из положения сидя, см	5,4±0,1	5,9±0,2	–	5,5±0,1	7,1±0,2	0,01	–	0,01
Бег 30 м, с	7,6±0,7	7,1±0,3	–	7,8±0,5	6,4±0,2	0,05	–	–

Примечание: ЭГК – экскурсия грудной клетки; ЖЕЛ – жизненная емкость легких; PWC_{150} – тест, оценивающий физическую работоспособность человека при частоте сердечных сокращений 150 ударов в минуту; МПК – максимальное потребление кислорода; $P_{э-к}$ – уровень значимости (сравнение между контрольной и экспериментальной группами).

Через полгода регулярных занятий аквафитнесом, включая Aqua noodles, Aqua jogger, занятий с аквагантелями и аквадисками у девочек младшего школьного возраста выявлено достоверное преимущество во всех тестах, за исключением длины и веса тела.

По результатам педагогического эксперимента как в межгрупповых весоростовых показателях девочек младшего школьного возраста, так и внутри группы достоверности не выявлено, однако мы наблюдаем естественный прирост данных показателей. Прыжки в воду, ныряние и проплывание под

водой достоверно улучшили показатели окружности грудной клетки и ЭГК. Использование упражнений с различным оборудованием на занятиях аквафитнесом с девочками 9-10 лет, а также дыхательных упражнений продемонстрировало достоверное улучшение показателей ЖЕЛ, PWC_{150} ($p<0,05$) и МПК ($p<0,01$).

В рамках проведенного исследования были выявлены статистически значимые различия между экспериментальной и контрольной группами по ряду ключевых показателей. В частности, были зафиксированы изменения в окружности грудной клетки на вдохе и ЭГК, увеличились МПК и PWC_{150} ($p<0,05$), повысилась ЖЕЛ ($p<0,01$), что свидетельствует о положительном влиянии тренировок в воде на вентиляционную функцию легких, совершенствовании кардиореспираторной выносливости и общей физической подготовленности у девочек младшего школьного возраста.

Наиболее высокие относительные приросты по исследуемым показателям морфофункционального состояния у девочек младшего школьного возраста из экспериментальной группы были обнаружены в следующих показателях: ЭГК – 21,7%, МПК – 21,1%, ЖЕЛ – 17,5%, PWC_{150} – 13,1%.

По завершении педагогического эксперимента было установлено, что как в экспериментальной, так и в контрольной группах девочек 9-10 лет наблюдалось улучшение всех показателей физической подготовленности. Однако если в экспериментальной группе результаты достигли достоверного прироста во всех изучаемых показателях, то в контрольной группе достоверность выявлена только в тестах «Прыжок в длину с места» и «Бег 1 000 м», оценивающих скоростно-силовые способности и выносливость ($p<0,05$).

В экспериментальной группе изменения с точностью $p<0,01$ были выявлены в показателях силовой выносливости мышц пресса, скоростно-силовых способностях, выносливости и гибкости. Межгрупповые результаты в итоговом тестировании показателей физической подготовленности девочек 9-10-летнего возраста оказались статистически значимыми в тестах, определяющих силовую выносливость мышц пресса, скоростно-силовые способности, координационные способности, выносливость, гибкость.

Наибольший относительный прирост был выявлен в тесте «Сгибание рук из виса лежа на низкой перекладине 90 см», определяющем силовую выносливость рук и плечевого пояса – 67,7%. Также значительные приросты были зафиксированы в тестах: «Поднимание туловища из положения лежа за 1 мин» (51,1%), на удержание статического равновесия (48,7%), «Наклон вперед из положения сидя» (29,1%), оценивающих силовую выносливость мышц пресса, координационные способности и гибкость соответственно.

Заключение. Педагогический эксперимент показал, что систематические занятия аквафитнесом, включая занятия Aqua noodles, Aqua jogger, тренировки с аквагантелями и аквадисками способствуют значительному улучшению показателей физической подготовленности и морфофункционального состояния девочек младшего школьного возраста. Данная методика занятий демонстрирует высокую эффективность в контексте оптимизации физического состояния детей, что подтверждается результатами детального анализа и статистической обработки полученных данных.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубева, Г.Н. Анализ фитнес-трендов в России и мире / Г.Н. Голубева, Н.И. Дворкина, Т.А. Кравчук // Физическое воспитание и спортивная тренировка. – 2023. – № 3(45). – С. 15-19.
2. Дворкин, Л.С. Влияние занятий силовым фитнесом на показатели физического здоровья школьников 8-9-х классов / Л.С. Дворкин, П.В. Головко // Интеграция естественнонаучного и социально-гуманитарного знания в сфере физической культуры и спорта: материалы научного симпозиума, посвященного 95-летию журнала «ТиПФК». – Москва, 2020. – С. 184-189.
3. Романенко, Н.И. Использование средств фитнеса в физическом воспитании населения / Н.И. Романенко, Я.А. Манакова, С.А. Горбунова

// Состояние, проблемы и пути совершенствования спортивной и оздоровительной тренировки в гимнастике, танцевальном спорте и фитнесе: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Казань, 2022. – С. 226-228.
4. Головко, П.В. Физическая подготовленность детей 7-8 лет на основе испытаний I ступени комплекса ГТО / П.В. Головко // Тезисы докладов XLVII научной конференции студентов и молодых ученых вузов ЮФО, Том Часть 3. – Краснодар: КГУФКСТ, 2020. – С. 193.
5. Сударь, В.В. Влияние занятий ритмической гимнастикой на показатели физического развития и физической подготовленности детей 4-5 лет / В.В. Сударь, И.В. Голикова, Н.И. Романенко // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2021. – № 10(200). – С. 374-377.
6. Головко, П.В. Оценка состояния здоровья детей и подростков в рамках здоровьеформирующей среды общеобразовательной школы / П.В. Головко, Н.И. Дворкина // Международная научно-практическая конференция «Вопросы образования и науки: теоретический и практический аспекты». – Самара, 2015. – С. 20-23.
7. Кварцхава, В.И. Социально-экономические аспекты использование фитнеса в рекреационной деятельности детей младшего школьного возраста / В.И. Кварцхава, Е.И. Ончукова // Сборник статей международной научно-практической конференции «Трансформация социально-экономического пространства России и мира». – Сочи, 2021. – С. 75-76.
8. Сударь, В.В. Повышение уровня физической подготовленности девочек 8-9 лет средствами современного фитнеса / В.В. Сударь, Я.А. Манакова, М.В. Андрейцева // Спорт, Человек, Здоровье: материалы XI Международного Конгресса. – Санкт-Петербург, 2023. – С. 576-578.
9. Дворкина, Н.И. Возрастная динамика морфологической зрелости школьников 7-16 лет, занимающихся различными видами двигательной активности / Н.И. Дворкина, Л.С. Дворкин, А.И. Попов // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 2017. – № 3. – С. 5-8.
10. Ончукова, Е.И. Влияние занятий каратэ на развитие координационных способностей детей 8 лет / Е.И. Ончукова, О.С. Трофимова, М.А. Маринович // Материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы физической культуры и спорта в современных социально-экономических условиях». – Чебоксары, 2019. – С. 52-55.
11. Овчинников, Ю.Д. Аквафитнес – здоровьесберегающая технология, улучшающая повседневную активность человека / Ю.Д. Овчинников, О.Г. Лызарь, А.Б. Медников // Социальная педагогика в России. Научно-методический журнал. – 2021. – № 2. – С. 59-63.
12. Holovkina, V. Posture correction in children 11-12 years old by means of swimming with elements of aquafitness / V. Holovkina, S. Salnykova, M. Puzdymir // Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 15. Науково-педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт). – 2022. – No. 11(157). – P. 54-58.

REFERENCES

1. Golubeva G.N., Dvorkina N.I., Kravchuk T.A. Analysis of fitness trends in Russia and in the world *Physical education and sports training*, 2023, no. 3(45), pp. 15-19. (in Russ.)
2. Dvorkin L.S., Golovko P.V. The influence of strength fitness classes on the physical health of schoolchildren in grades 8-9. Integration of Natural Science and Socio-Humanitarian Knowledge in the Field of Physical Culture and Sports: proceedings of a Scientific Symposium, dedicated to the 95th Anniversary of the Theory and Practice of Physical Culture Journal. Moscow, 2020. pp. 184-189. (in Russ.)
3. Romanenko N.I., Manakova Ya.A., Gorbunova S.A. The use of fitness tools in physical education of the population. The State, Problems and Ways of Improving Sports and Wellness Training in Gymnastics, Dance Sports and Fitness: Proceedings of the II All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation. Kazan, 2022. pp. 226-228. (in Russ.)
4. Golovko P.V. Physical fitness of children aged 7-8 years based on tests of the first stage of the Ready for Labor and Defense complex. Abstracts of the XLVII Scientific Conference of Students and Young Scientists of the Southern Federal District Universities, Volume 3. Krasnodar: Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, 2020. p. 193. (in Russ.)
5. Sudar V.V., Golikova I.V., Romanenko N.I. Influence of rhythmic gymnastics on the indicators of physical development and physical fitness of children 4-5 years old. *Scientific Notes of P.F. Lesgaft University*, 2021, no. 10(200), pp. 374-377. (in Russ.)
6. Golovko P.V., Dvorkina N.I. Assessment of the state of health of children and adolescents in the framework of the health-forming environment of secondary schools. International Scientific and Practical Conference “Issues of Education and Science: Theoretical and Practical Aspects”. Samara, 2015. pp. 20-23. (in Russ.)
7. Kvartskhava V.I., Onchukova E.I. Socio-economic aspects of the use of fitness in the recreational activities of primary school children. Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference “Transformation of the

Socio-Economic Space of Russia and the World". Sochi, 2021. pp. 75-76. (in Russ.)
8. Sudar V.V., Manakova Ya.A., Andreitseva M.V. Improving the level of physical fitness of girls aged 8-9 years by means of modern fitness. Sport, Man, Health: proceedings of the XI International Congress. Saint Petersburg, 2023. pp. 576-578. (in Russ.)
9. Dvorkina N.I., Dvorkin L.S., Popov A.I. Effects of sporting activities on age-specific morphological maturity of 7-16 year-old schoolchildren. *Physical culture: education, training*, 2017, no. 3, pp. 5-8. (in Russ.)
10. Onchukova E.I., Trofimova O.S., Marinovich M.A. The influence of karate classes on the development of coordination abilities of children aged 8. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Actual Problems of Physical Culture and Sports in Modern Socio-Economic Conditions", Cheboksary, 2019. pp. 52-55. (in Russ.)
11. Ovchinnikov Yu.D.. Lyzar O.G., Mednikov A.B. Aquafitness – a health-saving technology that improves daily human activity. *Social Pedagogics in Russia*, 2021, no. 2, pp. 59-63. (in Russ.)
12. Holovkina V., Salnykova S., Puzdymir M. Posture correction in children 11-12 years old by means of swimming with elements of aquafitness. *Scientific Journal of National Pedagogical Dragomanov University. Series 15. Scientific and pedagogical problems of physical culture (physical culture and sports)*, 2022, no. 11(157), pp. 54-58.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Ольга Сергеевна Трофимова – кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры физкультурно-оздоровительных технологий, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар, e-mail: votrofim@yandex.ru.
Виктория Андреевна Рожкова – магистрант кафедры физкультурно-оздоровительных технологий, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар.
Анжела Алексеевна Цвелодуб – студентка кафедры физкультурно-оздоровительных технологий, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар.
Софья Ивановна Князева – студентка кафедры физкультурно-оздоровительных технологий, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Olga S. Trofimova – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Education and Health Technologies, Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar, e-mail: votrofim@yandex.ru.
Viktoria A. Rozhkova – Master's degree student of the Department of Physical Education and Health Technologies, Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar.
Andzhela A. Tsvelodub – Student of the Department of Physical Education and Health Technologies, Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar.
Sofia I. Knyazeva – Student of the Department of Physical Education and Health Technologies, Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar.

Для цитирования: Методика занятий на основе использования средств аквафитнеса с девочками 9-10 лет / О.С. Трофимова, В.А. Рожкова, А.А. Цвелодуб, С.И. Князева // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_43

For citation: Trofimova O.S., Rozhkova V.A., Tsvelodub A.A., Knyazeva S.I. Method of classes including aquafitness techniques for 9-10-year-old girls. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_43

СКФНКЦ ФМБА России

Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр



Контакты

Тел./факс: 8 (87934) 992-91
e-mail: svb@skfmba.ru

Адрес: Россия, Ставропольский край, г.Ессентуки, ул.Советская, д.24
Почтовый индекс: 357340

www.svbskfmba.ru