

СКФНКЦ ФМБА России
Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр

СОВРЕМЕННЫЕ ВОПРОСЫ БИОМЕДИЦИНЫ

Modern issues of biomedicine

Т. 10, № 1(36), 2026

СОВРЕМЕННЫЕ ВОПРОСЫ БИОМЕДИЦИНЫ © 2026

Т. 10, № 1(36), 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. 1(36), 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

ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ И АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ХИРУРГИЧЕСКИХ СЕТОК, МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ 11
Н.М. Абдуллаева, Р.М. Рагимов, И.М. Абдулагатов

ВЛИЯНИЕ ХРОНИЧЕСКОГО ПРЕДАТОРНОГО СТРЕССА НА МИКРОЦИРКУЛЯЦИЮ ЖЕЛУДКА И КИШЕЧНИКА ЛАБОРАТОРНЫХ КРЫС 28
И.В. Андреева, А.А. Виноградов, Л.О. Воронкова

НЕЙРОМОДУЛИРУЮЩИЕ ЭФФЕКТЫ КРЕАТИНА НА ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ КРЫС С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МОДЕЛЬЮ ДЕПРЕССИИ 38
В.И. Беляков, М.С. Шачнева, А.М. Тчанг

ИНТЕГРАТИВНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ АДАПТАЦИИ К ИНТЕРВАЛЬНОЙ ГИПОКСИИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ) 46
И.Х. Борукаева, А.Г. Шокуева, Т.Б. Кипкеева, Ф.В. Шаваева, А.А. Молов

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ БОКСЕРОВ В ГОДИЧНОМ ЦИКЛЕ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА 56
Я.Е. Бугаец, А.А. Близнюк, И.Г. Малазония, А.С. Гронская, И.М. Резников

СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА РОЛЬ АСТРОЦИТАРНЫХ ГЛИАЛЬНЫХ КЛЕТОК В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ (ОБЗОР ПРОБЛЕМЫ) 62
Д.С. Громова, Н.Р. Попова

ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА УРОКОВ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ И ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕВОЧЕК В СТАРШЕЙ ШКОЛЕ 67
А.В. Деркач, Е.Н. Пашутина, Н.А. Гарская

ОСОБЕННОСТИ АФФЕРЕНТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФУНКЦИИ РАВНОВЕСИЯ У ФИГУРИСТОВ В ПОДГОТОВИТЕЛЬНОМ ПЕРИОДЕ 74
В.И. Ивлев, А.В. Шевцов

ГЕМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО КОЛЛЕДЖА 81
Н.И. Кошкарова, Е.И. Завертаная, Е.Н. Августа, А.М. Дуров

ВЛИЯНИЕ ВАРИАНТА Т704С ГЕНА *AGT* (RS699) НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОДРОСТКОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ СПОРТОМ 89
С.Н. Левицкий, О.А. Зубкова, Ю.М. Никонова, В.Е. Юрчук, Н.А. Бебякова

ОСОБЕННОСТИ ПРОПРИОЦЕПТИВНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ У СПОРТСМЕНОВ, СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩИХСЯ В ДЗЮДО 95
А.В. Овчеренко, Г.Д. Алексанянц, О.А. Медведева, С.С. Хандожко

РАЗРАБОТКА И ВАЛИДАЦИЯ СКРИНИНГОВОЙ МОДЕЛИ РАННЕГО ВЫЯВЛЕНИЯ РИСКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЗАДАПТАЦИИ У МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ 101
А.А. Пискаев, А.В. Ненашева

ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СНА НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ И РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ СПОРТСМЕНОВ В ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДАХ СПОРТА: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ 111
М.А. Попова, Т.В. Засыпкин

НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ МОДУЛЯЦИИ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЦА АКУСТИЧЕСКИМИ СТИМУЛАМИ РАЗЛИЧНОЙ ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ ВАЛЕНТНОСТИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ) 120
М.А. Попова, А.Ю. Гацко

СУТОЧНЫЙ ПРОФИЛЬ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ У ЖЕНЩИН РЕПРОДУКТИВНОГО ВОЗРАСТА С НОРМАЛЬНОЙ ФУНКЦИЕЙ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ В ХАНТЫ-МАНСИЙСКОМ АВТОНОМНОМ ОКРУГЕ – ЮГРЕ 129
М.А. Попова, Э.А. Масхудова, Н.А. Вологжанина, С.М. Кляшев

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ЗАНИМАВШИХСЯ БАСКЕТБОЛОМ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ 136
О.А. Сажина, А.В. Шаханова, А.Х. Агиров, А.А. Цикуниб

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК, СОСТАВА ТЕЛА И ПИТАНИЯ НА РЕПРОДУКТИВНУЮ СИСТЕМУ СПОРТСМЕНОК (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ) 144
М.Ю. Сафронова, Р.В. Тамбовцева

ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗРИТЕЛЬНЫХ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ НА ВСПЫШКУ У ВЗРОСЛЫХ ЗДОРОВЫХ ЛИЦ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ ВЛИЯНИИ СПЕЛЕОКЛИМАТА 163
В.А. Семилетова, У.В. Точенова, С.М. Панкова

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕПЕРСОНИФИЦИРОВАННЫХ ДАННЫХ ДИСПАНСЕРИЗАЦИИ ДЛЯ ДОНОЗОЛОГИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ И ОЦЕНКИ РЕСУРСОВ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ 171
Л.А. Сысоева, О.Л. Ляхова, О.А. Мезенцева, А.М. Ефанов

ВЛИЯНИЕ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА НА ПОКАЗАТЕЛИ АНАЭРОБНОЙ ВЫНОСЛИВОСТИ И ТИПЫ РЕАКЦИЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА НА КЛИНООРТОСТАЗ У ФУТБОЛИСТОВ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ ПОДГОТОВКИ 180
П.А. Терехов, Т.М. Брук, Е.А. Киндюхин

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ТЕЛА АТЛЕТОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ КРОССФИТОМ 193
М.В. Ткаченко, А.И. Мельников, Г.А. Кузнецов, Н.В. Сажина, Л.Н. Смелышева

БИЛАТЕРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОСТУРАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ НА ФОНЕ УТОМЛЕНИЯ У КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ БОКСОМ 198
А.С. Тришин, Е.С. Тришин, Е.М. Бердичевская, Р.Р. Мурсалов

Психофизиология

ПОКАЗАТЕЛИ СВОЙСТВ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ДЕВОЧЕК ВОСЬМЫХ И ДЕСЯТЫХ КЛАССОВ В УСЛОВИЯХ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО И ПРОФИЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ 205
Н.С. Куприна

Курортология и реабилитация

РЕСПИРАТОРНЫЕ РЕАКЦИИ И ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ПРЕДРЕАБИЛИТАЦИИ КОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ 211
Н.В. Архипова, Е.В. Быков

КАЧЕСТВО ЖИЗНИ ПАЦИЕНТОВ С МЕТАБОЛИЧЕСКИ-АССОЦИИРОВАННОЙ ЖИРОВОЙ БОЛЕЗНЬЮ ПЕЧЕНИ ПОД ВЛИЯНИЕМ КОМПЛЕКСНОГО САНАТОРНО-КУРОРТНОГО ЛЕЧЕНИЯ 218
Н.В. Ефименко, Е.В. Гребенюк, А.С. Кайсинова, Б.А. Гусова

ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕЧЕНИЯ САХАРНОГО ДИАБЕТА У ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКИМ ГЕНЕРАЛИЗОВАННЫМ ПАРОДОНТИТОМ 224
Р.Т. Кафаров, М.Н. Меджидов, О.С. Васильев, Л.А. Гридин, Е.Е. Ачкасов

БИОСОЦИАЛЬНЫЕ ДЕТЕРМИНАНТЫ: КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ВКЛАДА БИОЛОГИЧЕСКОГО КОМПОНЕНТА В ФОРМИРОВАНИЕ ДОСТУПНОЙ СРЕДЫ 238
О.А. Мирошниченко, Г.Н. Пономаренко

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ БИОМАРКЕРОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ДОСТУПНОЙ СРЕДЫ 251
О.А. Мирошниченко, Г.Н. Пономаренко, Н.В. Иванова

СИСТЕМНЫЕ И КЛЕТОЧНЫЕ МЕХАНИЗМЫ РЕАЛИЗАЦИИ ЭФФЕКТА РАДОНОТЕРАПИИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПАТОЛОГИЯХ 259
В.Ф. Репс, Н.В. Ефименко, К.Г. Репс, В.В. Козлова

Спортивная медицина

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ НА ИНДЕКС МАССЫ ТЕЛА И СОСТАВ ТЕЛА У ДЕТЕЙ С ОЖИРЕНИЕМ: ЗОНТИЧНЫЙ ОБЗОР СЕТЕВЫХ МЕТААНАЛИЗОВ 265
Е.В. Быков, В.В. Сверчков

Физическая культура и профессиональная физическая подготовка

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕТЕЙ-СИРОТ И ДЕТЕЙ, ВОСПИТЫВАЮЩИХСЯ В СЕМЬЕ, В НАЧАЛЕ УЧЕБНОГО ГОДА 278
Вэньцзе Цзян, Г.Д. Алексанянц, А.В. Волков, Е.А. Байер

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЛКОЙ МОТОРИКИ И МАСТЕРСТВА ИГРЫ НА ГИТАРЕ
Д.С. Четвериков, А.А. Померанцев 290

Теория и методика спорта

ЭФФЕКТЫ ТРЕНИНГА РАЗНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КООРДИНАЦИОННЫХ СПОСОБНОСТЕЙ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ ПОДГОТОВКИ В ФУТБОЛЕ 298
И.Ю. Горская, И.В. Аверьянов, Э.В. Кладов

КРИТЕРИИ СПЕЦИАЛЬНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ЮНЫХ ВОЛЕЙБОЛИСТОВ 305
А.Н. Корольков, И.В. Кисилева, Г.Г. Щеглов, Д.С. Марьин

«БОЛЬШОЙ БАЛЕТ НА ЛЫЖАХ» – СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД ЗАРУБЕЖНЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ НА КЛАССИФИКАЦИЮ СТИЛЕЙ И ХОДОВ В ЛЫЖНЫХ ГОНКАХ 311
Ю.В. Корягина, В.С. Нопина, О.Н. Акимкина

Оздоровительная и адаптивная физическая культура

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ КИНЕЗИОСПЕЦИАЛИСТА ПРИ РЕАБИЛИТАЦИИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ ПОСЛЕ ИНСУЛЬТА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ) 321
Б.М. Чиж, С.П. Лавриченко

CONTENTS

Physiology

PHYSIOLOGICAL COMPATIBILITY AND ANTIBACTERIAL PROPERTIES OF SURGICAL MESHES MODIFIED WITH NANOSTRUCTURED COATINGS
N.M. Abdullaeva, R.M. Ragimov, I.M. Abdulagatov 11

THE EFFECT OF CHRONIC PREDATOR STRESS ON THE STOMACH AND INTESTINAL MICROCIRCULATION OF LABORATORY RATS
I.V. Andreeva, A.A. Vinogradov, L.O. Voronkova 28

NEUROMODULATORY EFFECTS OF CREATINE ON BEHAVIORAL RESPONSES IN RATS WITH AN EXPERIMENTAL MODEL OF DEPRESSION
V.I. Belyakov, M.S. Shachneva, A.M. Tchang 38

INTEGRATIVE ANALYSIS OF PHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF ADAPTATION TO INTERMITTENT HYPOXIA (LITERATURE REVIEW)
I.Kh. Borukaeva, A.G. Shokueva, T.B. Kipkeeva, F.V. Shavaeva, A.A. Molov 46

SPATIOTEMPORAL CHARACTERISTICS OF QUALIFIED BOXERS IN A ONE-YEAR TRAINING CYCLE
Ya.E. Bugaets, A.A. Bliznuk, I.G. Malazonia, A.S. Gronskaya, I.M. Reznikov 56

A MODERN VIEW OF THE ROLE OF ASTROCYTIC GLIAL CELLS IN THE FUNCTIONING OF THE NERVOUS SYSTEM (REVIEW OF THE PROBLEM)
D.S. Gromova, N.R. Popova 62

THE INFLUENCE OF THE NUMBER OF PHYSICAL EDUCATION CLASSES ON FUNCTIONAL AND PSYCHOPHYSIOLOGICAL PARAMETERS IN HIGH SCHOOL GIRLS
A.V. Derkach, E.N. Pashutina, N.A. Garskaya 67

AFFERENT MECHANISMS UNDERLYING BALANCE FUNCTION IN FIGURE SKATERS DURING THE PREPARATION PERIOD
V.I. Ivlev, A.V. Shevtsov 74

HEMODYNAMIC INDICATORS OF TECHNICAL COLLEGE STUDENTS
N.I. Koshkarova, E.I. Zavertanaya, E.N. Avgusta, A.M. Durov 81

EFFECT OF THE T704S VARIANT OF THE *AGT* GENE (RS699) ON FUNCTIONAL AND PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF ADOLESCENTS ENGAGED IN SPORTS
S.N. Levitskij, O.A. Zubkova, Yu.M. Nikonova, V.E. Yurchuk, N.A. Bebyakova 89

FEATURES OF PROPRIOCEPTIVE SENSITIVITY IN ATHLETES SPECIALIZING IN JUDO
A.V. Ovcherenko, G.D. Aleksanyants, O.A. Medvedeva, S.S. Khandozhko 95

DEVELOPMENT AND VALIDATION OF A SCREENING MODEL FOR EARLY DETECTION OF THE RISK OF OCCUPATIONAL MALADJUSTMENT IN MEDICAL STAFF BASED ON A COMPREHENSIVE PSYCHOPHYSIOLOGICAL PROFILE
A.A. Piskaev, A.V. Nenasheva 101

THE IMPACT OF SLEEP CHARACTERISTICS ON FUNCTIONAL STATUS AND PERFORMANCE OF CYCLIC SPORTS ATHLETES: A LITERATURE REVIEW
M.A. Popova, T.V. Zasypkin 111

NEUROPHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF MODULATING CARDIAC AUTONOMIC REGULATION BY ACOUSTIC STIMULI OF DIFFERENT EMOTIONAL VALENCE (LITERATURE REVIEW) 120
M.A. Popova, A.Yu. Gatsko

DAILY BLOOD PRESSURE PROFILE IN WOMEN OF REPRODUCTIVE AGE WITH NORMAL THYROID FUNCTION IN THE KHANTY-MANSIYSK AUTONOMOUS OKRUG – YUGRA 129
M.A. Popova, E.A. Maskhudova, N.A. Vologzhanina, S.M. Klyashev

COMPARATIVE ANALYSIS OF HEART RATE VARIABILITY IN CHILDREN AND ADOLESCENTS PLAYING BASKETBALL DEPENDING ON THE TYPE OF AUTONOMIC REGULATION 136
O.A. Sazhina, A.V. Shakhanova, A.Kh. Agirov, A.A. Tsikunib

INFLUENCE OF PHYSICAL ACTIVITY, BODY COMPOSITION AND NUTRITION ON THE REPRODUCTIVE SYSTEM OF FEMALE ATHLETES (LITERATURE REVIEW) 144
M.Yu. Safronova, R.V. Tambovtseva

CHANGE IN PARAMETERS OF FLASH VISUAL EVOKED POTENTIALS IN HEALTHY ADULT SUBJECTS UNDER SHORT-TERM SPELEOCLIMATE INFLUENCE 163
V.A. Semiletova, U.V. Tochenova, S.M. Pankova

ON THE POSSIBILITY OF USING NON-PERSONALIZED DISPENSARY DATA FOR PRE-NOSOLOGICAL DIAGNOSTICS AND ASSESSMENT OF POPULATION HEALTH RESOURCES 171
L.A. Sysoeva, O.L. Lyakhova, O.A. Mezentseva, A.M. Efanov

INFLUENCE OF THE TRAINING PROCESS ON ANAEROBIC ENDURANCE INDICATORS AND TYPES OF HEART RATE VARIABILITY REACTIONS TO CLINOORTHOSTASIS IN FOOTBALL PLAYERS WITH DIFFERENT LEVELS OF TRAINING 180
P.A. Terekhov, T.M. Bruk, E.A. Kindyukhin

BODY COMPOSITION FEATURES OF CROSSFIT ATHLETES
M.V. Tkachenko, A.I. Melnikov, G.A. Kuznetsov, N.V. Sazhina, L.N. Smelysheva 193

BILATERAL ANALYSIS OF POSTURAL STABILITY IN QUALIFIED BOXERS IN CONDITIONS OF FATIGUE 198
A.S. Trishin, E.S. Trishin, E.M. Berdichevskaya, R.R. Mursalov

Psychophysiology

INDICATORS OF THE PROPERTIES OF THE NERVOUS SYSTEM OF EIGHTH AND TENTH GRADE GIRLS IN SPECIALIZED AND PROFILED EDUCATION 205
N.S. Kuprina

Balneology and rehabilitation

RESPIRATORY REACTIONS AND THEIR RELATIONSHIP WITH PSYCHOEMOTIONAL STRESS IN PREHABILITATION AFTER CORONARY ARTERY BYPASS GRAFTING 211
N.V. Arkhipova, E.V. Bykov

QUALITY OF LIFE IN PATIENTS WITH METABOLIC-ASSOCIATED FATTY LIVER DISEASE INFLUENCED BY COMPREHENSIVE SPA TREATMENT
N.V. Efimenko, E.V. Grebenyuk, A.S. Kajsinova, B.A. Gusova 218

EPIDEMIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF DIABETES MELLITUS IN PATIENTS WITH CHRONIC GENERALIZED PERIODONTITIS
R.T. Kafarov, M.N. Medzhidov, O.S. Vasilyev, L.A. Gridin, E.E. Achkasov 224

BIOSOCIAL DETERMINANTS: QUANTITATIVE ANALYSIS OF THE CONTRIBUTION OF BIOLOGICAL FACTORS TO THE ACCESSIBLE ENVIRONMENT FORMATION
O.A. Miroshnichenko, G.N. Ponomarenko 238

DEVELOPMENT OF A BIOMARKER SYSTEM FOR MONITORING THE EFFECTIVENESS OF ACCESSIBLE ENVIRONMENT ACTIVITIES
O.A. Miroshnichenko, G.N. Ponomarenko, N.V. Ivanova 251

SYSTEMIC AND CELLULAR MECHANISMS OF THE RADON THERAPY EFFECT IN VARIOUS PATHOLOGIES
V.F. Reps, N.V. Efimenko, K.G. Reps, V.V. Kozlova 259

Sports medicine

EFFECTS OF VARIOUS EXERCISES ON BODY MASS INDEX AND BODY COMPOSITION IN CHILDREN WITH OBESITY: AN UMBRELLA REVIEW OF NETWORK META-ANALYSES
E.V. Bykov, V.V. Sverchkov 265

Physical culture and professional physical training

COMPARATIVE ANALYSIS OF MORPHOFUNCTIONAL INDICATORS OF ORPHANED CHILDREN AND CHILDREN RAISED IN FAMILIES AT THE BEGINNING OF THE ACADEMIC YEAR
Wenjie Jiang, G.D. Aleksanyants, A.V. Volkov, E.A. Bayer 278

THE RELATIONSHIP BETWEEN FINE MOTOR SKILLS AND GUITAR PERFORMANCE MASTERY
D.S. Chetverikov, A.A. Pomerantsev 290

Theory and methods in sports

EFFECTS OF TRAINING DIFFERENT INDICATORS OF COORDINATION ABILITIES AT THE INITIAL STAGE OF PREPARATION IN FOOTBALL
I.Yu. Gorskaya, I.V. Averyanov, E.V. Kladov 298

CRITERIA OF SPECIAL PHYSICAL AND TECHNICAL FITNESS OF YOUNG VOLLEYBALL PLAYERS
A.N. Korolkov, I.V. Kisileva, G.G. Shcheglov, D.S. Maryin 305

“BIG SKI BALLET” – A MODERN VIEW OF FOREIGN RESEARCHERS ON THE CLASSIFICATION OF STYLES AND TECHNIQUES IN CROSS-COUNTRY SKIING
Yu.V. Koryagina, V.S. Nopina, O.N. Akimkina 311

Health and adaptive physical culture

SPECIFICS OF THE KINESIOTHERAPIST’S WORK IN THE REHABILITATION OF MOTOR IMPAIRMENTS AFTER STROKE (LITERATURE REVIEW)
B.M. Chizh, S.P. Lavrichenko 321

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_1
УДК 616-77

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_1
UDC 616-77

ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ И АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ХИРУРГИЧЕСКИХ СЕТОК, МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

Н.М. Абдуллаева, Р.М. Рагимов, И.М. Абдулагатов
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дагестанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Махачкала, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Полипропиленовые хирургические сетки широко применяются в герниологии, однако их использование нередко сопровождается развитием избыточного фиброза и послеоперационных инфекций, обусловленных хроническим воспалением и образованием бактериальных биопленок. Перспективным подходом к решению этих проблем является модификация сеток нанопокрытиями на основе металлооксидов, обладающих противовоспалительными и антибактериальными свойствами. Цель исследования: оценить биосовместимость и антибактериальную активность полипропиленовых сеток с многослойным оксидным нанопокрытием. ***Методы.*** Эксперимент выполнен на 20 кроликах, которым имплантировали сетки без покрытия (контроль) и с нанопокрытием (опыт). В динамике определяли маркеры воспаления (С-реактивный белок, интерлейкин-6, лейкоциты), проводили гистологическое и электронно-микроскопическое исследования, а также *in vitro* оценивали антибактериальную активность в отношении E. coli и P. vulgaris. ***Результаты.*** Сетки с нанопокрытием демонстрировали выраженное подавление бактериального роста по сравнению с контролем, вызывали значительно меньший системный воспалительный ответ и формирование тонкой васкуляризованной капсулы без признаков хронического воспаления. ***Заключение.*** Оксидное нанопокрытие улучшает биосовместимость полипропиленовых сеток и обеспечивает устойчивую антибактериальную защиту, что подтверждает перспективность их дальнейшего применения в реконструктивной хирургии.

Ключевые слова: биосовместимость, антибактериальные свойства, антибактериальная активность, эксперимент, имплантация, кролики, гистологическое исследование, полипропиленовые хирургические сетки, наночастицы серебра, оксид цинка, наноматериалы.

PHYSIOLOGICAL COMPATIBILITY AND ANTIBACTERIAL PROPERTIES OF SURGICAL MESHES MODIFIED WITH NANOSTRUCTURED COATINGS

N.M. Abdullaeva, R.M. Ragimov, I.M. Abdulagatov
Dagestan State Medical University, Makhachkala, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Polypropylene surgical meshes are widely used in herniology. However, their use is often accompanied by the development of excessive fibrosis and postoperative infections caused by chronic inflammation and the formation of bacterial biofilms. A promising approach to solving these problems is modifying the meshes with metal oxide-based nanocoatings, which possess anti-inflammatory and antibacterial properties. Objective: to evaluate the biocompatibility and antibacterial activity of polypropylene meshes with a multilayer oxide nanocoating. ***Methods.*** The experiment was performed on 20 rabbits, which were implanted with uncoated (control) and nanocoated (experimental) meshes. The inflammatory markers (C-reactive protein, interleukin-6, leukocytes) were determined dynamically, histological and electron microscopic studies were performed, and antibacterial activity against E. coli and P. vulgaris was assessed *in vitro*. ***Results.*** Nanocoated meshes demonstrated significant suppression of bacterial growth compared to controls, induced a significantly reduced systemic inflammatory response, and formed a thin vascularized capsule without signs of chronic inflammation. ***Conclusion.*** The oxide nanocoating improves the biocompatibility of polypropylene meshes and provides stable antibacterial protection, confirming their potential for further use in reconstructive surgery.

Keywords: biocompatibility, antibacterial properties, antibacterial activity, experiment, implantation, rabbits, histological examination, polypropylene surgical meshes, silver nanoparticles, zinc oxide, nanomaterials.

Введение. Хирургические сетки, широко применяемые в герниопластике и реконструктивной хирургии, несмотря на свою эффективность обладают рядом существенных ограничений, связанных, в первую очередь, с физиологической совместимостью. Синтетические полипропиленовые имплантаты могут сопровождаться развитием хронического воспаления и фиброзных изменений. Риск инфекционных осложнений связан не с собственными свойствами сетки, а с ее микробным контаминированием (например, из-за нарушения стерилизации, интраоперационного инфицирования и др.), когда адгезия и пролиферация патогенной микрофлоры (Staphylococcus aureus, Escherichia coli и др.) приводят к образованию биопленок [1].

Перспективным направлением решения данных проблем является разработка наномодифицированных покрытий. Наноматериалы благодаря своим уникальным физико-химическим свойствам позволяют создавать поверхности с улучшенными характеристиками физиологической совместимости и способностью противостоять бактериальным инфекциям [2]. Известно, что наноматериалы на основе оксидов металлов (ZnO, TiO_2) и наночастиц серебра (Ag) демонстрируют выраженную антибактериальную активность в отношении патогенных микроорганизмов, в частности Staphylococcus aureus, Escherichia coli и других [3], за счет контролируемого высвобождения ионов Ag^+, вызывающих дестабилизацию бактериальных мембран [4], фотоиндуцированного образования активных форм кислорода (ROS – reactive oxygen species) при участии ZnO/TiO_2 [3] и подавления механизмов биопленкообразования [5].

В Российской Федерации весомые исследования в данной области проводятся в Московском государственном университете, Национальном исследовательском университете ИТМО и Институте общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук. Одним из значимых достижений российских ученых является разработка многослойных нанопокрытий на основе оксидов металлов, которые способны обеспечить долговременную защиту от бактериальных инфекций и одновременно сохранить высокую степень физиологической совместимости. Разработаны многофункциональные покрытия на основе композиций Ag-TiO_2, сочетающие длительную антимикробную защиту (снижение бактериальной колонизации на 80-90%) [6], физиологическую совместимость с окружающими мягкими тканями (отсутствие цитотоксичности *in vivo*) [4] и модуляцию иммунного ответа (снижение уровней провоспалительных цитокинов) [7]. В работах Абдуллаевой Н.М., Рагимова Р.М. и Абдулагатова И.М. подробно изучены гистофизиологические особенности мягких тканей после имплантации грыжевых сеток с нанопокрытием, продемонстрированы возможности модификации полипропиленовых имплантатов методом атомно-слоевого осаждения (ALD – atomic layer disposition) и показан их антибактериальный потенциал. В частности, авторами были опубликованы материалы Всероссийских и международных конференций, где отражены предварительные *in vivo* результаты применения сеток с нанопленками TiO_2/V_2O_5, а также статья в журнале «Экологическая медицина» (2019), в которой представлены механизмы антибактериального действия тонких модифицированных нанопленок TiO_2 и обсуждены их цитотоксические эффекты [6, 8]. Кроме того, коллектив имеет ряд патентов РФ (RU2756124C1, RU2806060C1, RU2822654C1), описывающих способы модификации хирургических сеток и шовных материалов с целью придания им антибактериальных свойств. Совокупность этих исследований демонстрирует системный подход авторов к изучаемой проблеме и подтверждает их компетентность в вопросах биосовместимости и механизмов действия наноструктурированных покрытий.

Международные исследования, в частности исследования, проведенные в США, подтверждают эффективность гибридных наноструктур, включающих углеродные наноматериалы (графен, нанотрубки) для усиления механических свойств [9], комбинированные системы (ZnO-TiO_2) с ингибирующим действием на биопленки [5].

Одним из примеров использования нанопокрытия является титанизированная полипропиленовая сетка (TiMesh®) с ультратонким покрытием из титана, которая производится в Германии. Такие сетки успешно применяются в хирургии грыж, так как титанизированные имплантаты лучше переносятся пациентами. В частности, спустя 3-12 месяцев после герниопластики пациенты с титанизированными сетками отмечают меньшие дискомфорт и хроническую боль по сравнению с пациентами с обычными полипропиленовыми сетками ($p<0,01$), а ощущение инородного тела значительно снижено [10]. Хотя через год разница сглаживается, в ранние сроки титанопокрытие уменьшает реакцию на имплантат, тем самым повышая качество жизни.

Следует отметить, что наноструктурированные покрытия изучаются и в других системах. Например, сетчатые эндопротезы для герниопластики покрывают комбинацией металлов: нанопокрытие Ag-Cu, нанесенное магнетронным распылением, показало высокую стерильность. В экспериментах все образцы сеток с одно- или двухслойными покрытиями Ag и Ag+Cu обладали выраженным бактерицидным эффектом (подавление роста S. aureus >97%). При этом добавление меди усиливало действие серебра: доля уничтоженных бактерий возросла с ~97,0% (только Ag) до 99,97% при использовании комбинированного Ag/Cu-покрытия [11]. Этот пример иллюстрирует стратегию комбинирования наноматериалов для повышения эффективности.

Таким образом, функционализация поверхности хирургических сеток нанопокрытиями представляет собой стратегически важное направление в разработке имплантатов нового поколения с улучшенными физиологической совместимостью и антибактериальной активностью для профилактики послеоперационных осложнений.

Синтетические полипропиленовые имплантаты широко применяются в хирургии, однако их использование сопряжено с рядом рисков. В литературе отмечается, что особенности структуры и поверхности полимеров (пористость, гидрофобность, наличие дефектов и неровностей) могут способствовать адгезии микроорганизмов и последующему формированию биопленок при попадании патогенной микрофлоры в область имплантации. В таких условиях повышается вероятность хронического воспаления, фиброзных изменений и инфекционных осложнений. Следует подчеркнуть, что данные осложнения не связаны с нарушением правил стерилизации или интраоперационного ведения, а обусловлены материал-ассоциированными механизмами, которые широко описаны в экспериментальных и клинических исследованиях. Несмотря на активное развитие технологий модификации полимеров остается нерешенным вопрос оптимизации антибактериальных покрытий для обеспечения их долговременной стабильности, биосовместимости и эффективности в профилактике инфекции. Именно эти аспекты легли в основу настоящей работы.

Несмотря на значительные успехи в разработке нанопокрытий комплексные исследования, объединяющие оценку биосовместимости и антибактериальной активности грыжевых сеток с нанопокрытиями в условиях *in vivo* и *in vitro*, описаны недостаточно. Настоящая работа призвана восполнить этот пробел.

Наночастицы серебра (AgNP*)* являются одними из наиболее изученных антимикробных наноматериалов. На поверхности AgNPs происходит непрерывное высвобождение ионов Ag^+; эти ионы проникают в бактериальные клетки, связываются с дисульфидными и тиол-группами белков и ферментов, инактивируя ключевые дыхательные ферменты и нарушая синтез аденозинтрифосфата (АТФ) [12]. Внутри клетки ионы Ag^+ взаимодействуют с дезоксирибонуклеиновой кислотой (ДНК): нарушают ее целостность, вызывают разрывы цепей и блокируют репликацию, а сами наночастицы связываются с 30S-субъединицей рибосомы и нарушают синтез белков [12]. AgNPs также повреждают бактериальную стенку и мембраны – на поверхности возникают ямки и дефекты, через которые частицы и ионы легко проникают внутрь, вызывая образование

ROS и морфологическую деградацию мембраны [12]. Эти эффекты обеспечивают широкий спектр действия против грамотрицательных и грамположительных бактерий; эффективность серебра особенно высока в отношении грамотрицательных микробов за счет тонкой пептидогликановой стенки, которая облегчает проникновение AgNPs [12]. Комбинация AgNPs с антибиотиками усиливает антибактериальный эффект: в экспериментах сочетание имепенема, гентамицина, ванкомицина, ципрофлоксацина и триметоприма с AgNPs приводило к значительному увеличению зоны подавления роста и позволяло снижать дозу антибиотика [12].

Наноструктуры оксида цинка (ZnO) обладают сходными механизмами. ZnO – полупроводник с высокой энергией связывания, его бактерицидный эффект обусловлен образованием ROS на поверхности и высвобождением ионов Zn^{2+}, которые повреждают цитоплазматическую мембрану и нарушают метаболические пути бактерий [13]. Дополнительные механизмы включают вмешательство в деление клеток через таргетирование белка FtsZ и повреждение ДНК.

Диоксид титана (TiO_2) считается химически инертным и биосовместимым материалом. Бактерицидность TiO_2 реализуется главным образом при фотокаталитической активации: под воздействием ультрафиолетовых фотонов в кристаллической решетке образуются электрон-дырочные пары, приводящие к генерации гидроксильных радикалов и перекиси водорода. Эти ROS разрушают клеточную стенку и цитоплазматическую мембрану, вызывая выход содержимого и лизис клетки [14]. Использование допингов (C, N, S, Sn, Pd, Cu) или сочетания с серебром и медью позволяет активировать фотокатализ при видимом свете и получить комбинированные поверхности, однако активность таких покрытий ниже, чем при УФ-облучении [12]. Под действием UVA/UVB обработанные TiO_2 поверхности способны уничтожать до 99-100% микробов благодаря генерации ROS, а в отсутствие облучения их непосредственная бактерицидность минимальна.

Медные нанопокрытия обладают выраженными антимикробными свойствами, но их применение ограничивается более высокой цитотоксичностью по сравнению с серебром. Исследования *in vitro* показывают, что наночастицы оксида меди вызывают гибель клеток млекопитающих в концентрациях 6-12 ppm; этот эффект связан с мощным оксидативным стрессом и высвобождением ионов Cu^{2+} [12]. Поэтому медь обычно комбинируют с другими компонентами, чтобы уменьшить токсичность и сохранить антибактериальную активность.

Наночастицы золота и углеродные наноматериалы сами по себе биологически инертны и проявляют слабый антибактериальный эффект. Для подавления бактерий требуется значительно более высокая концентрация золота: в одном сравнительном исследовании минимальная ингибирующая концентрация (MIC – minimum inhibitory concentration) AuNPs против Staphylococcus aureus составила 197 мкг/мл, тогда как для AgNPs MIC составляла лишь 4,86 мкг/мл [12]. Исключение составляют фотоактивируемые золотые наностержни и нанозвездочки, которые под действием лазерного излучения создают локальный нагрев и эффективны в фототермальной терапии инфекций. Среди углеродных наноструктур антимикробный эффект сильно зависит от структуры и функционализации: так, «луковичные» углеродные наночастицы (onion-like carbon) оказались инертными по отношению к Escherichia coli и не вызывали клеточных иммунных ответов [12]. В то же время нанодымонд и каталитически полученный нитевидный углерод вызывают агрегацию бактерий и повреждение клеточной стенки, однако их бактерицидность менее выражена, чем у металлоксидных наночастиц.

Таким образом, серебряные и цинковые нанопокрытия обладают мощным широким спектром антимикробной активности за счет высвобождения ионов и генерации ROS. TiO_2 требует фотокаталитической активации, а медь при высокой антибактериальной эффективности демонстрирует значительную цитотоксичность. Золотые и некоторые углеродные наночастицы

являются относительно биосовместимыми, однако их прямой антибактериальный потенциал ограничен, что определяет выбор материала при разработке медицинских имплантатов.

В заключение следует отметить, что универсального и идеального покрытия не существует – каждый вариант имеет свои сильные и слабые стороны. Серебро обеспечивает мощный широкий бактерицидный эффект, но требует контроля дозы для минимизации токсичности. Оксид цинка имеет несколько менее сильный антимикробный эффект, но очень перспективен благодаря своей физиологической совместимости и про-регенеративным свойствам. Диоксид титана чрезвычайно биоинертен и стабилен, снижает уровень воспаления, однако прямая антимикробная активность проявляется лишь при фотостимуляции (что ограничивает его применение во внутренних имплантатах без доступа света). Комбинированные покрытия (Ag+Cu, Ag+ZnO, TiO_2+Ag, графен-серебро и прочие) позволяют объединить преимущества и компенсировать недостатки отдельных материалов. Поэтому в настоящее время внимание уделяется созданию гибридных нанопокрытий, которые дают и высокую физиологическую совместимость (отсутствие воспаления, токсичности), и надежную защиту от бактерий. Исследования последних лет подтверждают эффективность таких подходов и открывают путь к их внедрению в клиническую практику.

Цель исследования – изучение физиологической совместимости и антибактериальной активности грыжевых сеток с нанопокрытием.

Методы и организация исследования.

1. Исследуемые группы животных. Кролики (Oryctolagus cuniculus), 20 животных, разделены на 2 группы. Группа 1: 10 кроликов с имплантированными сетками без покрытия (контроль). Группа 2: 10 кроликов с имплантированными сетками с нанопокрытием (основная).

2. Характеристика имплантатов. Материал – полипропиленовые сетки (ООО «ЛИНТЕКС», Россия). Размеры сеток: 2,5х3,0 см. Типы покрытия: без покрытия (контрольная группа) и с нанопокрытием на основе оксидов алюминия, титана и ванадия (основная группа). Экспериментальная сетка представляла собой полипропиленовый имплант, модифицированный многослойным нанопокрытием, сформированным методом ALD по рецептуре $Al_2O_3/TiO_2/VxOy$. В рамках данного исследования многослойное покрытие рассматривалось как единый вариант материала.

3. Процедура имплантации:

- анестезия: внутримышечное введение 0,5 мл ксиланита + 0,4 мл золетила. В случае необходимости дополнительно вводится 0,2 мл золетила по ходу операции.

- имплантация сеток: продольный средне-срединный разрез длиной 5 см выполняется по ходу белой линии живота. Сетки фиксируются с двух сторон от разреза между поперечной и внутренней косой мышцами живота. Раны ушиваются узловыми швами.

4. Условия содержания животных. Температура – 22-24 °С, относительная влажность – 50-60%, световой режим – 12 часов свет / 12 часов темнота. Животные содержатся в отдельных клетках под постоянным контролем в условиях вивария. Эксперимент проводился в соответствии с национальными и международными правилами биоэтики; все протоколы были одобрены локальным этическим комитетом Научно-образовательного центра Дагестанского государственного медицинского университета (протокол № BEA‑2024‑07 от 15.03.2024) и соответствовали этическим стандартам, утвержденным правовыми актами РФ, принципам Базельской декларации.

5. Периоды наблюдения и исследования: через 7, 14, 30 и 60 суток после имплантации.

6. Методы оценки.

Микробиологическое исследование. Для изучения антибактериальных свойств полученного нанопокрытия из TiVOx были проведены микробиологические исследования в двух вариантах. Первый вариант – посевы смывов с поверхности покрытых и непокрытых полипропиленовых грыжевых сеток (ПП), которые предварительно были опущены во взвеси, приготовленные из штаммов кишечной палочки и вульгарного

протея с концентрацией 10^3 и 10^5 микробных тел (КОЕ (колониеобразующих единиц) / мл). Для этого пропитанные взвесью сетки оставляли для просыхания, затем брали смывы, используя стерильный физиологический раствор (1,0 мл), и высеивали на питательную среду. Кроме того, стерильные сетки (покрытые и непокрытые) помещали на питательные среды, на которые предварительно равномерно шпателем наносилась взвесь перечисленных бактерий с целью выявления «зоны лизиса» в пределах области расположения сетки, помещенной на твердую питательную среду, на которую нанесена бактериальная взвесь.

Для проведения микробиологических исследований использовались следующие материалы:

- питательный агар для культивирования микроорганизмов, сухой (ГРМ-агар, коммерческое название), производитель – Федеральный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии (Москва), серия О1-К-16, срок годности – до 03.2025;
- питательная среда для культивирования энтеробактерий, сухая (агар Эндо-ГРМ, коммерческое наименование), производитель – Федеральный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии (Москва), серия О11-К-245, срок годности – до 06.2025 г.;
- стандартный образец мутности бактериальных суспензий ОСО 42-28-85-2018 (10 МЕ), серия С-2/2-190923, срок годности – до 09.2025 г. Суспензионную культуру инкубировали в течение 30 мин до достижения мутности 0,5 стандарта Макфарланда и сравнивали с 0,5 раствором Макфарланда;
- штамм E. coli M-616 (ATCC-25922), дата лиофилизации – 18.08.2022, пассаж I;
- Pr. vulgaris штамм 19 (ATCC-29905T), дата лиофилизации – 29.05.2019, пассаж I.

Из ПП нарезали четырехугольные (непокрытая сетка) и треугольные полоски (покрытая нанопленкой сетка), стерилизовали под УФ-излучением в течение 1 ч. Тестирование антибактериальной активности покрытых (треугольной формы полоски) и непокрытых (четырехугольной формы полоски) хирургических полипропиленовых сеток проводили по отношению штаммов бактерий E. coli и Pr. vulgaris.

Гистологическое исследование. Извлеченные сетки вместе с окружающими тканями фиксировали в нейтральном формалине для дальнейшей проводки и приготовления парафиновых блоков, из которых изготовили срезы толщиной 5-6 мкм на санном микротоме и окрашивали гематоксилином и эозином (H&E), трихромом Массона, пикрофуксином по Ван Гизону и азотнокислым серебром по Футу дальнейшего гистологического анализа под световым микроскопом, используя аппаратно-программный комплекс «MECOS-C1».

Электронно-микроскопическое исследование проводили для оценки микро- и ультраархитектуры покрытия и реакции тканей.

Статистический анализ включал сравнение средних значений между группами для каждой временной точки с использованием критерия Стьюдента для независимых выборок. Данные представлены как среднее ± стандартное отклонение ($M \pm \sigma$). Различия считались статистически значимыми при $p<0,05$.

Для учета повторных измерений и оценки одновременного влияния факторов «группа» и «сутки» была применена линейная смешанная модель (LMM – linear mixed model) с животным как случайным эффектом и фиксированными факторами «группа», «сутки» и их взаимодействием. Коррекция множественных сравнений выполнялась методом Бенджамини-Хохберга (FDR – false discovery rate). Размеры эффекта (Hedges' g и 95% доверительные интервалы) рассчитывались для оценки величины различий. Тесты проводились двусторонне.

Результаты исследования и их обсуждение. Исследование посвящено оценке системной воспалительной реакции после имплантации хирургических сеток с нанопокрытием и без него. Воспаление – это естественная реакция организма на имплантат; чрезмерный или длительный воспалительный процесс может привести к осложнениям (например, образованию рубцовой ткани, отторжению имплантата).

Цель измерения биохимических показателей – доказать, что специальное нанопокрытие снижает остроту этой реакции.

Для этого измерялись три ключевых биомаркера воспаления:

1. С-реактивный белок (CRP): белок острой фазы, его концентрация в крови быстро растет в ответ на воспаление;

2. Интерлейкин-6 (IL-6): провоспалительный цитокин, который является одним из основных стимуляторов выработки CRP;

3. Количество лейкоцитов: общий показатель наличия инфекции или воспаления в организме.

Физиолого-биохимические показатели воспаления. Для оценки системной воспалительной реакции после имплантации сеток были проанализированы уровни ключевых биомаркеров – CRP, IL-6 и количество лейкоцитов в периферической крови. Полученные данные продемонстрировали существенную разницу между контрольной (имплантация сетки без покрытия) и основной (имплантация сетки с нанопокрытием) группами. В эксперименте по оценке сетчатых имплантатов концентрацию IL‑6 измеряли на флуоресцентном анализаторе «ECLIA», анализаторе «Cobas e602», уровень CRP – иммуннотурбидиметрическим методом на платформе «Cobas 8000», а показатели общего анализа крови определялись автоматическим гематологическим анализатором «Sysmex XN», который сочетает метод импеданса с проточной цитометрией имплантации, увеличиваясь в среднем на 40-50% по сравнению с исходным уровнем.

Таблица 1 описывает организацию эксперимента. Были взяты следующие группы:

- интактная группа (10 животных) – это исходная, дооперационная контрольная точка. Кровь у этих животных брали до любой операции для определения нормальных (фоновых) уровней биомаркеров. Важно отметить, что эти 10 животных не являются отдельной группой – это те же самые особи из контрольной и опытной групп до начала эксперимента (по 5 из каждой).

- контрольная группа (10 животных). Им имплантировали обычную сетку без покрытия. Эта группа служит для сравнения, чтобы показать, какую воспалительную реакцию вызывает стандартный имплантат.

- опытная группа (10 животных). Им имплантировали сетку с нанопокрытием. Это исследуемая группа, для которой проверяется гипотеза о снижении воспаления. Сроки наблюдения показали, что измерения проводились не сразу, а в динамике – на 7, 14, 30 и 60 сутки после операции. Это позволяет отследить как острую фазу воспаления (7-14 сутки), так и долгосрочный эффект, процесс заживления (30-60 суток).

У всех животных после имплантации брали кровь для анализа, также проводили гистологическое исследование тканей вокруг сетки.

Таблица 1

Экспериментальный дизайн исследования

Группа	Кол-во животных	Имплантат	Сроки наблюдения (сутки)	Процедуры
Интактная	10 (5+5)	До имплантации сетки	– // –	Анализ крови до эксперимента по имплантации
Контрольная	10	Сетка без покрытия	7, 14, 30, 60	Анализ крови и гистология мягких тканей вокруг сетки в динамике эксперимента
Опытная	10	Сетка с нанопокрытием	7, 14, 30, 60	Анализ крови и гистология мягких тканей вокруг сетки в динамике эксперимента

Примечание: по 10 животных в контрольной и основной группах, 10 – в интактной группе (по 5 животных из контрольной и основной групп до начала проведения эксперимента по имплантации сетки).

Таблица 2 показывает, как менялась концентрация CRP в крови.

До имплантации был зарегистрирован исходный низкий уровень (5,0 мг/л), что является нормой. На 7-е сутки в контрольной группе наблюдается резкий скачок CRP до 9,0 мг/л (увеличение на 80%), что указывает на сильную системную воспалительную реакцию. В опытной группе рост есть, но он значительно меньше (до 6,5 мг/л, увеличение на 30%). К 30-60 суткам уровень CRP в обеих группах возвращается к норме, что говорит о затухании острой воспалительной реакции.

Таблица 2

Динамика уровней С-реактивного белка (CRP), мг/л, M±σ

Кол-во животных	Сутки	Контрольная группа	Опытная группа
10 (5+5)	До имплантации	5,0±0,5	
По 10	7	9,0±0,9*#	6,5±0,7*
По 8	14	7,2±0,7*#	5,2±0,5
По 6	30	5,8±0,6	5,0±0,5
По 4	60	5,5±0,6	5,1±0,5

Примечание: значимые изменения показателей, $p<0,05$: * – при сравнении интактных животных с контрольной и опытной группами, # – при сравнении показателей контрольной и опытной групп между собой.

Таблица 3 демонстрирует реакцию иммунной системы в виде изменения количества лейкоцитов.

До имплантации: нормальный уровень ($7,5\times10^9$/л). На 7-е сутки в контрольной группе развивается выраженный лейкоцитоз ($15,6\times10^9$/л – более чем в 2 раза выше нормы), что является классическим признаком острого воспаления. В опытной группе количество лейкоцитов остается в пределах практически нормального диапазона ($7,9\times10^9$/л).

Таблица 3

Динамика количества лейкоцитов, $x10^9$/л, M±σ

Кол-во животных	Сутки	Контрольная группа	Опытная группа
10 (5+5)	До имплантации	7,5±0,5	
По 10	7	15,6±1,6*#	7,9±0,8
По 8	14	12,2±1,9*#	8,4±0,6
По 6	30	8,5±0,9*	8,2±0,7
По 4	60	7,0±0,7	6,6±0,9

Примечание: значимые изменения показателей, $p<0,05$: * – при сравнении интактных животных с контрольной и опытной группами, # – при сравнении показателей контрольной и опытной групп между собой.

Отличия сохранялись до 14-х суток. К 30-60-м суткам показатели обеих групп приближались к физиологической норме, но оставались статистически ниже в опытной группе.

Концентрация IL-6 (табл. 4) в контрольной группе резко увеличивалась в ранние сроки (до 33,6±5,2 пг/мл на 7-е сутки). У животных, получивших сетки с нанопокрытием, IL-6 повышался умеренно (9,9±3,8 пг/мл). На 7-е и 14-е сутки различия между группами были достоверными ($p<0,001$). К 30-м и 60-м суткам уровни IL-6 снижались, но сохраняли тенденцию к меньшим значениям в опытной группе.

Сводный анализ, выполненный по линейной смешанной модели, показал значимое влияние как фактора «группа», так и фактора «сутки», а также их взаимодействия на уровни CRP, IL-6 и количество лейкоцитов ($p<0,01$). Это подтверждает, что использование нанопокрытия снижает остроту воспалительной реакции в течение всего периода наблюдения.

Таблица 4

Динамика концентрации интерлейкина-6 (IL-6), пг/мл, M±σ

Кол-во животных	Сутки	Контрольная группа	Опытная группа
10 (5+5)	До имплантации	8,7±0,4	
По 10	7	43,6±3,2*#	33,9±1,6*#
По 8	14	16,7±2,8*#	8,9±1,7
По 6	30	9,2±1,3	8,6±1,0
По 4	60	8,8±1,2	7,6±1,2

Примечание: значимые изменения показателей, $p<0,05$: * – при сравнении интактных животных с контрольной и опытной группами, # – при сравнении показателей контрольной и опытной групп между собой.

Использование микробиологических тестов на антибактериальную активность нанопокрытия. Микробиологическое исследование по первому варианту (подсчет выросших колоний на твердой питательной среде в чашках Петри из высеянных смывов от покрытых и непокрытых ПП, предварительно пропитанных суспензией из штаммов бактерий в вышеуказанной концентрации) включало три этапа:

- I этап (28.05.2024). Суспензии микробных клеток готовили из суточных культур штаммов E. coli и Pr. vulgaris в концентрациях (10^3 и 10^5) КОЕ/мл;

- II этап. Полоски опытных (покрытых TiVOx) и контрольных (непокрытых) образцов хирургических ПП опускали для пропитки в приготовленные суспензии микробных клеток известной концентрации из суточных культур E. coli и Pr. vulgaris. После погружения опытные и контрольные образцы ПП высушивали в течение 60 минут, затем готовили смывы и высеивали на стерильные чашки Петри с твердыми питательными средами: от образцов, пропитанных суспензией с E. coli, – на Эндо-ГРМ-агар (питательная среда для культивирования энтеробактерий), а от образцов, пропитанных суспензией с Pr. vulgaris – на ГРМ-агар (питательный агар для культивирования микроорганизмов);

- III этап (29.05.2024). Чашки Петри инкубировали в термостате при температуре 37 °C в течение 24 ч, затем наблюдали за ростом колоний бактерий в каждой чашке Петри и делали фотографии. Отслеживали рост культур штаммов E. coli и Pr. vulgaris из смывов от образцов ПП в питательных средах через 24, 48 и 72 ч. Как видно на рисунке 1, роста культур микроорганизмов на питательных средах из смывов от покрытых нанопленкой образцов ПП через 24 ч не наблюдалось даже при концентрации суспензии 10^5 КОЕ/мл, тогда как без покрытия образцы давали высокий рост колоний.



Рис. 1. Рост культур на ГРМ-агар через 24 часа: слева – смыв от образца сетки с покрытием (роста нет), справа – без покрытия (сплошной рост Pr. vulgaris)

Обильный рост обоих штаммов бактерий из высеянных смывов от непокрытых ПП определялся и через 48 ч в то же время, когда на питательных средах в чашках Петри, где были посевы от образцов ПП, покрытых нанопленкой, определялись от 0 до 9 мелких колоний (см. рис. 2, обильный рост Pr. vulgaris справа, слева – 5 мелких колоний). Последующая инкубация в термостате еще на 24 часа (на третьи сутки – через 72 часа инкубации) привела к существенному увеличению числа колоний в чашках Петри из смывов от непокрытых образцов ПП: колонии обросли всю поверхность агара. В чашках Петри со смывами от покрытых нанопленкой TiVOx ПП роста колоний либо нет, либо определяются единичные мелкие колонии.

В проекции ПП и на полипропиленовых нитях сетки, покрытых нанопленкой образцов, при концентрации посева Pr. vulgaris 10^5 КОЕ/мл, роста культур не обнаружено (рис. 3а), тогда как с ПП без покрытия картина совсем другая: обнаруживается рост культуры и в проекции сетки, и на полипропиленовых нитях самой грыжевой сетки (рис. 3б).

Таким образом, тестирование антибактериальной активности ПП с покрытием TiVOx по отношению двух видов бактерий (E. coli и Pr. vulgaris) показало, что нанопокрытие из TiVOx эффективно в показателях антибактериальной активности и ингибировании роста бактерий, т.е. оба варианта тестов показали выраженную антибактериальную активность предложенной нанопленки (рис. 1-3).

Основываясь на наблюдениях, можно сказать, что покрытие TiVOx полностью (почти на 100%) подавляет бактериальную колонизацию в проекции ПП (эффективно уничтожает бактерии E. coli и Pr. vulgaris в эксперименте *in vitro* и *in vivo*).

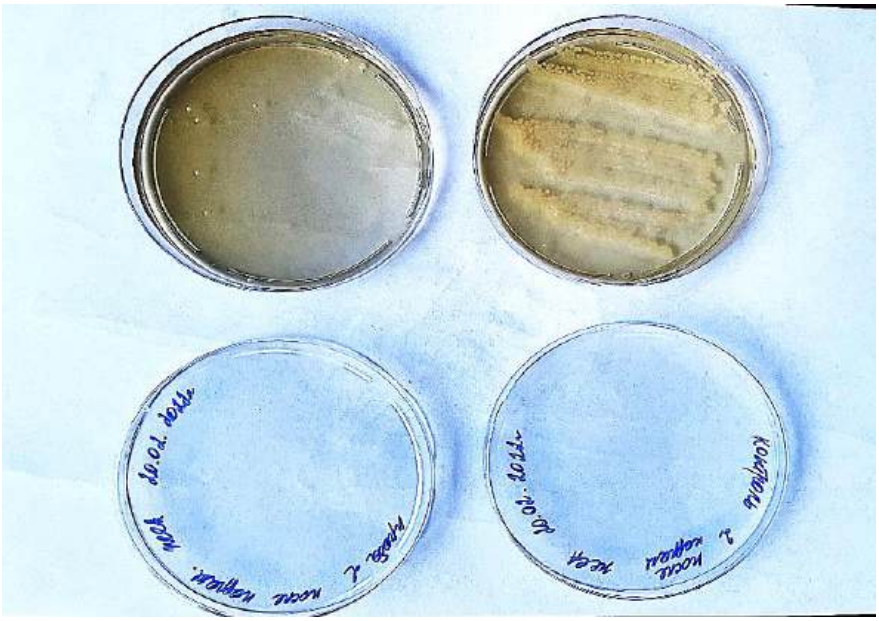


Рис. 2. Рост культур на ГРМ-агар через 48 часов: слева – смыв от образца сетки с покрытием (рост 5 мелких колоний), справа – без покрытия (сплошной рост Pr. vulgaris)

Гистофизиологические изменения сетки и мягких тканей вокруг имплантата. Для оценки местной тканевой реакции на имплантированные сетки проведено гистологическое исследование образцов, извлеченных вместе с окружающими мягкими тканями на 7-е, 14-е, 30-е и 60-е сутки после операции. Применялись методы окраски гематоксилином и эозином (H&E) для общей морфологии, трихром Массона и пикрофуксин по Ван Гизону для выявления коллагеновых волокон и фиброзной ткани, а также метод серебрения по Футу для визуализации ретикулиновых волокон. Полученные гистологические картины продемонстрировали выраженные отличия между контрольной группой (сетки без покрытия) и опытной группой (сетки с нанопокрытием).

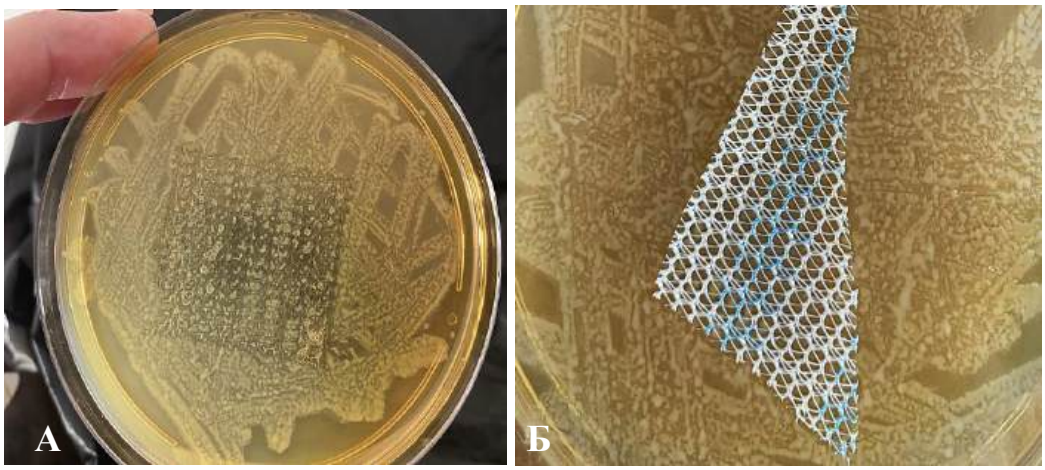


Рис. 3. а) полипропиленовые грыжевые сетки (ПП) с покрытием. В проекции сетки и на полипропиленовых нитях роста культуры нет; б) среда ГРМ-агар с Pr. vulgaris 10^5 КОЕ/мл после 24-часовой инкубации. Отмечается обильный рост культуры в проекции ПП и мелкие множественные колонии на полипропиленовых нитях непокрытой грыжевой сетки.

Для повышения объективности помимо описательного анализа была выполнена полуколичественная оценка степени фиброза: процент площади фиброзной ткани относительно общей площади среза определяли морфометрически по цифровым микрофотографиям (использована программа ImageJ).

Контрольная группа (полипропиленовые сетки без покрытия).

На 7 сутки (острая фаза) вокруг нитей имплантированной сетки наблюдалась выраженная острая воспалительная реакция. Гистологически определялась массовая инфильтрация эозинофилов, нейтрофилов (острое воспаление) и макрофагов в окружающих мягких тканях вокруг нитей сетки и начинала формироваться капсула из грануляционной ткани: видны рыхлые соединительнотканные структуры с новообразованными сосудами и отеком, много экссудата (рис. 4а, 4в). Присутствовали участки фибринозного налета и первые признаки микронекроза вокруг нитей. Коллагеновые волокна (окраска по Ван Гизону) расположены хаотично, отмечались отек и умеренный некроз прилежащих мышечных волокон от компрессии имплантатом и ферментативного воздействия воспалительных клеток.

На 14 сутки (подострая фаза) воспалительная инфильтрация вокруг сетки сохранялась, хотя нейтрофилов стало меньше, их место заняли макрофаги и лимфоциты, свидетельствуя о переходе в подострую фазу воспаления. Вокруг нитей четко сформировалась соединительнотканная капсула: она состояла из плотных коллагеновых волокон, окружающих каждый элемент сетки, и большого количества молодых фибробластов (рис. 4б). Капсула была довольно рыхлой по строению (признак продолжающегося ремоделирования). Коллагеновые волокна (окраска трихромом Массона) располагались пучками и беспорядочно, образуя «рубцовый» рисунок. Наблюдалось увеличение числа фибробластов, активная продукция межклеточного матрикса. Также вокруг некоторых нитей визуализировались гигантские многоядерные клетки инородных тел – слияние макрофагов, «пытающихся» фагоцитировать крупный полимер. Их присутствие указывает на начавшуюся хроническую гранулематозную реакцию на инородное тело.

На 30 сутки признаки острого воспаления значительно ослабевали. Однако сформированная фиброзная капсула вокруг сетки стала более плотной и толстой. В толще капсулы обнаруживались гигантские клетки и макрофаги с фрагментами полипропилена (фагоцитированный мусор, износившиеся микрочастицы сетки). Отмечались участки разрушения полипропиленовых нитей грыжевого имплантата, дистрофии и некроза в прилегающей мышечной ткани (рис. 4г). В некоторых зонах

идентифицированы отложения кальция. В целом к 30 суткам вокруг непокрытой сетки сформировалось грубое фиброзное обрамление, которое хотя и изолировало имплантат, также, вероятно, ухудшало его интеграцию с функциональной точки зрения (снижение эластичности ткани, риск развития хронической боли).

На 60 сутки после имплантации в контрольной группе наблюдалась картина хронического гранулематозного воспаления с выраженным фиброзом. Соединительно-тканная капсула вокруг сетки оставалась толстой, плотной и малоэластичной и содержала рассеянные очаги лимфоцитарно-макрофагальной инфильтрации и многоядерные гигантские клетки инородного тела. Кальцификация в капсуле стала более явной: по ходу некоторых нитей отложились соли кальция, придавая ткани хрупкость. Также можно отметить явление «bridging fibrosis» – волокнистые тяжи соединительной ткани перекидывались между участками сетки, скрепляя их и уменьшая подвижность конструкции. Такая выраженная рубцовая трансформация чревата сокращением (контрактурой) имплантата и возможным искажением анатомии места имплантации.

Полуколичественная морфометрия показала, что доля фиброзной ткани в контрольной группе составляла около 45±5% к 30-ым суткам и увеличивалась до 60±7% к 60-ым суткам, что отражало выраженный рубцовый ответ.

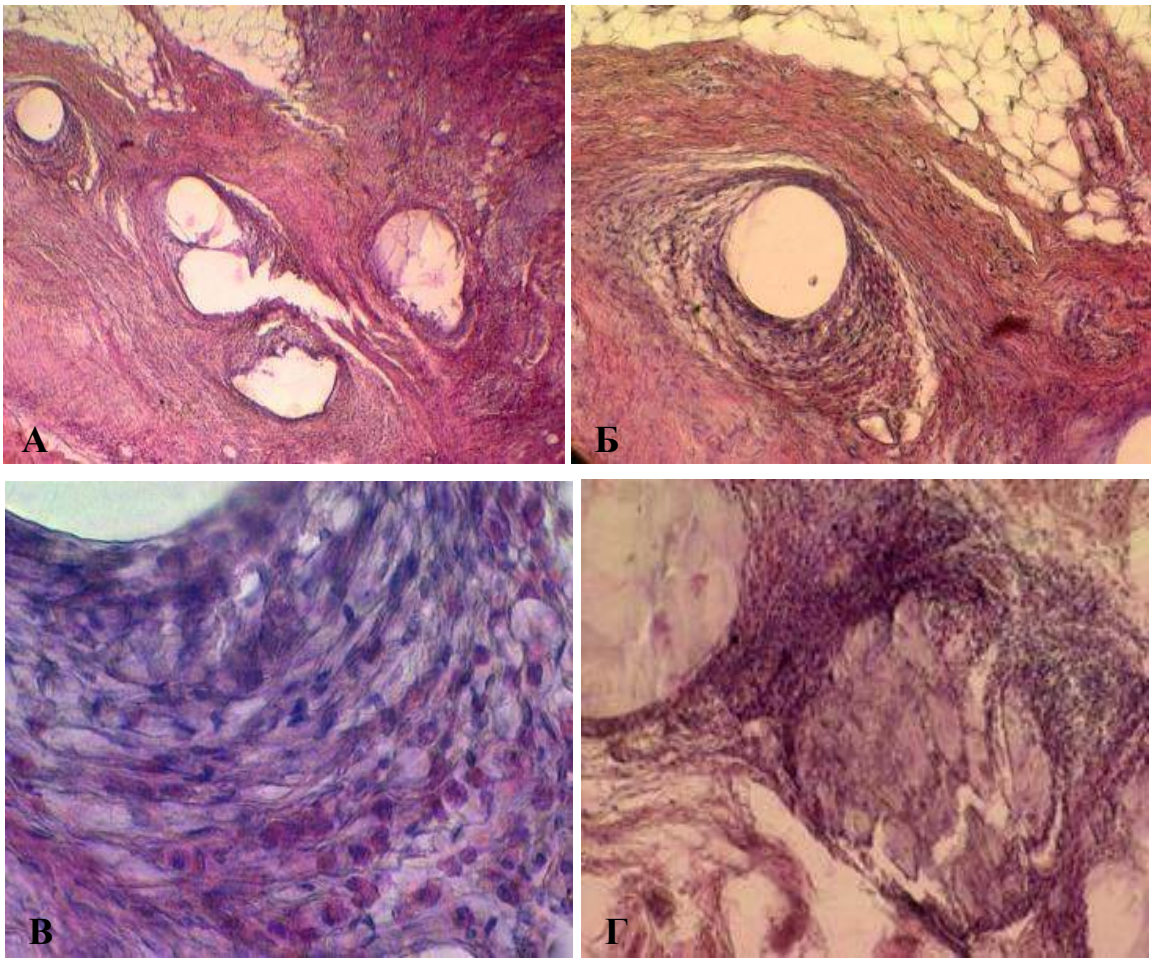


Рис. 4. Окраска гематоксилином и эозином.
Микрофото: а, б, г – объектив х10; в – объектив х40.

Опытная группа (полипропиленовые сетки с нанопокрытием).

На 7 сутки тканевая реакция у животных с нанопокрытыми сетками была значительно менее выраженной. Вокруг имплантата отмечалась лишь умеренная воспалительная инфильтрация, преимущественно состоящая из макрофагов и малочисленных нейтрофилов, очагов гнойного воспаления не наблюдалось (рис. 5а, 5в).

Грануляционная ткань формировалась, но более деликатно: капсула вокруг нитей была нежной, рыхлой, с хорошей васкуляризацией, коллагеновые волокна к 7 суткам имели более упорядоченную ориентацию – они располагались параллельно поверхности имплантата, как бы выстилая нити сетки, в отличие от хаотичного плетения коллагена в контроле. Видимо, нанопокрытие создает физиологически более совместимую поверхность, на которой фибробласты организуют матрикс равномерно, без избыточного отложения коллагена. Вокруг нитей практически отсутствовали эозинофилы, гигантские клетки и некротические зоны (рис. 5в). В целом, гистологическая картина острых сроков у покрытых сеток указывает на слабую острую воспалительную реакцию и начало формирования нежной соединительной ткани.

На 14 сутки в группе с нанопокрытием вокруг сетки количество макрофагов и лимфоцитов было значительно меньше, чем в контроле, что, возможно, соответствовало фазе перехода от воспаления к регенерации. Формирующаяся соединительнотканная капсула оставалась рыхлой и богато васкуляризированной (рис. 5б). Фибробласты располагались упорядоченно, синтезируя коллаген параллельно поверхности нитей: формировалась эластичная соединительная ткань, интегрированная с сеткой (наблюдалось прорастание коллагеновых волокон в структуру сетки между ее нитями). Воспалительная инфильтрация была слабо выраженной: признаков нагноения, обширных гранулем (гигантских клеток) не обнаружено.

На 30 сутки после имплантации нанопокрытые сетки показали превосходные результаты тканевой интеграции. Гистологически вокруг имплантата определялась тонкая зрелая соединительная ткань с минимальной воспалительной инфильтрацией. Коллагеновые волокна были хорошо организованы, параллельны друг другу и равномерно оплетали нити сетки, не вызывая их сжатия. Воспалительные клетки встречались единично (редкие лимфоциты и макрофаги), что свидетельствовало об отсутствии хронического воспаления. Важно подчеркнуть, что эластичность тканей вокруг сетки сохранялась: под микроскопом капсула выглядела нежной, без чрезмерного уплотнения (рис. 5г), что важно для лучшего функционирования имплантата (сетка должна двигаться с тканями).

На 60 сутки после имплантации наблюдалась практически полная физиологическая интеграция нанопокрытых имплантатов в окружающие ткани. Гистологическая картина свидетельствовала об отсутствии активного воспаления: вокруг нитей сетки видны зрелые коллагеновые и эластические волокна, выстроенные параллельно, образующие прочное соединение имплантата с собственной соединительной тканью организма. Толщина соединительнотканного слоя минимальна – имплантат покрыт тонкой и прочной фиброзной пленкой, практически не отличимой от нормальной рубцующейся фасции. Гигантские клетки инородного тела отсутствуют, что, возможно, означало прекращение реакции организма «отторгать» или деградировать имплантат.

Морфометрический анализ показал, что доля фиброзной ткани в опытной группе составила 18±4% на 30-е сутки и лишь 22±5% на 60-е сутки, что существенно ниже, чем в контроле, и отражает более благоприятную интеграцию имплантата.

Сравнивая гистофизиологические итоги, можно сделать вывод, что нанопокрытия на основе оксидов алюминия, титана и ванадия радикально улучшили физиологическую совместимость полипропиленовых грыжевых сеток. В контроле развивалась классическая картина развития реакции организма на «чужеродное тело» с формированием грубой фиброзной капсулы и признаками хронического воспаления, в опытной группе наблюдалось отсутствие воспалительной реакции и формирование тонкой организованной соединительной ткани без избыточного фиброза. Ряд исследований показал (Koch A., Bringman S., Myrelid P. et al. (2008)), что титанизированные полипропиленовые сетки (TiMesh®, pfm medical, Германия) ассоциированы с меньшей выраженностью хронической боли и ощущением инородного тела в раннем послеоперационном периоде [11].

Также Schmidt et al. (2019) отмечали, что серебряные нанопокрытия снижают склонность к формированию грубого коллагена, хотя при очень высоких дозах могут встречаться отдельные цитотоксические эффекты. В нашем случае примененное комбинированное оксидное покрытие продемонстрировало отличное сочетание физиологической совместимости и противомикробных свойств нанопокрытия.

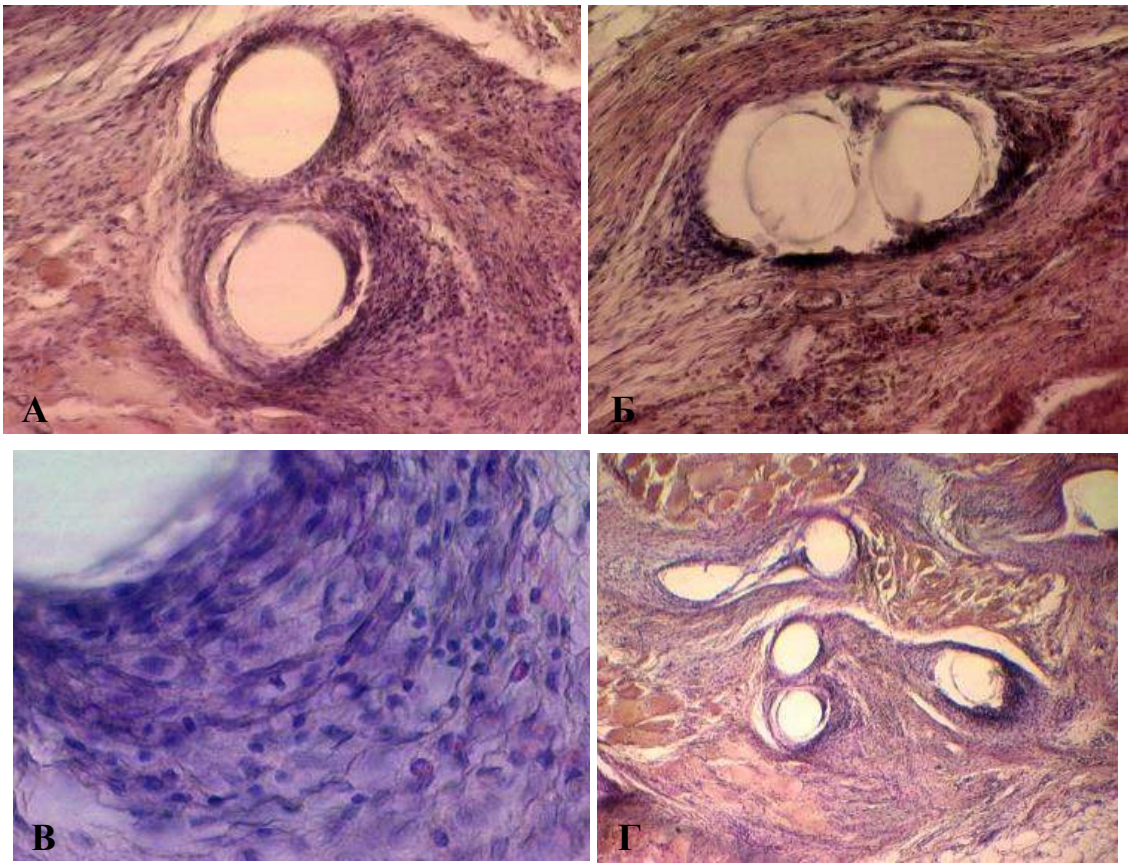


Рис. 5. Сетка, покрытая нанопленкой. Окраска гематоксилином и эозином. Микрофото: а, б, г – объектив х10; в – объектив х40

Сканирующая электронная микроскопия (SEM – scanning electron microscopy) позволила изучить поверхность сеток и взаимодействие их с тканями на ультратонком уровне. SEM-изображения эксплантатов, полученных на 30-60-е сутки, показали, что на поверхности нанопокрытых сеток клетки и внеклеточный матрикс распределены равномерно, образуя непрерывный слой, тогда как на непокрытых сетках наблюдаются шероховатости и участки неравномерного отложения коллагена. Кроме того, в контроле на поверхности полипропилена отмечены микротрещины и дефекты, свидетельствующие о частичной деградации материала, тогда как оксидное покрытие защитило волокна от подобного повреждения (поверхность гладкая, без трещин). Просвечивающая электронная микроскопия (TEM – transmission electron microscopy) тонких срезов покрытия показала, что нанопленка из оксидов металлов плотно прилегает к полипропиленовому волокну и сохраняется спустя месяцы после имплантации. Это важный факт, указывающий на стабильность покрытия *in vivo*.

В целом, совокупность полученных результатов – данные биохимического и микробиологического исследований, гистологической и электронной микроскопии – убедительно демонстрирует, что нанопокрытия (Al_2O_3, TiO_2, V_2O_5) существенно улучшают физиологическую совместимость хирургических сеток с организмом. Они уменьшают острую воспалительную реакцию, препятствуют инфекции, предотвращают хроническое раздражение и отторжение и способствуют упорядоченной регенерации тканей. Функциональная оценка показывает, что такие имплантаты лучше интегрируются и потенциально обеспечат более успешный клинический исход – более

прочное и эластичное заживление без послеоперационных осложнений. Наши выводы согласуются с мировыми тенденциями применения наноматериалов для улучшения биосовместимости имплантатов [15]. Далее планируется продолжить исследования для оценки долгосрочных эффектов нанопокрытий (более 60 суток), а также их влияния на функциональные показатели (прочность интеграции, поведение имплантата при нагрузках и др.). Уже полученные результаты позволяют рассматривать разработанные нанопокрытия как перспективный путь повышения эффективности и безопасности хирургических сеток.

Заключение. Проведенная комплексная оценка полипропиленовых хирургических сеток, модифицированных нанопокрытием из оксидов алюминия, титана и ванадия, показала, что такая поверхностная обработка существенно повышает их функциональные и антибактериальные свойства.

На всех сроках наблюдения (7, 14, 30 и 60 сутки) у животных опытной группы отмечалась более мягкая воспалительная реакция: уровни CRP и IL-6 были ниже ($p<0,05$), а лейкоцитоз почти не превышал референсные значения. Гистологически капсула вокруг покрытых сеток оставалась тонкой и организованной, без гигантских клеток инородного тела, некроза или кальцификации.

Электронная микроскопия показала, что нанопленка прочно удерживается на полипропиленовых волокнах и не деградирует в течение 60 суток, что свидетельствует о надежности модификации.

Полученные результаты указывают на высокую перспективность использования комбинированных оксидных нанопокрытий для профилактики инфекционных и снижения рубцовых осложнений при герниопластике и других операциях с использованием сетчатых эндопротезов.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания № IMYV-2024-0002. Финансовая поддержка реализации данного проекта была оказана Министерством здравоохранения Российской Федерации.

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

Financing. The work was carried out under the state task No. IMYV-2024-0002. The financial support for realization of the project was provided by the Ministry of Health of the Russian Federation.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наночастицы серебра, стабилизированные оболочкой хитозана – физико-химические свойства и особенности токсического действия *in vivo* / В.М. Василькевич, Р.В. Богданов, К.С. Гилевская [и др.] // Российские нанотехнологии. – 2023. – Т. 18. – № 1. – С. 135-144. DOI: 10.56304/S199272232301017X.

2. Graphene-based biomaterials for bone regenerative engineering: a comprehensive review of the field and considerations regarding biocompatibility and biodegradation / L. Daneshmandi, M. Barajaa, A. Tahmasbi Rad [et al.] // Advanced Healthcare Materials. – 2021. – Vol. 10. – No. 1. – P. e2001414. DOI: 10.1002/adhm.202001414.

3. Разработка и изучение антибактериальных покрытий *in situ* для обработки имплантатов / Е.О. Бахрушина, А.А. Попова, М.В. Помыткина [и др.] // Разработка и регистрация лекарственных средств. – 2023. – Т. 12. – № 3. – С. 49-57. DOI: 10.33380/2305-2066-2023-12-3-49-57.

4. Impact of titanium-coated polypropylenemesh on functional outcome and quality of life after inguinal hernia repair / Y. Xiao, X. Zuo, H. Li [et al.] // Heliyon. – 2023. – Vol. 9. – No. 7. – P. e17691.

5. Паршиков, В.В. Воспалительные осложнения протезирующей пластики брюшной стенки: диагностика, лечение и профилактика (обзор) / В.В. Паршиков // Современные технологии в медицине. – 2019. – Т. 11. – № 3. – С. 158-178.

6. Нанотехнологии в герниологии: предварительные результаты экспериментальных исследований: сборник тезисов V Всероссийского съезда герниологов «Герниология в эпоху высоких технологий», 2-3 декабря 2021 года, Москва / М.А. Хамидов, И.М. Абдулагатов, Р.М. Рагимов [и др.]. – Москва, 2021. – С. 82-84.

7. Антиадгезивное и антимикробное действие покрытия из оксида титана с кристаллической структурой анатаз в экспериментах *in vitro* для имплантируемых медицинских изделий /

В.Н. Царев, М.С. Подпорин, Т.В. Царева [и др.] // Клиническая стоматология. – 2024. – Т. 3. – С. 6-13. DOI: 10.37988/1811-153X_2024_3_6.
8. Абдуллаева, Н.М. Гистофизиология мягких тканей после биоинтеграции грыжевой сетки с покрытием, полученной при использовании нанотехнологии АСО: Оргздрав-2025: тезисы конгресса, 9-10 июня 2025 года, Москва / Н.М. Абдуллаева, Р.М. Рагимов. – Москва, 2025. – 3 с.
9. Mechanism study of intracellular zinc oxide nanocomposites formation / A. Król, V. Railean, P.P. Pomastowski [et al.] // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2018. – Vol. 553. – P. 349-358.
10. $ZrO_2/ZnO/TiO_2$ nanocomposite coatings on stainless steel for improved corrosion resistance, biocompatibility, and antimicrobial activity / M. Lee, S.I. Han, C. Kim [et al.] // ACS applied materials & interfaces. – 2022. – Vol. 14. – No. 11. – P. 13801-13811.
11. Randomized clinical trial of groin hernia repair with titanium-coated lightweight mesh compared with standard polypropylene mesh / A. Koch, S. Bringman, P. Myrelid [et al.] // Journal of British Surgery. – 2008. – Vol. 95. – No. 10. – P. 1226-1231. DOI: 10.1002/bjs.632.
12. Silver nanoparticles: bactericidal and mechanistic approach against drug resistant pathogens / P.R. More, S. Pandit, A. de Filippis [et al.] // Microorganisms. – 2023. – Vol. 11. – No. 2. – P. 369. DOI: 10.3390/microorganisms11020369.
13. Antibacterial action and target mechanisms of zinc oxide nanoparticles against bacterial pathogens / C.R. Mendes, G. Dilarri, C.F. Forsan [et al.] // Scientific Reports. – 2022. – Vol. 12. – No. 1. – P. 2658. DOI: 10.1038/s41598-022-06657-y.
14. Photocatalytic disinfection using titanium dioxide: spectrum and mechanism of antimicrobial activity / H.A. Foster, I.B. Ditta, S. Varghese, A. Steele // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2011. – Vol. 90. – No. 6. – P. 1847-1868. DOI: 10.1007/s00253-011-3213-7.
15. Moreno-Egea, A. Randomized clinical trial of laparoscopic hernia repair comparing titanium-coated lightweight mesh and medium-weight composite mesh / A. Moreno-Egea, A. Carrillo-Alcaraz, V. Soria-Aledo // Surgical Endoscopy. – 2013. – Vol. 27. – No. 1. – P. 231-239.

REFERENCES

1. Vasil'kevich V.M., Bogdanov R.V., Gilevskaya K.S. et al. Silver nanoparticles stabilized by a chitosan shell: physicochemical properties and features of toxic effects *in vivo*. *Russian Nanotechnologies*, 2023, vol. 18, no. 1, pp. 135-144. DOI: 10.56304/S199272232301017X. (in Russ.)
2. Daneshmandi L., Barajaa M., Tahmasbi Rad A., Sydlik S.A., Laurencin C.T. Graphene-based biomaterials for bone regenerative engineering: a comprehensive review of the field and considerations regarding biocompatibility and biodegradation. *Advanced Healthcare Materials*, 2021, vol. 10, no. 1, p. e2001414. DOI: 10.1002/adhm.202001414.
3. Bakhrushina E.O., Popova A.A., Pomytkina M.V. et al. Development and study of *in situ* antibacterial coatings for implant treatment. *Drug Development & Registration*, 2023, vol. 12, no. 3, pp. 49-57. DOI: 10.33380/2305-2066-2023-12-3-49-57. (in Russ.)
4. Xiao Y., Zuo X., Li H., Zhao Y., Wang X. Impact of titanium-coated polypropylene mesh on functional outcome and quality of life after inguinal hernia repair. *Heliyon*. 2023, vol. 9, no. 7, p. e17691.
5. Parshikov V.V. Inflammatory complications of the abdominal wall prosthetic repair: diagnostics, treatment, and prevention (review). *Sovremennye tehnologii v medicine*, 2019, vol. 11, no. 3, pp. 158-178. (in Russ.)
6. Khamidov M.A., Abdulagatov I.M., Ragimov R.M. et al. Nanotechnologies in herniology: preliminary results of experimental studies. *Proceedings of the V All-Russian Congress of Herniologists*, 2021, pp. 82-84. (in Russ.)
7. Tsarev V.N., Podporin M.S., Tsareva T.V. et al. Antiadhesive and antimicrobial effect of titanium oxide coating with anatase structure in *in vitro* experiments for medical implants. *Clinical Dentistry*, 2024, vol. 27, no. 3, pp. 6-13. DOI: 10.37988/1811-153X_2024_3_6. (in Russ.)
8. Abdullaeva N.M., Ragimov R.M. Histophysiology of soft tissues after biointegration of hernia mesh with coating obtained using ASO nanotechnology. *Orgzdrav-2025: Abstracts of the Congress*, Moscow, May 14, 2025. Moscow, 2025, 3 p. (in Russ.)
9. Król A., Railean V., Pomastowski P.P., Zloch M., Buszewski R. Mechanism study of intracellular zinc oxide nanocomposites formation. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2018, vol. 553, pp. 349-358.
10. Lee M., Han S.I., Kim C. et al. ZrO2/ZnO/TiO2 nanocomposite coatings on stainless steel for improved corrosion resistance, biocompatibility, and antimicrobial activity. *ACS applied materials & interfaces*, 2022, vol. 14, no. 11, pp. 13801-13811.
11. Koch A., Bringman S., Myrelid P., Smeds S., Kald A. Randomized clinical trial of groin hernia repair with titanium-coated lightweight mesh compared with standard polypropylene mesh. *Journal of British Surgery*, 2008, vol. 95, no. 10, pp. 1226-1231. DOI: 10.1002/bjs.632.
12. More P.R., Pandit S., de Filippis A. et al. Silver nanoparticles: bactericidal and mechanistic

approach against drug resistant pathogens. *Microorganisms*, 2023, vol. 11, no. 2, p. 369. DOI: 10.3390/microorganisms11020369.
13. Mendes C.R., Dilarri G., Forsan C.F. et al. Antibacterial action and target mechanisms of zinc oxide nanoparticles against bacterial pathogens. *Scientific Reports*, 2022, vol. 12, p. 2658. DOI: 10.1038/s41598-022-06657-y.
14. Foster H.A., Ditta I.B., Varghese S., Steele A. Photocatalytic disinfection using titanium dioxide: spectrum and mechanism of antimicrobial activity. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2011, vol. 90, no. 6, pp. 1847-1868. DOI: 10.1007/s00253-011-3213-7.
15. Moreno-Egea A., Carrillo-Alcaraz A., Soria-Aledo V. Randomized clinical trial of laparoscopic hernia repair comparing titanium-coated lightweight mesh and medium-weight composite mesh. *Surgical Endoscopy*, 2013, vol. 27, no. 1, pp. 231-239.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Наида Муртазалиевна Абдуллаева – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры нормальной физиологии, ведущий научный сотрудник лаборатории фундаментальной наномедицины НОЦ Дагестанского государственного медицинского университета, Махачкала, ORCID: 0000-0002-9616-9606.
Разин Мирзекеримович Рагимов – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой нормальной физиологии, главный научный сотрудник лаборатории фундаментальной наномедицины НОЦ Дагестанского государственного медицинского университета, Махачкала, ORCID: 0000-0002-5442-5528.
Ильмутдин Магомедович Абдулагатов – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой физической химии, заведующий лабораторией фундаментальной наномедицины НОЦ Дагестанского государственного медицинского университета, Махачкала, ORCID: 0000-0002-6299-5280.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Naida M. Abdullaeva – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Leading Researcher of the Laboratory of Fundamental Nanomedicine, Scientific and Educational Center, Dagestan State Medical University, Associate Professor, Department of Normal Physiology, Makhachkala, ORCID: 0000-0002-9616-9606.
Razin M. Ragimov – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Normal Physiology, Chief Researcher of the Laboratory of Fundamental Nanomedicine, Scientific and Educational Center, Dagestan State Medical University, Makhachkala, ORCID: 0000-0002-5442-5528.
Ilmutdin M. Abdulagatov – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of Physical Chemistry, Head of the Laboratory of Fundamental Nanomedicine, Scientific and Educational Center, Dagestan State Medical University, Makhachkala, ORCID: 0000-0002-6299-5280.

Для цитирования: Абдуллаева, Н.М. Физиологическая совместимость и антибактериальные свойства хирургических сеток, модифицированных наноструктурированными покрытиями / Н.М. Абдуллаева, Р.М. Рагимов, И.М. Абдулагатов // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_1

For citation: Abdullaeva N.M., Ragimov R.M., Abdulagatov I.M. Physiological compatibility and antibacterial properties of surgical meshes modified with nanostructured coatings. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_1

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_2
УДК 612.064; 612.084; 612.15

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_2
UDC 612.064; 612.084; 612.15

ВЛИЯНИЕ ХРОНИЧЕСКОГО ПРЕДАТОРНОГО СТРЕССА НА МИКРОЦИРКУЛЯЦИЮ ЖЕЛУДКА И КИШЕЧНИКА ЛАБОРАТОРНЫХ КРЫС

И.В. Андреева[1], А.А. Виноградов[2], Л.О. Воронкова[2]
[1]Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Московской области «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», г. Москва, Россия
[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Рязань, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Одним из актуальных вопросов современной физиологии является изучение механизмов влияния стресса на пищеварительный тракт. Цель исследования – изучить базовые показатели микроциркуляции в стенках желудка, тонкой и толстой кишок при моделировании хронического стресса. ***Методы.*** Исследование проведено на 70 крысах-самцах линии Wistar массой 210-350 г. Хронический предаторный стресс моделировали по модифицированной методике В.Э. Цейликман и соавт. (2021). Исследование микроциркуляции желудка, тонкой и толстой кишок выполняли с помощью лазерного допплеровского флоуметра ЛАКК-02 (Россия) со стороны серозной оболочки. ***Результаты.*** У животных экспериментальной группы базовый показатель микроциркуляции MI в желудке уменьшился на 33,87%, в тонкой кишке – на 25,43%, в толстой кишке – на 24,51% ($p<0,001$). Показатель микроциркуляции Flax в желудке уменьшился на 45,67%, в тонкой кишке – на 48,01%, в толстой кишке – на 48,98% ($p<0,001$). ***Заключение.*** Полученные результаты могут свидетельствовать о глубоких нарушениях микрогемодинамики.
Ключевые слова: желудок, тонкая кишка, толстая кишка, микроциркуляция, лазерная допплеровская флоуметрия, предаторный стресс, крысы-самцы Wistar.

THE EFFECT OF CHRONIC PREDATOR STRESS ON THE STOMACH AND INTESTINAL MICROCIRCULATION OF LABORATORY RATS

I.V. Andreeva[1], A.A. Vinogradov[2], L.O. Voronkova[2]
[1]Moscow Regional Research and Clinical Institute (“MONIKI”), Moscow, Russia
[2]Ryazan State Medical University, Ryazan, Russia

Abstract. ***Introduction.*** One of the topical issues of modern physiology is the study of the mechanisms of stress’s effect on the digestive tract. The aim of the study was to examine the basic parameters of microcirculation in the wall of the stomach, small and large intestines when modeling chronic stress. ***Methods.*** The study was conducted on 70 male Wistar rats weighing 210-350 g. Chronic predator stress was modeled using a modified technique developed by V.E. Tseilikman et al. (2021). Microcirculation of the stomach, small and large intestines was studied using a LACK-02 laser Doppler flowmeter (Russia) from the side of the serous membrane. ***Results.*** In experimental animals the basic microcirculation index MI in the stomach decreased by 33.87%, in the small intestine – by 25.43%, in the large intestine – by 24.51% ($p<0.001$). The microcirculation index Flax in the stomach decreased by 45.67%, in the small intestine – by 48.01%, in the large intestine – by 48.98% ($p<0.001$). ***Conclusion.*** The results may indicate profound disorders in microhemodynamics.
Keywords: stomach, small intestine, large intestine, microcirculation, laser Doppler flowmetry, predator stress, male Wistar rats.

Введение. Теория стресса Ганса Селье привела к огромному количеству исследований. Однако несмотря на многолетнюю историю изучения проблемы стресса некоторые вопросы изменений, происходящих в различных системах организма, требуют более глубокого исследования. В частности, это касается воздействия стрессовых факторов на микроциркуляцию различных отделов пищеварительного тракта.

В настоящее время принято считать, что изменения в системе микроциркуляции являются основой всех патологических

процессов и появляются до развития клинических и лабораторных проявлений [1]. В экспериментальных исследованиях на животных было установлено, что однократное воздействие различных стрессоров вызывает типовые изменения микроциркуляторного русла [2]. Внутри микрососудов наблюдали явления стаза, агрегации эритроцитов и плазматизации капилляров. Наряду с этим происходило повышение проницаемости стенки микрососудов за счет увеличения количества тучных клеток и их дегрануляции с выделением вазоактивных веществ. Возрастало число артериоловенулярных анастомозов [3, 4]. Эти явления выявляют методами прямого прижизненного изучения микроциркуляции. К ним относят капилляроскопию ногтевого ложа, биомикроскопию бульбарной конъюнктивы, поляризационно-спектральную биомикроскопию [5].

Среди неинвазивных непрямых методов исследования микроциркуляции кожи и слизистых оболочек важную роль выполняет лазерная допплеровская флоуметрия (ЛДФ) [6, 7]. Метод основан на зондировании ткани лазерным излучением, анализе отраженного света и допплеровского сдвига частот. Параметр микроциркуляции, регистрируемый в перфузионных единицах, пропорционален количеству и скорости движущихся элементов крови, преимущественно эритроцитов [8].

Согласно теории Селье, стресс вызывает изъязвление слизистой оболочки желудка. В эксперименте на крысах по моделированию различных видов острого и хронического стресса и их комбинаций было показано, что любые виды стрессорного воздействия вызывают ульцерогенные повреждения, т.е. язвообразование является неспецифическим признаком развития стресс-реакции, в то же время выраженность ульцерогенеза может являться маркером интенсивности стресса. Наиболее выраженный ульцерогенный эффект оказывает сочетание хронического и острого стрессов [9]. Экспериментальные исследования показали, что кровоток в слизистой оболочке желудка является важным фактором защиты слизистой оболочки от острого изъязвления. Частота острых поражений слизистой оболочки желудка после индукции ожогового стресса имела высокую корреляционную связь со снижением кровотока в слизистой оболочке. Открытие артериовенозных шунтов и повышенная проницаемость капилляров, регулируемые биогенными аминами и вегетативными нервами, сопровождались ишемией и гиперемией слизистой оболочки желудка [10].

В экспериментах на крысах было установлено, что как острое, так и хроническое воздействие стрессоров может приводить к патологии тонкой и толстой кишок, включая изменение секреции ионов и повышенную проницаемость эпителия (как по межклеточным, так и по паракле-точным путям). Длительное воздействие стресса может индуцировать воспаление низкой степени выраженности, вызывать ультраструктурные аномалии эпителия и изменять взаимодействие бактерий с хозяином, способствуя большей транслокации микроорганизмов [11]. Установлено выраженное снижение показателей микроциркуляции в стенке подвздошной кишки у крыс-самцов линии Wistar при моделировании хирургического стресса и боли [12]. При этом изменения микроциркуляции в стенках тонкой и особенно толстой кишок при хроническом стрессе систематически не исследованы, что затрудняет понимание патогенеза таких заболеваний как воспалительные и аутоиммунные заболевания кишечника, число которых неуклонно растет.

Механизмы поражения системы микроциркуляции сложны и многоплановы. Одним из важнейших регуляторов и оптимизаторов стрессорного ответа является система оксида азота (NO). В зависимости от характера, силы и продолжительности стрессорного воздействия может происходить повышение или понижение продукции NO в тканях [13]. В наших предыдущих исследованиях при моделировании хронического предаторного стресса выявлено снижение базовых показателей микроциркуляции на висцеральной поверхности печени крыс на 28,35%, что, вероятно, связано с вазоконстрикцией сосудов микроциркуляторного звена. В наибольшей мере отмечено уменьшение показателя Flax

на 100%, что свидетельствует об ухудшении механизмов модуляции тканевой перфузии печени [14]. При этом необходимо отметить, что вопросы интерпретации данных изменения показателей микроциркуляции с помощью ЛДФ неоднозначны.

Параметры, определяемые при ЛДФ, требуют глубокого осмысления механизмов, происходящих в системе микроциркуляции. ЛДФ-сигнал имеет постоянную (MI) и переменную (Flax) составляющие. Постоянная составляющая MI характеризует среднюю перфузию в микроциркуляторном русле за единицу времени, определяют в перфузионных единицах (перф.ед.). Переменная составляющая Flax обусловлена факторами, влияющими на постоянство потока крови в микроциркуляторном русле, т.е. связана с обстоятельствами, изменяющими величину скорости и концентрации эритроцитов. Так как показатель Flax представляет собой среднее квадратическое отклонение амплитуды колебаний кровотока от среднего арифметического значения MI, то его величина не имеет единиц измерения. Характер изменения величины Flax определяется вариациями во времени диаметра сосудов, которые контролируются активными и пассивными механизмами. К активным механизмам относят эндотелиальный, миогенный и нейрогенный факторы регуляции просвета и тонуса сосудов. Эти факторы контроля регуляции модулируют поток крови со стороны сосудистой стенки и реализуются через ее мышечный компонент. Пассивные факторы – это пульсовая волна со стороны артерий и присасывающее действие «дыхательного насоса» со стороны вен. Влияние активных и пассивных факторов на поток крови приводит к изменению скорости и концентрации потока эритроцитов. Эти изменения вызывают модуляцию перфузии и регистрируются в виде сложного колебательного процесса [6].

Таким образом, изучение особенностей влияния хронического стресса на микроциркуляцию желудка, тонкой и толстой кишок является важной задачей для понимания локальных и системных механизмов развития стресс-индуцированных реакций пищеварительного тракта и возможного участия в формировании ряда заболеваний. Данная работа является частью исследования влияния хронического стресса на гемодинамику и структуру различных органов.

Цель исследования – изучить базовые показатели микроциркуляции в стенках желудка, тонкой и толстой кишок лабораторной крысы при моделировании хронического предаторного стресса.

Методы и организация исследования. Исследование проведено на 70 крысах-самцах линии Wistar массой 210-350 г, взятых из питомника лабораторных животных филиала «Столбовая» Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Научного центра биомедицинских технологий Федерального медико-биологического агентства». Животные были разделены на контрольную и экспериментальную группы по 30 крыс в каждой, на 10 крысах предварительно отрабатывали методики исследования (стандартизация наркотизации, лапаротомии и ушивания раны, стандартизация места исследования микроциркуляции кожи, желудка, тонкой и толстой кишки, особенности постановки датчика для проведения ЛДФ). Протокол исследования был одобрен на заседании биоэтической комиссии Рязанского государственного медицинского университета (Протокол № 25 от 12.02.2021 г.).

Эксперимент по моделированию хронического предаторного стресса путем воздействия запахом мочи хищника (кошки) в течение 10 дней проводили в виварии Рязанского государственного медицинского университета по модифицированной методике В.Э. Цейликман и соавт. (2021) («Способ моделирования хронического стресса у лабораторных крыс», патент РФ № 2850718). Во время проведения эксперимента каждую крысу помещали в отдельную маркированную клетку. В каждой клетке ежедневно в течение 10 дней устанавливали емкость с мочой кошки на 1 час [15]. Учитывая относительно короткую продолжительность жизни лабораторных крыс (до 3,2 лет у самцов и 3,8 лет у самок), длительность стрессового воздействия в течение 10 дней может соответствовать продолжительности стресса у человека равной приблизительно 300 дням [16], что подтверждает наличие

хронической формы воздействия стрессора. Изменения гормонального фона крыс, подтверждающие развитие хронического стресса за этот временной период, были детально исследованы в работе В.Э. Цейликман и соавт. (2021) [15].

При содержании животных руководствовались «Принципами надлежащей лабораторной практики» (национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ № 33044-2014, введен с 01.08.2015 г.). Эвтаназию животных осуществляли передозировкой Золетила Virbac (Франция).

В условиях наркоза (Золетил Virbac (Франция) 20-40 мг/кг массы, Ксилазин НИТАфарм (Россия) 5-10 мг/кг массы внутримышечно) выполняли срединную лапаротомию. Исследование микроциркуляции желудка и кишечника крыс выполняли с помощью лазерного допплеровского флоуметра ЛАКК-02 (Россия) путем установки датчика на серозную оболочку желудка, тонкой и толстой кишок. Проводили запись кривой тканевого кровотока в красном канале лазерного излучения (длина волны – 0,63 мкм). С помощью программного обеспечения ЛАКК-02 получали базовые показатели микроциркуляции (среднее арифметическое (М) показателя микроциркуляции (МI), среднее квадратичное отклонение (σ)) до и после моделирования стресса у крыс экспериментальной группы, до и после лапаротомии у крыс контрольной группы (ложнооперированные животные).

Цифровые данные обрабатывали методами вариационной статистики с использованием методов параметрического и непараметрического анализов с помощью пакета статистических программ JASP 0.95.4.0 (Университет Амстердама), матрицу готовили в программе Microsoft Excel for MAC ver. 16.24 (ID 02984-001-000001). По критерию Шапиро-Уилка большинство показателей микроциркуляции не соответствовало закону нормального распределения. Для сравнения независимых совокупностей использовали непараметрические U-критерий Манна-Уитни и критерий Вилкоксона. Цифровые данные представлены в виде медианы и квартилей [Q1; Q3]. Критический уровень значимости статистических критериев составил $p<0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. У животных контрольной группы на протяжении 10 дней наблюдения, которые соответствовали времени эксперимента у крыс экспериментальной группы, наблюдали статистически достоверное увеличение ($p<0,001$) массы с 246 [238; 256] до 289 [278; 310] г, на 13,01% (рис. 1).

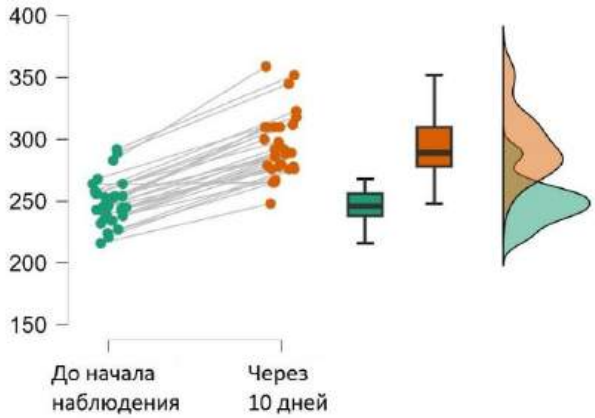


Рис. 1. Изменение массы животных контрольной группы

Показатель микроциркуляции желудка MI_{stom} до начала наблюдения составил 26,59 [19,74; 30,20] перф.ед., через 10 дней он был 25,27 [22,44; 28,61] перф.ед. ($p>0,05$) (рис. 2А). Показатель $Flax_{stom}$ до начала наблюдения составил 4,36 [2,64; 5,53], через 10 дней он был 4,49 [2,87; 6,79] ($p>0,05$) (рис. 2Б). При этом у отдельных животных наблюдали увеличение показателя, у других – уменьшение.

Показатель микроциркуляции тонкой кишки MI_{intest} до начала наблюдения составил 27,31 [25,73; 30,53] перф.ед., через 10 дней он был 28,73 [24,28; 31,89] перф.ед. ($p>0,05$) (рис. 3А). Показатель $Flax_{intest}$ до начала наблюдения составил 8,05 [7,16;

9,24], через 10 дней он был 7,81 [5,74; 8,89] (p>0,05) (рис. 3Б). При этом у отдельных животных наблюдали увеличение показателя, у других – уменьшение.

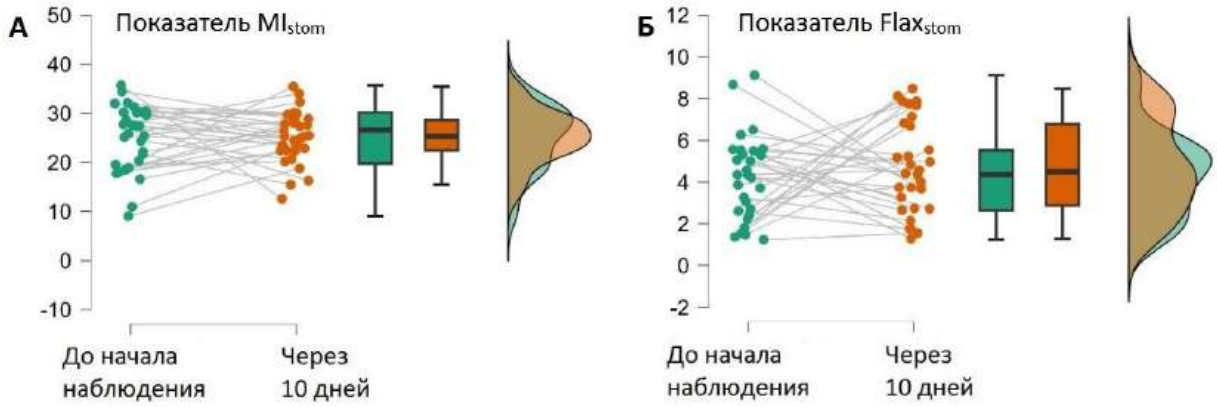


Рис. 2. Изменение постоянного (MI) и переменного (Flax) показателей микроциркуляции желудка (stom) у животных контрольной группы

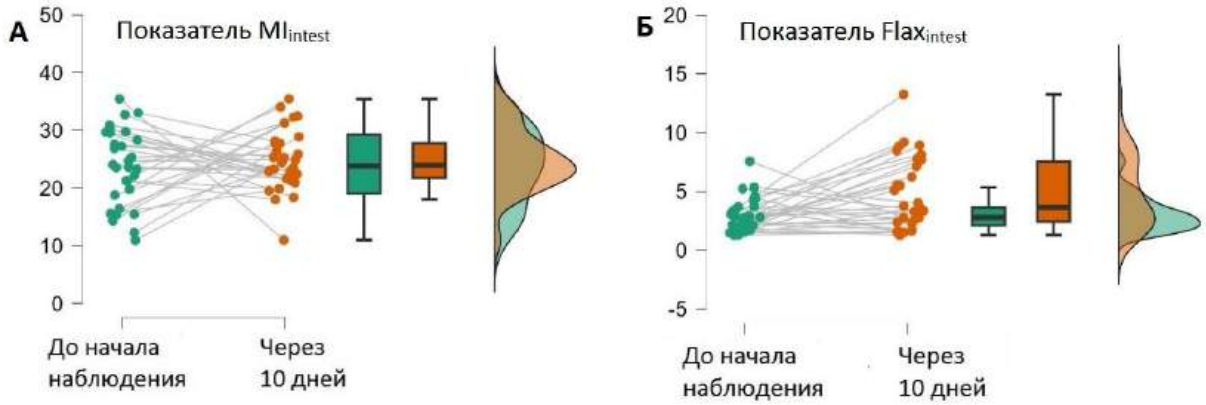


Рис. 3. Изменение постоянного (MI) и переменного (Flax) показателей микроциркуляции тонкой кишки (intest) у животных контрольной группы

Показатель микроциркуляции толстой кишки MI_{colon} до начала наблюдения составил 27,01 [22,83; 33,74] перф.ед., через 10 дней он был 26,52 [21,18; 32,11] перф.ед. (p>0,05). Показатель $Flax_{colon}$ до начала наблюдения составил 7,68 [5,69; 10,23], через 10 дней он был 8,11 [6,28; 9,32] (p>0,05). При этом у отдельных животных наблюдали увеличение показателя, у других – уменьшение.

В контрольной группе статистический анализ показал отсутствие взаимосвязи показателей микроциркуляции с проведенным 10-дневным наблюдением.

У животных экспериментальной группы за время эксперимента выявлено статистически достоверное увеличение (p<0,001) массы с 251,5 [235,8; 264,5] до 316,5 [287,8; 356,5] г, на 25,84% (рис. 4).

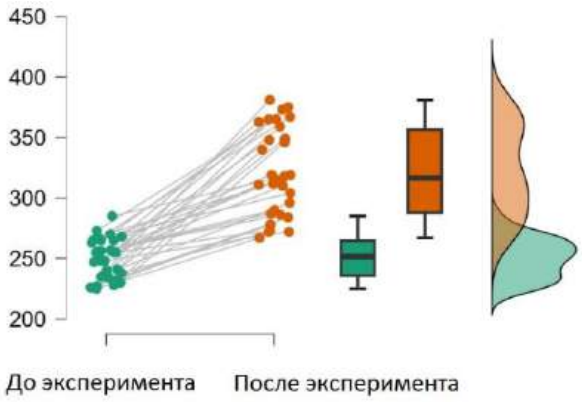


Рис. 4. Масса животных экспериментальной группы

Показатель микроциркуляции желудка MI_{stom} до начала эксперимента составил 27,59 [22,57; 30,11] перф.ед., после эксперимента он уменьшился до 21,28 [17,82; 24,67] перф.ед., что составило 33,87% ($p<0,001$) (рис. 5А). Показатель $Flax_{stom}$ до эксперимента составил 5,54 [3,57; 7,60], после эксперимента он снизился до 3,01 [2,24; 4,33], что составило 45,67% ($p<0,001$) (рис. 5Б).

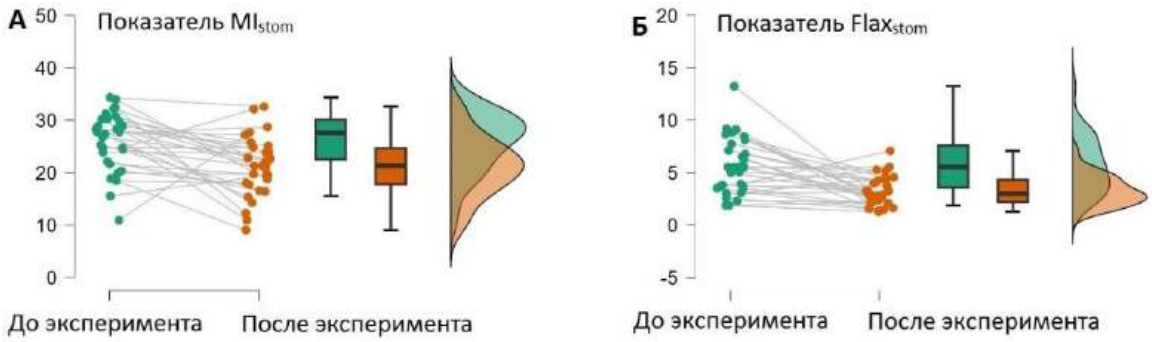


Рис. 5. Изменение постоянного (MI) и переменного (Flax) показателей микроциркуляции желудка (stom) у животных экспериментальной группы

Показатель микроциркуляции тонкой кишки MI_{intest} до начала эксперимента составил 26,07 [22,55; 29,54] перф.ед., после эксперимента он уменьшился до 19,44 [15,64; 22,14] перф.ед., что составило 25,43% ($p<0,001$) (рис. 6А). Показатель $Flax_{intest}$ до эксперимента составил 5,54 [2,72; 8,04], после эксперимента он снизился до 2,88 [2,19; 4,13], что составило 48,01% ($p<0,001$) (рис. 6Б).

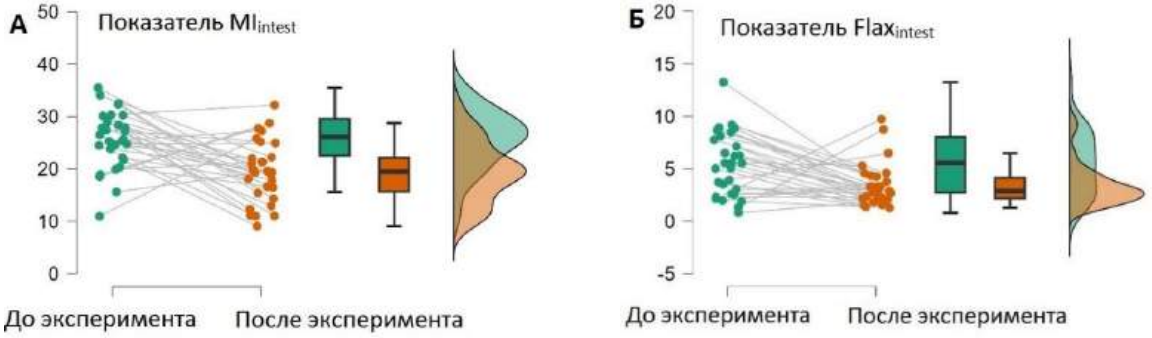


Рис. 6. Изменение постоянного (MI) и переменного (Flax) показателей микроциркуляции тонкой кишки (intest) у животных экспериментальной группы

Показатель микроциркуляции толстой кишки MI_{colon} до начала эксперимента составил 27,78 [22,31; 31,89] перф.ед., после эксперимента он уменьшился до 20,97 [16,87; 25,75] перф.ед., что составило 24,51% ($p<0,001$) (рис. 7А). Показатель $Flax_{colon}$ до эксперимента составил 5,90 [3,89; 8,39], после эксперимента он снизился до 3,01 [2,24; 4,53], что составило 48,98% ($p<0,001$) (рис. 7Б).

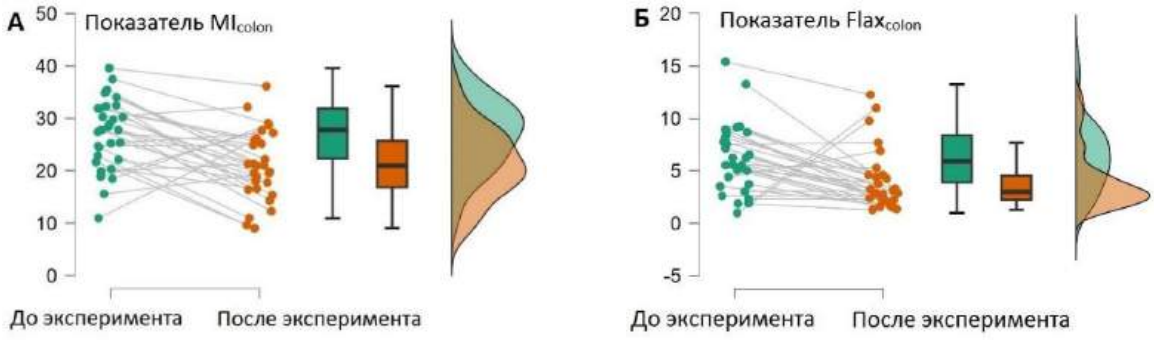


Рис. 7. Изменение постоянного (MI) и переменного (Flax) показателей микроциркуляции толстой кишки (colon) у животных экспериментальной группы

В экспериментальной группе статистический анализ показал достоверную взаимосвязь показателей микроциркуляции желудка, тонкой и толстой кишок с проведенным экспериментом.

Заключение. Микроциркуляция в норме и при патологических состояниях (включая стресс) представляет собой сложный процесс, управляемый многоуровневой системой регуляции. К ключевым механизмам относятся нейрогенный контроль (центральные сигналы через адренергические и холинергические пути), локальные факторы (метаболиты, медиаторы тучных клеток), гуморальные факторы, состояние центральной гемодинамики, реологические свойства крови, а также особенности микролимфоциркуляции и водно-электролитного баланса окружающих тканей.

Исследование микроциркуляции методом ЛДФ широко используется на лабораторных животных. Установлено возрастное снижение показателя кожной микроциркуляции у здоровых крыс независимо от пола [17]. Выявлено влияние пищевого нагрузочного теста на показатели микроциркуляции: снижение перфузии в коже и увеличение на поверхности печени во всех возрастных группах с сохранением механизмов модуляции тканевого кровотока и усилением артериоло-венулярного шунтирования [18].

В результате проведенного исследования выявлено, что при моделировании хронического предаторного стресса у лабораторных крыс происходили выраженные изменения микроциркуляции в стенке желудка, тонкой и толстой кишок. Методом ЛДФ установлено, что базовый показатель микроциркуляции MI в желудке уменьшился на 33,87% ($p<0,001$), в тонкой кишке – на 25,43% ($p<0,001$), в толстой кишке – на 24,51% ($p<0,001$). Показатель микроциркуляции Flax в желудке уменьшился на 45,67% ($p<0,001$), в тонкой кишке – на 48,01% ($p<0,001$), в толстой кишке – на 48,98% ($p<0,001$). За такой же временной период (10 дней) у животных контрольной группы изменения микроциркуляции не были подтверждены достоверными статистическими данными. Кроме того, отмечено более значительное увеличение массы тела животных экспериментальной группы по сравнению с контролем, что в соответствии с формированием выраженных патоморфологических изменений в печени свидетельствует о развитии у крыс стеатогепатита и, по-видимому, висцерального ожирения. Обнаруженные нами также воспалительные и дегенеративные изменения в стенке пищеварительного тракта характеризуют развитие структурных поражений желудка и кишечника на фоне предаторного стресса [19]. Нарушение сорбции нейтрального красного стенкой кишки свидетельствует о нарушении всасывающей способности тонкой кишки у экспериментальных крыс («Способ определения всасывающей способности тощей кишки», патент РФ № 2848242) [20].

Снижение тканевой перфузии в стенке желудка и кишки в результате воздействия хронического стресса у крыс согласуется с данными других авторов [10]. Максимальное снижение выявлено в стенке желудка, что, вероятно, чаще сопровождается развитием изъязвлений слизистой оболочки по сравнению с другими отделами пищеварительного тракта [9]. В тонкой и толстой кишках наблюдали выраженное снижение показателя MI. Но наибольшее значение, на наш взгляд, имеет снижение показателя Flax во всех исследованных отделах пищеварительного тракта. Причем в тонкой и толстой кишках снижение этого показателя было выражено больше, чем в желудке. Уменьшение показателя Flax может свидетельствовать о нарушениях механизмов контроля в системе микроциркуляции, т.е. более глубоких изменениях микрогемоциркуляции.

В перспективе дальнейших исследований целесообразно сопоставить выявленные изменения с показателями проницаемости сосудистой стенки и гистоструктуры стенки желудка, тонкой и толстой кишок.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности. Авторы выражают благодарность научному отделу и виварию ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России за активное содействие исследованию.

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

Acknowledgements. The authors express their gratitude to the Scientific department and vivarium of the Ryazan State Medical University for actively contributing to the study.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экспериментальная оценка показателей капиллярного кровотока, гемореологии и гемостаза на модели острого респираторного дистресс-синдрома у крыс / В.А. Пугач, С.Г. Чефу, М.А. Тюнин [и др.] // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2023. – Т. 22. – № 3. – С. 86-95. DOI: 10.24884/1682-6655-2023-22-3-86-95.
2. Ардасенов, А.В. Влияние нембутала на микроциркуляцию в лимфатических микрососудах брыжейки тонкой кишки крысы и изменение его наркотических свойств при взаимодействии с опиоидным лимфостимулятором / А.В. Ардасенов, В.К. Хугаева // Материалы XII международной научно-практической конференции «Микроциркуляция и гемореология». – Ярославль, 2019 – 14 с.
3. Влияние социально-изоляционного стресса на возрастные изменения функциональной активности и экспрессии рецепторов эндогенных вазоконстрикторов в аорте крысы / Л.М. Кожевникова, И.Ф. Суханова, И.Б. Цорин [и др.] // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2020. – Т. 170. – № 10. – С. 409-414. DOI: 10.47056/0365-9615-2020-170-10-409-414.
4. Микроциркуляция легких при остром отеке легких / Д.В. Султанов, В.К. Хугаева, А.В. Ардасенов [и др.] // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2019. – Т. 18. – № 1. – С. 96-103. DOI: 10.24884/1682-6655-2019-18-1-96-103.
5. Ковалева, М.А. Обзор прямых методов изучения микроциркуляции и оценки полученных данных / М.А. Ковалева, К.В. Жмеренецкий // Журнал медико-биологических исследований. – 2020. – Т. 8. – № 1. – С. 79-88. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2020.8.1.79.
6. Лазерная допплеровская флоуметрия микроциркуляции крови: руководство для врачей / Под ред. А.И. Крупаткина, В.В. Сидорова. – М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2005. – 256 с.
7. Комбинированная оценка жизнеспособности кишки методами лазерной допплеровской флоуметрии и лазерной флуоресцентной спектроскопии / А.А. Захаренко, М.А. Беляев, А.А. Трушин [и др.] // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2021. – Т. 20. – № 2. – С. 70-76. DOI: 10.24884/1682-6655-2021-20-2-70-76.
8. Рогаткин, Д.А. Физические основы современных оптических методов исследования микрогемодинамики *in vivo* / Д.А. Рогаткин // Медицинская физика. – 2017. – № 4. – С. 75-93.
9. Ульцерогенез крыс при моделировании стресса разной интенсивности / М.Ю. Раваева, Е.Н. Чуян, Е.А. Бирюкова [и др.] // Журнал «Орбиталь». – 2019. – № 1(4).
10. Gastric microcirculatory change and development of acute gastric mucosal lesions (stress ulcer) / M. Kitajima, A. Shimizu, H. Torii [et al.] // Acta Physiol Hung. – 1989. – Vol. 73. – No. 2-3. – P. 137-148.
11. Resilience or susceptibility to traumatic stress: potential influence of the microbiome / A. Tanelian, B. Nankova, M. Miari [et al.] // Neurobiol Stress. – 2022. – Vol. 19. – P. 100461.
12. Dexmedetomidine prevents alterations of intestinal microcirculation that are induced by surgical stress and pain in a novel rat model / Y.C. Yeh, W.Z. Sun, W.J. Ko [et al.] // Anesth Analg. – 2012. – Vol. 115(1). – P. 46-53. DOI: 10.1213/ANE.0b013e318253631c.
13. Беляева, Л.Е. Биохимическая оценка системы синтеза оксида азота у пренатально стрессированных крыс / Л.Е. Беляева, А.Н. Павлюкевич // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2021. – Т. 20. – № 3. – С. 61-69. DOI: 10.24884/1682-6655-2021-20-3-61-69.
14. Андреева, И.В. Влияние хронического предаторного стресса на микроциркуляцию печени крыс / И.В. Андреева, А.А. Виноградов, Р.Ю. Симаков // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2024. – Т. 23. – № 4. – С. 124-130. DOI: 10.24884/1682-6655-2024-23-4-124-130.
15. Патент RU2746901C1. МПК A61B5/16 G09B23/28 G01N33/68 G01N33/74. Способ моделирования посттравматического стрессового расстройства у лабораторных крыс: заявл. 15.06.2020; опубл. 22.04.2021 / В.Э. Цейликман, М.С. Лапшин, М.В. Комелькова [и др.].
16. Соотношение возрастов основных лабораторных животных (мышей, крыс, хомячков и собак) и человека: актуальность для проблемы возрастной радиочувствительности и анализ опубликованных данных / А.Н. Котеров, Л.Н. Ушенкова, Э.С. Зубенкова [и др.] // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2018. – Т. 63. – № 1. – С. 5-27. DOI: 10.12737/article_5a82e4a3908213.56647014.
17. Андреева, И.В. Особенности кожной микроциркуляции у крыс различного пола и возраста / И.В. Андреева, В.Д. Телия // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. – 2022. – Т. 14. – № 1. – С. 217-234. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-1-217-234.

18. Показатели микроциркуляции в коже живота крыс различного пола и возраста при пищевом нагрузочном тесте / И.В. Андреева, А.А. Виноградов, В.Д. Телия, А.С. Григорьев // Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины. – 2022. – Т. 12. – № 1. – С. 15-20. DOI: 10.37279/2224-6444-2022-12-1-15-20.
19. Влияние хронического предаторного стресса на структурную организацию и гидратацию тонкой кишки лабораторной крысы / И.В. Андреева, А.А. Виноградов, Л.О. Воронкова // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2025. – Т. 24. – № 2. – С. 50-57. DOI: 10.24884/1682-6655-2025-24-2-50-57.
20. Виноградов, А.А. Влияние хронического предаторного стресса на сорбцию тонкой кишки и печени / А.А. Виноградов, И.В. Андреева, Л.О. Воронкова // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8. – № 3. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_03_5.

REFERENCES

1. Pugach V.A., Chefu S.G., Tyunin M.A. et al. Experimental evaluation of parameters of capillary blood flow, hemorheology and hemostasis on a model of acute respiratory distress syndrome in rats. *Regional blood circulation and microcirculation*, 2023, vol. 22, no. 3, pp. 86-95. DOI: 10.24884/1682-6655-2023-22-3-86-95. (in Russ.)
2. Ardasenov A.V., Khugaeva V.K. The effect of nembutal on microcirculation in the lymphatic microvessels of the mesentery of the small intestine of a rat and changes in its narcotic properties when interacting with an opioid lymphostimulator. Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference “Microcirculation and hemorheology”. Yaroslavl, 2019. p. 14. (in Russ.)
3. Kozhevnikova L.N., Sukhanova I.F., Tsorin I.N. et al. Influence of social isolation stress on age-changed functional activity and expression of receptors of endogenous vasoconstrictors in rat aortic. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 2020, vol. 170, no. 10, pp. 409-414. DOI: 10.47056/0365-9615-2020-170-10-409-414. (in Russ.)
4. Sultanov D.V., Khugaeva V.K., Ardasenov A.V. et al. Microcirculation of the lungs in acute pulmonary edema. *Regional blood circulation and microcirculation*, 2019, vol. 18, no. 1, pp. 96-103. DOI: 10.24884/1682-6655-2019-18-1-96-103. (in Russ.)
5. Kovaleva M.A., Zhmerenetsky K.V. Review of direct methods for studying microcirculation and evaluating the data obtained. *Journal of Biomedical Research*, 2020, vol. 8, no. 1, pp. 79-88. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2020.8.1.79. (in Russ.)
6. Krupatkin N.A., Sidorov V.V. Laser Doppler flowmetry of blood microcirculation. Moscow: Medicine, 2005. 256 p. (in Russ).
7. Zacharenko A.A., Belyaev M.A., Trushin A.A. et al. Combined assessment of intestinal viability using laser doppler flowmetry and laser fluorescence spectroscopy. *Regional blood circulation and microcirculation*, 2021, vol. 20, no. 2, pp. 70-76. DOI: 10.24884/1682-6655-2021-20-2-70-76. (in Russ.)
8. Rogatkin D.A. Physical foundations of modern optical methods for studying microhemodynamics *in vivo*. *Medical physics*, 2017, no. 4, pp. 75-93. (in Russ.)
9. Ravaeva M.Yu., Chuyan E.N., Birukova E.A. et al. Ulcerogenesis of rats in modeling stress of varying intensity. *Orbital*, 2019, no. 1(4). (in Russ.)
10. Kitajima M., Shimizu A., Torii H. et al. Gastric microcirculatory change and development of acute gastric mucosal lesions (stress ulcer). *Acta Physiol Hung*, 1989, vol. 73, no. 2-3, pp. 137-148.
11. Tanelian A., Nankova B., Miari M., Nahvi R.J., Sabban E.L. Resilience or susceptibility to traumatic stress: potential influence of the microbiome. *Neurobiol Stress*, 2022, vol. 19, p. 100461.
12. Yeh Y.C., Sun W.Z. et al. Dexmedetomidine prevents alterations of intestinal microcarculation that are induced by surgical stress and pain in a novel rat model. *Anesth Analg*, 2012, vol. 115, no. 1, pp. 46-53. DOI: 10.1213/ANE.0b013e318253631c.
13. Belyaeva L.E., Pauliukevich H.N. The biochemical estimation of the nitric oxide system in prenatally stressed rats. *Regional blood circulation and microcirculation*, 2021, vol. 20(3), pp. 61-69. DOI: 10.24884/1682-6655-2021-20-3-61-69. (in Russ.)
14. Andreeva I.V., Vinogradov A.A., Simakov R.Yu. Effect of chronic predatory stress on rat liver microcirculation. *Regional blood circulation and microcirculation*, 2024, vol. 23, no. 4, pp. 124-130. DOI: 10.24884/1682-6655-2024-23-4-124-130. (in Russ.)
15. Tsejlikman V.E., Lapshin M.S., Komelkova M.V. et al. A method for modeling post-traumatic stress disorder in laboratory rats. Patent for invention RU 2746901 C1, 2021. (in Russ.)
16. Koterov A.N., Ushenkova L.N. et al. The Relationship Between the Age of the Based Laboratory Animals (Mice, Rats, Hamsters and Dogs) and the Age of Human: Actuality for the Age-Ralated Radiosensitivity Problem and the Analysis of Published Data. *Medical Radiology and Radiation Safety*, 2018, vol. 63, no. 1, pp. 5-27. DOI: 10.12737/article_5a82e4a3908213.56647014. (in Russ.)
17. Andreeva I.V., Telia V.D. Peculiarities of skin microcirculation in rats of different sex and age. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2022, vol. 14, no. 1, pp. 217-234. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-1-217-234. (in Russ.)
18. Andreeva I.V., Vinogradov A.A., Telia V.D., Grigorev A.S. Indicators of microcirculation in the skin of the abdomen of rats of different genders and ages during a food load test. *Crimean journal of*

experimental and clinical medicine, 2022, vol. 12, no. 1, pp. 15-20. DOI: 10.37279/2224-6444-2022-12-1-15-20. (in Russ.)
19. Andreeva I.V., Vinogradov A.A., Voronkova L.O. Effect of Chronic Predatory Stress on the Structural Organization and Hydration of the Small Intestine of Laboratory Rats. *Regional blood circulation and microcirculation*, 2025, vol. 24, no. 2, pp. 50-57. DOI: 10.24884/1682-6655-2025-24-2-50-57. (in Russ.)
20. Vinogradov A.A., Andreeva I.V., Voronkova L.O. The influence of chronic predator stress on the sorption of the small intestine and liver. *Modern Issues of Biomedicine*, 2024, vol. 8, no. 3. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_03_5. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Ирина Владимировна Андреева – доктор медицинских наук, профессор кафедры клинической ультразвуковой и функциональной диагностики, Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского, Москва, e-mail: prof.andreeva.irina.2012@yandex.ru.
Александр Анатольевич Виноградов – доктор медицинских наук, профессор кафедры анатомии, Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова, Рязань, e-mail: alexanvin@yandex.ru.
Лилия Олеговна Воронкова – соискатель кафедры нормальной физиологии, Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова; врач-диетолог-нутрициолог, Рязань, e-mail: doc.liliiav@gmail.com.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Irina V. Andreeva – Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of Clinical Ultrasound and Functional Diagnostics, Moscow Regional Research and Clinical Institute (“MONIKI”), Moscow, e-mail: prof.andreeva.irina.2012@yandex.ru.
Aleksandr A. Vinogradov – Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of Anatomy, Ryazan State Medical University, Ryazan, e-mail: alexanvin@yandex.ru.
Liliya O. Voronkova – postgraduate student of the Department of Normal Physiology with the course of Psychophysiology, Ryazan State Medical University, Ryazan, e-mail: doc.liliiav@gmail.com.

Для цитирования: Андреева, И.В. Влияние хронического предаторного стресса на микроциркуляцию желудка и кишечника лабораторных крыс / И.В. Андреева, А.А. Виноградов, Л.О. Воронкова // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_2

For citation: Andreeva I.V., Vinogradov A.A., Voronkova L.O. The effect of chronic predator stress on the stomach and intestinal microcirculation of laboratory rats. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_2

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_3
УДК 612.821.6: 615.214.32

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_3
UDC 612.821.6: 615.214.32

НЕЙРОМОДУЛИРУЮЩИЕ ЭФФЕКТЫ КРЕАТИНА НА ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ КРЫС С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МОДЕЛЬЮ ДЕПРЕССИИ

В.И. Беляков[1,2], М.С. Шачнева[1], А.М. Тчанг[2]
[1]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», г. Самара, Россия
[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Самара, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Среди биологически активных веществ, способных в составе комплексной терапии купировать симптомы депрессии, внимание привлекает креатин – ключевой участник системы энергообеспечения, обладающий нейромодулирующим потенциалом. ***Методы.*** На 18 половозрелых крысах-самцах линии Wistar изучено влияние креатина моногидрата (13,5 мг/кг/день, per os, в течение 14 суток) на поведение в экспериментальной модели депрессии (введение в течение 3-х суток резерпина в дозе 4 мг/кг/день, per os). Оценка поведенческих реакций проводилась в различных установках («Открытое поле», «Приподнятый крестообразный лабиринт» и «Лабиринт Барнса»). Статистический анализ осуществлялся в программе SigmaStat 12.5. ***Результаты.*** Введение резерпина вызывало достоверное развитие депрессивно-подобного состояния. Максимальные благоприятные нейромодулируюшие эффекты креатина проявились через 14 суток после начала его введения: на 67% ($p<0,05$) повысились вертикальная двигательная активность в открытом поле, на 112% ($p<0,05$) увеличилось время пребывания в открытых рукавах приподнятого крестообразного лабиринта. В «Лабиринте Барнса» креатин сокращал время поиска истинного убежища на 35% ($p<0,05$). ***Заключение.*** Полученные данные свидетельствуют о многофакторном нейромодулирующем действии креатина, способного ослаблять ключевые проявления депрессивно-подобного состояния в выбранной экспериментальной модели, что обосновывает перспективность его дальнейшего изучения.
Ключевые слова: креатин, депрессия, резерпин, нейромодуляция, открытое поле, приподнятый крестообразный лабиринт, лабиринт Барнса, крысы.

NEUROMODULATORY EFFECTS OF CREATINE ON BEHAVIORAL RESPONSES IN RATS WITH AN EXPERIMENTAL MODEL OF DEPRESSION

V.I. Belyakov[1,2], M.S. Shachneva[1], A.M. Tchang[2]
[1]Samara National Research University, Samara, Russia
[2]Samara State Medical University, Samara, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Among biologically active substances capable of alleviating depression symptoms as part of complex therapy, creatine attracts attention as a key participant in the energy supply system with neuromodulatory potential. ***Methods.*** The effect of creatine monohydrate (13/5 mg/kg/day, per os, for 14 days) on behavior was studied in 18 adult male Wistar rats with an experimental model of depression (administration of reserpine at a dose of 4 mg/kg/day, per os, for 3 days). Behavioral responses were assessed in various setups (open field, elevated plus maze, Barnes maze). Statistical analysis was performed using SigmaStat 12.5 software. ***Results.*** Reserpine administration caused a significant development of depression-like state. The maximum favorable neuromodulatory effects of creatine were observed 14 days after the start of its administration: vertical locomotor activity in the open field increased by 67% ($p<0,05$), and the time spent in the open arms of the elevated plus maze increased by 112% ($p<0,05$). In the Barnes maze, creatine reduced the time to find the true shelter by 35% ($p<0,05$). ***Conclusion.*** The obtained data indicate a multifactorial neuromodulatory effect of creatine, capable of mitigating key manifestations of depression-like state in the chosen experimental model, which justifies the prospects for its further study.
Keywords: creatine, depression, reserpine, neuromodulation, open field, elevated plus maze, Barnes maze, rats.

Введение. Депрессивные расстройства представляют собой глобальную медико-социальную проблему, приводящую к утрате трудоспособности и снижению качества жизни [1]. Несмотря на наличие широкого арсенала психофармакологических средств терапия депрессии сталкивается с серьезными вызовами, такими как отсроченное начало терапевтического действия, формирование резистентности и побочные эффекты, связанные с длительным приемом препаратов [2, 3]. Это обусловливает непрекращающийся поиск новых мишеней и соединений для лечения аффективных расстройств.

Одним из перспективных направлений является воздействие на фундаментальные клеточные процессы, лежащие в основе патофизиологии депрессии, в частности на нарушения энергетического метаболизма мозга [4]. Высокие энергетические потребности нейронов делают их чрезвычайно уязвимыми к дисбалансу в системе синтеза и утилизации аденозинтрифосфата (АТФ) [5]. Креатин (α-метил-гуанидиноуксусная кислота) занимает центральное место в системе креатинфосфокиназы, выполняя критически важную роль буфера и переносчика макроэргических фосфатов, что обеспечивает быстрый ресинтез АТФ в условиях высокой функциональной нагрузки [6]. Помимо своей основной энерготропной функции креатин обладает нейропротективными свойствами, включая модуляцию нейротрансмиссии и синаптической пластичности [7, 8].

Экспериментальные и клинические данные последних лет указывают на потенциальную терапевтическую роль креатина при депрессии [9, 10]. Предполагается, что его эффекты могут быть особенно выражены в условиях энергетического дефицита, возникающего, в том числе, вследствие нейрохимического дисбаланса. Классическая резерпиновая модель депрессии, основанная на истощении запасов моноаминов, позволяет не только изучать поведенческие корреляты депрессивного состояния, но и оценивать влияние соединений, направленных на коррекцию вторичных метаболических нарушений [11].

Цель настоящего исследования – комплексное изучение нейромодулирующего действия креатина на различные компоненты поведения (двигательную активность, тревожность, когнитивные функции) в рамках резерпин-индуцированной модели депрессии у крыс.

Методы и организация исследования. Эксперимент проведен в соответствии с принципами Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для научных экспериментов (Страсбург, 1986), и одобрен комиссией по биоэтике Самарского университета.

В исследовании использовали 18 половозрелых крыс-самцов линии Wistar массой 200-250 г. Животные содержались в стандартных условиях вивария (температура – 22±2 °С, 12-часовой световой цикл) со свободным доступом к воде и стандартному лабораторному корму. После 7-дневной адаптации крысы были рандомизированы на 3 группы:

- контрольная группа (К; n=6): получала перорально эквивалентный объем стерильной воды на всех этапах эксперимента;
- экспериментальная группа А (ЭА; n=6) представляла собой экспериментальную модель депрессии, индуцированной пероральным введением резерпина (Sigma-Aldrich, США) в дозе 4 мг/кг/день в течение 3 суток. В последующие 14 суток животные получали стерильную воду;
- экспериментальная группа Б (ЭБ; n=6): после аналогичного 3-дневного курса резерпина животные в течение 14 суток получали раствор креатина моногидрата (AlzChem Trostberg GmbH, Германия) в дозе 13,5 мг/кг/день.

Поведенческое тестирование проводили в светлую фазу суток в следующей последовательности: исходный уровень (до введения препаратов), оценка эффектов резерпина (через 24 часа после последней инъекции), оценка эффектов креатина (через 5 и 14 суток от начала его приема).

Анализ поведения крыс проводился в различных установках (Openscience, Россия). В установке «Открытое поле» за 5 минут оценивали: горизонтальную (по числу пересеченных секторов), вертикальную (по числу стоек на задних лапах) и исследовательскую (по числу заглядываний в отверстия арены поля) активности. В установке «Приподнятый крестообразный лабиринт» также за 5 минут для оценки тревожноподобного поведения регистрировали время

(с), проведенное животным в открытых (аверсивных) рукавах. Увеличение данного показателя интерпретировалось как снижение уровня тревожности. В установке «Лабиринт Барнса» для оценки пространственной памяти и способности к обучению регистрировали латентный период (с) нахождения целевого отверстия (истинного убежища). Проводили три попытки с интервалом 5 минут. Анализировали третью попытку как показатель сформированного навыка.

Статистическую обработку данных проводили с использованием программного пакета SigmaStat 12.5. Нормальность распределения проверяли с помощью критерия Шапиро-Уилка. Данные, полученные в установках «Открытое поле» и «Приподнятый крестообразный лабиринт», имели нормальное распределение и были представлены в виде среднего арифметического и стандартной ошибки среднего (M±σ). Для их анализа применяли двухфакторный дисперсионный анализ (two-way ANOVA) для повторных измерений с факторами «Группа» и «Время», с последующим post-hoc тестом Тьюки. Результаты оценки поведения в «Лабиринте Барнса» имели ненормальное распределение и были представлены в виде медианы и интерквартильного размаха [Q1; Q3]. Для межгрупповых сравнений использовали непараметрический критерий Краскела-Уоллиса с последующим post-hoc тестом Данна. Различия считали статистически значимыми при $p<0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Трехдневное введение резерпина привело к формированию выраженного депрессивно-подобного фенотипа, что подтвердило валидность выбранной экспериментальной модели (табл.).

Таблица

Влияние введения в течение 3-х суток резерпина на поведенческие реакции крыс в различных установках, M±σ, Me [Q1; Q3]

Поведенческие реакции	Группа К		Группа ЭА		Группа ЭБ	
	Исходные значения	Через 3 суток	Исходные значения	Через 3 суток	Исходные значения	Через 3 суток
ГДА, число актов	35,2±5,3	41,4±9,6	31,2±7,4	11,4±4,1***##	37,5±5,9	9,8±3,1***##
ВДА, число актов	19,2±1,1	16,8±2,5	16,2±1,4	9,4±1,8*#	15,3±1,2	10,6±2,1*#
ИА, число актов	7,0±0,8	14,3±2,4**	7,8±0,9	3,4±0,6*##	9,0±1,1	4,2±0,5*##
Время в открытых рукавах ПКЛ, с	75,0±4,1	98,6±8,9	72,0±3,1	32,5±4,8**#	70,8±3,6	28,1±5,1**#
Время поиска истинного убежища в «Лабиринте Барнса», с	89,0 [67,8; 95,0]	67,5 [56,0; 85,0]*	89,0 [68,0; 245,0]	190,0 [150,0; 260,0]*#	85,0 [76,8; 122,5]	185,0 [150,0; 220,0]*#

Примечание: К – контрольная группа; ЭА – экспериментальная группа А; ЭБ – экспериментальная группа Б; ГДА – горизонтальная двигательная активность в «Открытом поле»; ВДА – вертикальная двигательная активность в «Открытом поле»; ИА – исследовательская активность в «Открытом поле»; ПКЛ – «Приподнятый крестообразный лабиринт»; * – отличия с исходным уровнем ($p<0,05$); ** – отличия с исходным уровнем ($p<0,01$); *** – отличия с исходным уровнем ($p<0,001$); # – отличия между контрольной и опытной группой ($p<0,05$); ## – отличия между контрольной и опытной группой ($p<0,01$).

По сравнению с исходным уровнем и группой К у животных опытных групп наблюдалось достоверное снижение горизонтальной (в группе ЭА – на 63%, в группе ЭБ – на 67%; $p<0,001$) и вертикальной (в группе ЭА – на 40%, в группе ЭБ – на 42%; $p<0,05$) двигательных активностей, а также угнетение исследовательского поведения (в группе ЭА – на 56%, в группе ЭБ – на 63%; $p<0,05$) в «Открытом поле». Параллельно отмечалось значимое усиление тревожно-подобного поведения, которое проявлялось в сокращении времени пребывания в открытых рукавах «Приподнятого крестообразного лабиринта» более чем в 2 раза ($p<0,01$). В «Лабиринте Барнса» крысы из групп ЭА и ЭБ демонстрировали явное ухудшение способности запоминать местонахождение целевого объекта (истинного убежища) и при нескольких попытках его быстро находить. Если в группе К медианное значение времени нахождения

истинного убежища при третьей попытке составляло 67,5 [56; 85], в группе ЭА – 190 [150; 260], в группе ЭБ – 185 [150; 220]. Статистический анализ показал значимое ($p<0,05$) превышение времени поискового поведения в обеих опытных группах в сравнении с группой К.

Курсовое введение креатина в течение 14 суток оказало модулирующее влияние на поведение депрессивных крыс, причем эффекты варьировали в зависимости от тестируемого поведенческого показателя и временного фактора. В установке «Открытое поле» креатин увеличил представленность в поведенческом паттерне вертикальной двигательной активности. Если в группе ЭА, получавшей только резерпин, количество стоек прогрессивно снижалось к 14-м суткам (до 34% от исходного уровня, $p<0,001$), то в группе ЭБ, получавшей креатин, к этому сроку отмечалась тенденция к восстановлению данного показателя (рис. 1). Статистический анализ выявил достоверное различие между группами ЭА и ЭБ в эти сроки наблюдения ($p<0,05$): значение в группе ЭБ (9,17±0,87 актов) было на 67% выше, чем в группе ЭА (5,50±0,72 актов).

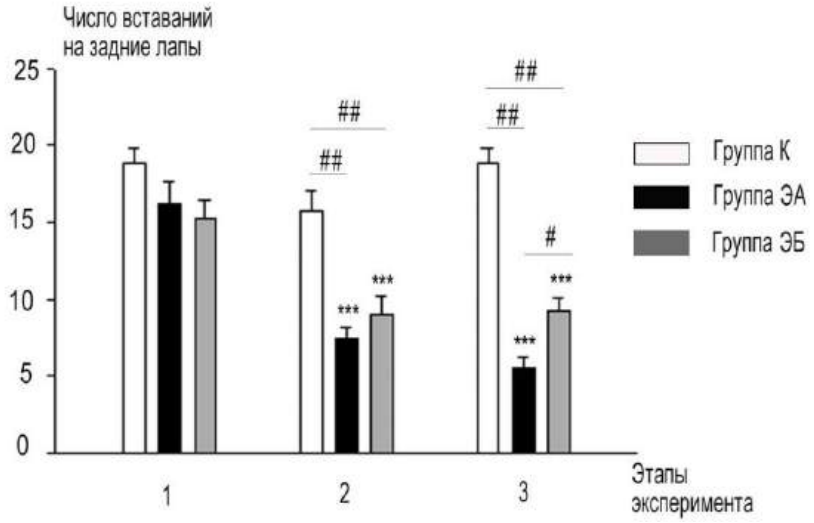


Рис. 1. Влияние креатина на вертикальную двигательную активность депрессивных крыс в «Открытом поле»

Примечание: К – контрольная группа; ЭА – экспериментальная группа А; ЭБ – экспериментальная группа Б; 1 – исходные значения; 2 – через 5 суток после введения креатина; 3 – через 14 суток после введения креатина; *** – отличия в сравнении с исходным уровнем ($p<0,001$); # – отличия между группами ($p<0,05$); ## – отличия между группами ($p<0,01$).

В ходе исследования были выявлены разнонаправленные изменения исследовательской активности (число заглядываний в отверстия арены «Открытого поля») у крыс из разных групп. Так, в группе К исследовательская активность к 5-м суткам наблюдения повышалась в среднем на 59% ($p<0,05$) с последующим незначительным снижением. К концу наблюдения данный показатель оставался выше исходного значения, демонстрируя некоторую устойчивость исследовательского поведения. В депрессивной группе ЭА зафиксировано статистически значимое снижение исследовательской активности: на 5-е сутки наблюдения на 58% ($p<0,01$), а на 14-е сутки на 64% ($p<0,01$) от исходного уровня. В группе ЭБ также наблюдалось выраженное снижение активности: на 5-е сутки значение показателя уменьшилось на 52% ($p<0,01$), а далее к 14-м суткам наблюдения отмечалась частичная компенсация (показатель исследовательской активности возрос по сравнению с 5-ми сутками, но оставался ниже исходного на 32% ($p<0,01$). Следует отметить, что между группами ЭА и ЭБ на 14-е сутки наблюдения значимой разницы в исследовательской активности не обнаружено, однако в группе ЭБ, получавшей креатин, отмечалась тенденция к восстановлению показателя до исходного уровня.

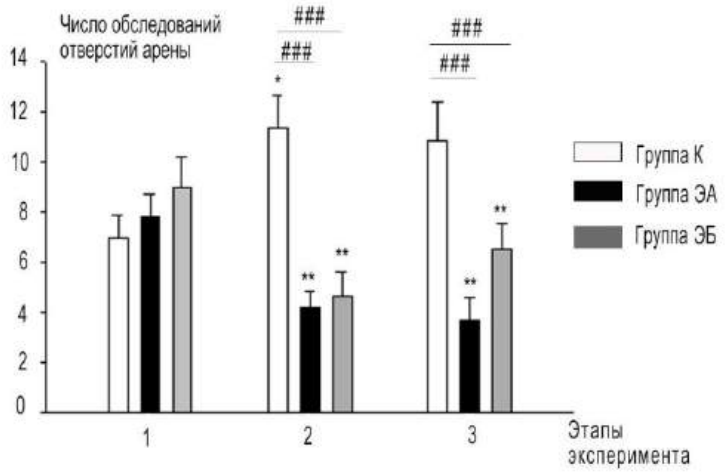


Рис. 2. Влияние креатина на исследовательскую активность депрессивных крыс в «Открытом поле»

Примечание: К – контрольная группа; ЭА – экспериментальная группа А; ЭБ – экспериментальная группа Б; 1 – исходные значения; 2 – через 5 суток после введения креатина; 3 – через 14 суток после введения креатина; * – отличия в сравнении с исходным уровнем ($p<0,05$); ** – отличия в сравнении с исходным уровнем ($p<0,01$); ### – отличия между группами ($p<0,001$).

В «Приподнятом крестообразном лабиринте» креатин продемонстрировал анксиолитический эффект (рис. 3). В группе ЭА время нахождения в открытых рукавах снижалось, достигнув к 14-м суткам минимальных значений (21,0±4,3 с). В группе ЭБ в этот срок наблюдения данный показатель соответствовал 45,0±5,9 с. Значения времени пребывания крыс группы ЭБ в открытых рукавах были достоверно выше ($p<0,05$), чем в группе ЭА на 5-е и 14-е сутки наблюдения. Таким образом, креатин значимо предотвратил прогрессирующее нарастание тревожности, характерное для животных группы ЭА. Тем не менее, в группах ЭА и ЭБ показатель тревожности был значительно выше, чем в группе К ($p<0,001$). Это обстоятельство еще раз подчеркивает валидность использованной экспериментальной модели депрессии.

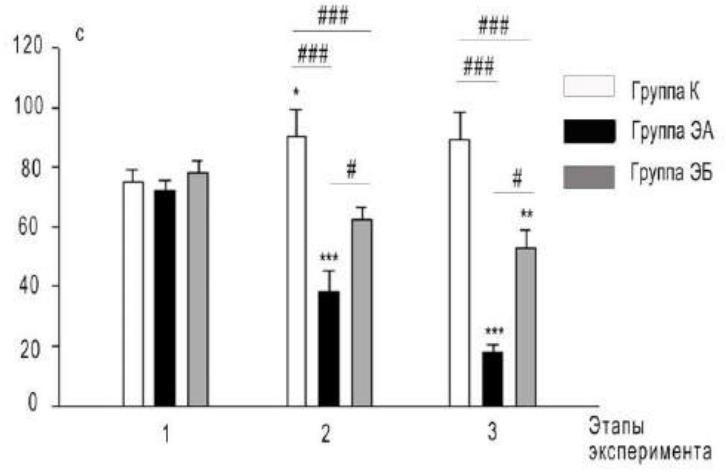


Рис. 3. Влияние креатина на время нахождения депрессивных крыс в открытых рукавах «Приподнятого крестообразного лабиринта»

Примечание: К – контрольная группа; ЭА – экспериментальная группа А; ЭБ – экспериментальная группа Б; 1 – исходные значения; 2 – через 5 суток после введения креатина; 3 – через 14 суток после введения креатина; * – отличия в сравнении с исходным уровнем ($p<0,05$); ** – отличия в сравнении с исходным уровнем ($p<0,01$); *** – отличия в сравнении с исходным уровнем ($p<0,001$); # – отличия между группами ($p<0,05$); ### – отличия между группами ($p<0,001$).

Достаточно выраженный позитивный нейромодулирующий эффект креатина проявился в «Лабиринте Барнса» при оценке третьей попытки поиска истинного убежища (рис. 4). Анализ показал статистически значимые различия между группами (p=0,0046, критерий Краскела-Уоллиса). Так, на 14-е сутки наблюдения медианное значение времени поиска истинного убежища в группе К составило 55,0 [24,3; 93,0] с. В группе ЭА, получавшей только резерпин, медианное время поиска было достоверно выше – 122,5 [86,3; 237,5] с (p<0,01), что свидетельствует о выраженном нарушении пространственной памяти и/или способности к обучению. В депрессивной группе ЭБ, дополнительно получавшей креатин, данный показатель (89,5 [45,0; 132,5] с) был на 35% ниже (p<0,05), чем в группе А, и статистически не отличался от контрольной группы (p>0,05). Это указывает на значимый протекторный эффект креатина в отношении когнитивного дефицита, индуцированного резерпином.

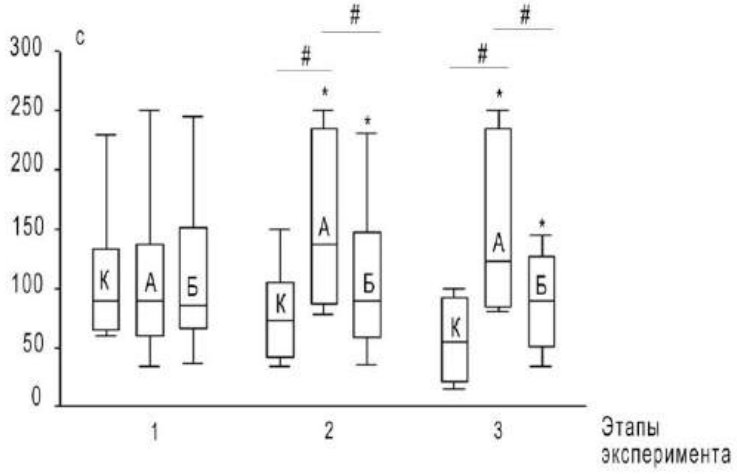


Рис. 4. Влияние креатина на время нахождения депрессивными крысами истинного убежища в «Лабиринте Барнса»

Примечание: 1 – исходные значения; 2 – через 5 суток после введения креатина; 3 – через 14 суток после введения креатина; * – отличия в сравнении с исходным уровнем (p<0,05); # – отличия между группами (p<0,05); К – контрольная группа; А – депрессивная группа, получавшая только резерпин; Б – депрессивная группа, дополнительно получавшая креатин.

Результаты настоящего исследования демонстрируют комплексное нейромодулирующее влияние креатина в условиях резерпин-индуцированной модели депрессии, затрагивающей различные компоненты поведения. Полученные данные указывают на то, что введение в течение 3-х суток резерпина приводит к формированию валидного депрессивно-подобного фенотипа, характеризующегося снижением двигательной и исследовательской активности, а также усилением тревожности. Использованная экспериментальная модель депрессии, основанная на истощении запасов нейротрансмиттеров-моноаминов (норадреналина, дофамина, серотонина), адекватна для изучения влияния энерготропных веществ, поскольку вызванный нейрохимический дефицит сопряжен со вторичными нарушениями клеточного энергетического метаболизма [5, 11].

Выявленное положительное влияние креатина на вертикальную двигательную активность согласуется с представлением о его способности улучшать энергетическое обеспечение нейрональных сетей, ответственных за мотивацию и инициацию целенаправленного поведения [6, 8]. Это соответствует данным ряда исследований, в которых креатин проявлял свойства, сходные с антидепрессантами, в поведенческих тестах по оценке состояния «отчаяния» и уровня общей активности [9, 10].

Внимания заслуживает анксиолитический эффект креатина, выявленный в «Приподнятом крестообразном лабиринте». Наблюдаемое увеличение времени пребывания в аверсивных рукавах свидетельствует о

снижении уровня тревожности. Механизм этого действия может быть связан с модуляцией креатином баланса основных – возбуждающей (глутаматергической) и тормозной (ГАМКергической) – нейротрансмиттерных систем, дисфункция которых играет ключевую роль в патогенезе тревожных расстройств [7, 8]. Способность креатина оказывать стабилизирующее влияние на нейрональную возбудимость в условиях химически индуцированного стресса подтверждается результатами других авторов [12].

Наиболее выраженный нейропротекторный эффект креатин проявил в тесте, оценивающем пространственную память и когнитивную гибкость. Улучшение показателей пространственной памяти в «Лабиринте Барнса» согласуется с растущим количеством данных о ноотропных свойствах исследуемого вещества [13, 14]. Предполагается, что оптимизация энергетического метаболизма в гиппокампе и префронтальной коре под действием креатина способствует поддержанию синаптической пластичности и процессов, лежащих в основе обучения и памяти [6, 14]. В контексте использованной в исследовании экспериментальной модели этот эффект может быть особенно важен, так как когнитивные нарушения являются частым и резистентным к «классической» терапии симптомом депрессии.

Таким образом, креатин продемонстрировал способность положительно влиять на ключевые проявления депрессивно-подобного состояния (двигательный дефицит, тревожность и когнитивные нарушения). Полученные данные хорошо встраиваются в современную биоэнергетическую гипотезу депрессии и подчеркивают перспективность дальнейшего изучения креатина и родственных соединений в качестве адъювантных средств в комплексной терапии аффективных расстройств [5, 9]. Важными направлениями будущих исследований, по нашему мнению, являются следующие: изучение дозозависимых эффектов, длительности действия, а также молекулярных механизмов влияния креатина на нейропластичность в условиях хронического стресса и моноаминергического дефицита.

Заключение. Трехдневное введение резерпина приводит к формированию валидной модели депрессивно-подобного состояния у крыс, характеризующегося значимым снижением двигательной, исследовательской активности и усилением тревожности. Пероральное введение креатина моногидрата в течение 14 суток (13,5 мг/кг/день) оказывает комплексное нейромодулирующее действие на поведенческие реакции депрессивных крыс. Креатин восстанавливает двигательную и исследовательскую активности, оказывает анксиолитический эффект, а также позитивно влияет на обучение, пространственную память и скорость поиска целевого объекта. В целом, полученные результаты свидетельствуют о многофакторном нейромодулирующем потенциале креатина и обосновывают целесообразность дальнейших доклинических и клинических исследований его роли в коррекции депрессивных расстройств.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Malhi, G.S. Depression / G.S. Malhi, J.J. Mann // Lancet. – 2018. – Vol. 392(10161). – P. 2299-2312.
2. Comparative efficacy and acceptability of 21 antidepressant drugs for the acute treatment of adults with major depressive disorder: a systematic review and network meta-analysis / A. Cipriani, T.A. Furukawa, G. Salanti [et al.] // Lancet. – 2018. – Vol. 391(10128). – P. 1357-1366.
3. Acute and longer-term outcomes in depressed outpatients requiring one or several treatment steps: a STARD report / A.J. Rush, M.H. Trivedi, S.R. Wisniewski [et al.] / Am J Psychiatry. – 2006. – Vol. 163(11). – P. 1905-1917.
4. Kato, T. Neurobiological basis of bipolar disorder: mitochondrial dysfunction hypothesis and beyond / T. Kato // Schizophr Res. – 2017. – Vol. 187. – P. 62-66.
5. Wallimann, T. The creatine kinase system and pleiotropic effects of creatine / T. Wallimann, M. Tokarska-Schlattner, U. Schlattner // Amino Acids. – 2011. – Vol. 40(5). – P. 1271-1296.
6. A mouse model of creatine transporter deficiency reveals impaired motor function and muscle

energy metabolism / M. Stockebrand, A. Sasani, D. Das [et al.] // Front Physiol. – 2018. – Vol. 9. – P. 773.
7. Chronic creatine supplementation alters depression-like behavior in rodents in a sex-dependent manner / P.J. Allen, K.E. D'Anci, R.B. Kanarek, P.F. Renshaw // Neuropsychopharmacology. – 2010. – Vol. 35(2). – P. 534-546.
8. Creatine attenuates the emotional and cognitive deficits associated with spontaneous withdrawal in mice / M.A. Souza, M.S. Oliveira, A.F. Furian [et al.] // Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry. – 2014. – Vol. 48. – P. 22-29.
9. An open-label pilot study of combined augmenttation with creatine monohydrate and 5-hydroxytryptophan for selective serotonin reuptake inhibitor-or serotonin-norepinephrine reuptake inhibitor-resistant depression in adult women / B.M. Kious, H. Sabic, Y.H. Sung [et al.] // J Clin Psychopharmacol. – 2019. – Vol. 39(5). – P. 512-515.
10. Antidepressant-like effect of creatine in mice involves dopaminergic activation / M.P. Cunha, D.G. Machado, J.C. Capra [et al.] // J Psychopharmacol. – 2012. – Vol. 26(11). – P. 1489-1501.
11. Freire Royes, L.F. The Effects of Creatine Supplementation and Physical Exercise on Traumatic Brain Injury / L.F. Freire Royes, G. Cassol // Mini Rev Med Chem. – 2016. – Vol. 16(1). – P. 29-39.
12. Dolan, E. Beyond muscle: the effects of creatine supplementation on brain creatine, cognitive processing, and traumatic brain injury / E. Dolan, B. Gualano, E.S. Rawson // Eur J Sport Sci. – 2019. – Vol. 19(1). – P. 1-14.
13. Effects of creatine supplementation on cognitive function of healthy individuals: A systematic review of randomized controlled trials / K.L. Avgerinos, N. Spyrou, K.I. Bougioukas, D. Kapogiannis // Exp Gerontol. – 2018. – Vol. 108. – P. 166-173.
14. Exocytotic release of creatine in rat brain L.S. Almeida, G.S. Salomons, F. Hogenboom [et al.] // Synapse. – 2006. – Vol. 60(2). – P. 118-123.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Владимир Иванович Беляков – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры физиологии человека и животных, Самарский университет, Самара; доцент кафедры физиологии, Самарский государственный медицинский университет, Самара, e-mail: vladbelakov@mail.ru.
Мария Сергеевна Шачнева – студентка биологического факультета, Самарский университет, Самара, e-mail: shachneva.mariya.22@mail.ru.
Аисансе Манджоло Тчанг – магистр биологии, кафедра фундаментальных дисциплин международного института, Самарский государственный медицинский университет, Самара, e-mail: constatinmand@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Vladimir I. Belyakov – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Human and Animal Physiology, Samara National Research University, Samara; Associate Professor of the Department of Physiology, Samara State Medical University, Samara, e-mail: vladbelakov@mail.ru.
Maria S. Shachneva – Student of the Faculty of Biology, Samara National Research University, Samara, e-mail: shachneva.mariya.22@mail.ru.
Aisance M. Tchang – Master of Biology of the Department of Fundamental Disciplines, International Institute, Samara State Medical University, Samara, e-mail: constatinmand@mail.ru.

Для цитирования: Беляков, В.И. Нейромодулирующие эффекты креатина на поведенческие реакции крыс с экспериментальной моделью депрессии / В.И. Беляков, М.С. Шачнева, А.М. Тчанг // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_3

For citation: Belyakov V.I., Shachneva M.S., Tchang A.M. Neuromodulatory effects of creatine on behavioral responses in rats with an experimental model of depression. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_3

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_4
УДК 616-092.19:57.043

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_4
UDC 616-092.19:57.043

ИНТЕГРАТИВНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ АДАПТАЦИИ К ИНТЕРВАЛЬНОЙ ГИПОКСИИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

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

Аннотация. ***Введение.*** Интервальная гипоксия рассматривается как контролируемый физиологический стимул, активирующий эндогенные механизмы адаптации и повышения функциональных резервов организма, однако гетерогенность протоколов и интерпретаций ограничивает сопоставимость данных и клиническую трансляцию. ***Методы.*** Проведен интегративный обзор зарубежных публикаций 2020-2025 гг., отобранных в базах PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Embase и Cochrane Library, с тематически структурированным анализом физиологических механизмов адаптации к интервальной гипоксии. ***Результаты.*** Установлено, что адаптация к интервальной гипоксии носит фазовый и дозозависимый характер и определяется взаимодействием HIF-опосредованного кислород-сенсоринга, метаболико-митохондриальной и редокс-регуляции, а также тканеспецифических репаративных процессов. Умеренные параметризованные протоколы ассоциированы с повышением функциональных резервов и регенеративного потенциала, тогда как хроническая или неконтролируемая гипоксия способствуют формированию дезадаптивных нарушений. ***Заключение.*** Интервальная гипоксия представляет собой спектр физиологических воздействий, эффекты которых зависят от режима и индивидуальной чувствительности, что обосновывает необходимость унификации терминологии и протоколов и развитие персонализированных гипоксических интервенций.
Ключевые слова: интервальная гипоксия, физиологическая адаптация, гипоксия-индуцируемые факторы, кислород-сенсоринг, митохондриальная функция, редокс-регуляция.

INTEGRATIVE ANALYSIS OF PHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF ADAPTATION TO INTERMITTENT HYPOXIA (LITERATURE REVIEW)

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

Abstract. ***Introduction.*** Intermittent hypoxia is regarded as a controlled physiological stimulus that activates endogenous adaptive mechanisms and increases functional reserves of the body. However, heterogeneity of protocols and interpretations limits data comparability and clinical translation. ***Methods.*** An integrative review of international publications from 2020-2025 was conducted using PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Embase, and the Cochrane Library, with a thematically structured analysis of physiological mechanisms of adaptation to intermittent hypoxia. ***Results.*** Adaptation to intermittent hypoxia was shown to be phase- and dose-dependent and determined by the interaction of HIF-mediated oxygen sensing, metabolic-mitochondrial and redox regulation, and tissue-specific reparative processes. Moderate, well-parameterized protocols were associated with increased functional reserves and regenerative potential, whereas chronic or uncontrolled hypoxia promoted maladaptive phenotypes. ***Conclusion.*** Intermittent hypoxia represents a spectrum of physiological exposures, the effects of which depend on the regimen and individual sensitivity, supporting the need for unification of terminology and protocols and for the development of personalized hypoxic interventions.
Keywords: intermittent hypoxia, physiological adaptation, hypoxia-inducible factors, oxygen sensing, mitochondrial function, redox regulation.

Введение. В последние годы интервальная гипоксия (ИГ) рассматривается как один из наиболее перспективных физиологических стимулов, способных вызывать системную адаптацию организма за счет активации эндогенных регуляторных механизмов [1]. Современные представления о гипоксии существенно эволюционировали: если ранее она трактовалась преимущественно как повреждающий фактор, то в

настоящее время все чаще интерпретируется как универсальный адаптационный сигнал, формирующий устойчивость к метаболическому, ишемическому и воспалительному стрессу [2, 3]. По мнению G.L. Semenza (2021), гипоксия представляет собой ключевой регулятор клеточной и системной физиологии, определяющий направленность ответов в норме и при патологии [4]. Аналогичную позицию занимают Z. Luo с соавт. (2022), подчеркивая, что гипоксический сигналинг интегрирует метаболические, иммунные и сосудистые процессы в единый адаптационный контур [5].

Центральное место в формировании гипоксической адаптации занимает система гипоксия-индуцируемых факторов (hypoxia-inducible factors – HIF). В работах C. Corrado и S. Fontana (2020) показано, что HIF-сигналинг функционирует как многоуровневая регуляторная ось, чувствительная не только к уровню кислорода, но и к изменениям энергетического обмена, редокс-баланса и воспалительной активности [6]. G.L. Semenza (2021) подчеркивает, что именно через HIF-зависимые транскрипционные программы реализуется перестройка сосудистой регуляции, метаболизма и механизмов клеточного выживания. Существенное значение имеет дифференциальная роль изоформ HIF-1α и HIF-2α, которые, по мнению M.Z. Bakleh и A. Al Haj Zen (2025), частично запускают различные физиологические сценарии адаптации [7]. M. Jaśkiewicz с соавт. (2022) показали, что при пролонгированной гипоксии происходит функциональное «переключение» от HIF-1- к HIF-2-опосредованной регуляции, что имеет принципиальное значение для формирования долговременных адаптационных фенотипов [8].

Актуальность проблемы усиливается необходимостью четкого разграничения контролируемой ИГ и хронической интермиттирующей гипоксии патологического происхождения [9]. C. Arnaud с соавт. (2023) указывают, что при сходстве кислородного профиля эти состояния могут приводить к противоположным физиологическим последствиям – от кардиопротекции и улучшения функциональных резервов до сосудистой дисфункции и системного воспаления [10]. J. Pavlacky (2020) подчеркивает, что различия в частоте, длительности и глубине гипоксических эпизодов определяют переход от адаптации к мал-адаптации [11]. В этой связи G.S. Panza с соавт. (2023) обращают внимание на отсутствие унифицированной терминологии и призывают к гармонизации понятий, используемых для описания интервальной, циклической и хронической гипоксий [12].

Существенный вклад в понимание актуальности проблемы вносят исследования, посвященные метаболическим и митохондриальным механизмам гипоксической адаптации. K. Belosludtsev с соавт. (2020) показали, что устойчивость к гипоксии во многом определяется состоянием митохондриального кальциевого гомеостаза и проницаемости мембран [13]. Y. Mao с соавт. (2024) продемонстрировали, что гипоксия индуцирует глубокую перестройку митохондриального метаболизма, включая новые посттрансляционные модификации белков, ограничивающие окислительное фосфорилирование [14]. По мнению H. Bai (2025), адаптивный эффект гипоксии во многом обусловлен взаимодействием HIF-сигналинга с NRF2-зависимыми антиоксидантными механизмами [15], тогда как C.T. Taylor и C.C. Scholz (2022) подчеркивают значение этих путей для регуляции иммунно-метаболического баланса [16].

Отдельное направление актуальности формируется за счет данных о регенеративном и реабилитационном потенциале гипоксического воздействия. C. Yang с соавт. (2025) рассматривают гипоксию как универсальный регулятор тканевой регенерации, влияющий на ангиогенез, клеточную выживаемость и межклеточную коммуникацию [17]. H. Bai с соавт. (2022) [15] и Q. Dong с соавт. (2024) [18] показывают, что HIF-опосредованные механизмы играют ключевую роль в восстановлении костной ткани, тогда как данные S.R. Ali с соавт. (2024) указывают на участие гипоксического сигналинга в регуляции пролиферации кардиомиоцитов [19]. Вместе с тем T. Eschenhagen (2023) подчеркивает, что трансляция этих механизмов в клиническую практику требует строгого контроля параметров гипоксического воздействия [20].

Совокупность современных данных свидетельствует о высокой научной и практической значимости исследования физиологических механизмов адаптации к ИГ [21]. Несмотря на значительный объем накопленных экспериментальных и клинических данных, по мнению ряда авторов, отсутствует целостное интегративное представление, объединяющее молекулярные, метаболические, системные и регенеративные эффекты гипоксии. Это определяет актуальность настоящего интегративного анализа.

Цель: систематизация, сопоставление и интерпретация современных зарубежных научных данных, посвященных физиологическим механизмам адаптации организма человека к воздействию ИГ.

Методы и организация исследования. Работа выполнена как интегративный обзор с нарративным синтезом и структурированным сопоставлением данных, направленный на выявление и интерпретацию физиологических механизмов адаптации организма человека к ИГ, включая адаптивные и потенциально маладапативные ответы в зависимости от режима и дозы гипоксического воздействия.

Поиск публикаций проводили в международных библиографических и полнотекстовых базах данных: PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science Core Collection, Embase, Cochrane Library (CENTRAL), а также в Google Scholar для выявления дополнительных релевантных публикаций и «серой» литературы (в пределах критериев включения). В обзор включали публикации, вышедшие в 2020-2025 гг. В итоговую выборку для интегративного анализа включены 63 публикации, соответствующие тематике гипоксического ответа и механизмов адаптации.

Результаты исследования и их обсуждение. *ИГ у человека: протоколы, функциональные эффекты и клинические эффекты.* Согласно представлениям J. Burtscher et al. (2024), ИГ должна рассматриваться как условный физиологический стрессор, активирующий адаптационные механизмы при строгом соблюдении параметров воздействия [22]. Авторы подчеркивают, что ключевым фактором является временная структура гипоксических эпизодов, включающая продолжительность гипоксии, глубину снижения парциального давления кислорода и длительность фаз реоксигенации.

В ряде клинических и экспериментально-клинических исследований показано, что острая ИГ способна индуцировать благоприятные функциональные изменения без признаков системного повреждения. По данным A.T. Bogard et al. (2025), кратковременные циклы гипоксии приводят к увеличению кортикоспинальной возбудимости, что коррелирует с улучшением моторного обучения и повышением метаболической эффективности [23]. Аналогичные эффекты нейропластичности описаны L. Christiansen et al. (2021) [24] и M.S. Sandhu et al. (2021) [25], которые связывают улучшение двигательных функций с гипоксически индуцированной модуляцией спинальных и надсегментарных нейрональных сетей.

Особое внимание уделяется применению ИГ в реабилитации пациентов с неврологическими нарушениями. Согласно данным T.G. Hornby et al. (2024), сочетание острой интервальной гипоксии с высокоинтенсивной тренировкой ходьбы у пациентов с хроническим инсультом сопровождается более выраженным функциональным восстановлением по сравнению с тренировкой без гипоксического компонента [26]. По мнению G.E.P. Pearcey et al. (2025), ИГ может рассматриваться как адъювантный инструмент нейрореабилитации, усиливающий пластичность центральной нервной системы при сохранении приемлемого профиля безопасности [27].

Ряд работ посвящен кардиореспираторным и гемодинамическим эффектам мягкой ИГ. Так, G.S. Panza et al. (2022) показали, что ежедневное воздействие умеренной ИГ у пациентов с артериальной гипертензией и обструктивным апноэ сна сопровождается снижением артериального давления [28]. По мнению авторов, данный эффект связан с улучшением вегетативной регуляции и сосудистой реактивности. Вместе с тем подчеркивается, что положительные эффекты реализуются только при контролируемых протоколах, принципиально отличных от патологической хронической интермиттирующей гипоксии.

Потенциал ИГ заключается не в имитации патологических гипоксических состояний, а в использовании эволюционно сформированных механизмов кратковременного кислородного дефицита для повышения функциональных резервов и ускорения восстановления.

Кардиореспираторная, сосудистая и почечная адаптация и маладаптация при интермиттирующей и хронической гипоксиях. Публикации посвящены анализу системных кардиореспираторных, сосудистых и почечных эффектов гипоксического воздействия, с особым акцентом на различие между физиологической адаптацией к дозированной гипоксии и патологической маладптацией, формирующейся при хронической интермиттирующей гипоксии. В работах этого направления гипоксия рассматривается не только как адаптационный стимул, но и как фактор риска структурного и функционального ремоделирования органов-мишеней.

Согласно данным экспериментальных и клинико-физиологических исследований C. Arnaud et al. (2023), при контролируемых гипоксических воздействиях запускаются компенсаторные механизмы, направленные на оптимизацию вентиляции, перераспределение кровотока и поддержание кислородной доставки к жизненно важным органам [29]. Эти реакции включают модуляцию хеморецепторной чувствительности, изменения автономной регуляции и сосудистой реактивности, что в совокупности обеспечивает краткосрочную адаптацию к снижению доступности кислорода [30, 31].

В то же время, по мнению J.-P. Richalet et al. (2024), A. Sydykov et al. (2021), хроническая интермиттирующая гипоксия, особенно в контексте обструктивного апноэ сна, принципиально отличается по патофизиологическим последствиям [32]. Повторяющиеся эпизоды гипоксии-реоксигенации при обструктивном апноэ сна приводят к устойчивой активации симпатической нервной системы, эндотелиальной дисфункции и формированию воспалительного фенотипа сосудистой стенки, что ассоциируется с повышением артериального давления и риском сердечно-сосудистых осложнений [33, 34].

Ряд исследований подчеркивает ключевую роль HIF-2-зависимых сосудистых программ в формировании адаптивного или патологического ответа [35]. По данным T. Albendea-Gomez et al. (2025) [36], адекватная активация сосудистого HIF-2-сигналинга предотвращает развитие кардиомегалии, альвеолярного застоя и патологического капиллярного ремоделирования при хронической гипоксии. Эти результаты указывают на существование тонкого регуляторного баланса, при котором недостаточная или избыточная активация гипоксических сигнальных путей может приводить к противоположным функциональным исходам.

Особое внимание в данном кластере уделяется сердечному ремоделированию. По данным S. Doutreleau et al. (2022) [37], длительное проживание в условиях высокогорья сопровождается структурными изменениями миокарда, которые в ряде случаев носят компенсаторный характер, однако при развитии хронической горной болезни приобретают признаки маладаптации. Аналогичные выводы представлены J. Johnson et al. (2023), показавшими, что системная гипоксемия индуцирует гипертрофию кардиомиоцитов и правожелудочковую пролиферативную активность, что может рассматриваться как промежуточное состояние между адаптацией и патологическим ремоделированием [38].

Важным аспектом является участие почек в формировании системного ответа на гипоксию. Как отмечают C. Arnaud et al. (2023), почечная дисфункция при хронической интермиттирующей гипоксии усиливает нейрогуморальную активацию и способствует поддержанию артериальной гипертензии, формируя порочный круг кардиоренальных нарушений [39].

В ряде статей подчеркивается значение воспалительных и оксидативных механизмов в переходе от адаптации к маладаптации. Согласно данным R. Lv et al. (2023), хроническая гипоксия ассоциируется с активацией провоспалительных сигнальных путей, нарушением эндотелиального NO-зависимого контроля и повышением сосудистой жесткости [40]. Эти процессы рассматриваются как ключевые медиаторы неблагоприятных сердечно-сосудистых исходов

при патологической интермиттирующей гипоксии.

Как видно, кардиореспираторная и сосудистая адаптация к гипоксии носит контекст-зависимый характер, контролируемая ИГ может выступать как физиологический стимул адаптации, тогда как хроническая неконтролируемая интермиттирующая гипоксия представляет собой фактор системной маладаптации, лежащий в основе сердечно-сосудистых и почечных осложнений.

Кислород-сенсоринг и HIF-опосредованные механизмы адаптации. В настоящее время кислород-сенсоринг рассматривается как фундаментальный механизм, определяющий системные и тканеспецифические ответы на гипоксическое воздействие [41, 42]. Центральное место в этих работах занимает ось HIF-PHD/EGLN-HRE, обеспечивающая транскрипционную перестройку метаболизма, сосудистого ремоделирования, эритропоэза, иммунных и репаративных процессов. В обзорах и концептуальных публикациях подчеркивается, что HIF-система функционирует как многокомпонентный регуляторный контур с обратными связями, чувствительный не только к уровню кислорода, но и к метаболическим и воспалительным сигналам [43, 44].

Гипоксический ответ характеризуется временной и изоформ-специфичной динамикой [45]. По мнению ряда авторов, ранний этап гипоксической адаптации чаще ассоциирован с доминированием HIF-1-зависимых программ, тогда как при более длительных или повторных экспозициях возрастает вклад HIF-2-зависимой регуляции, влияющей на сосудистые и тканевые перестройки [46, 47]. Это подтверждается данными о «переключении» HIF-1→HIF-2 при пролонгированной гипоксии, обусловленном реактивацией пролил-гидроксилаз и снижением стабильности мРНК HIF1A. В рамках данного кластера HIF-переключение интерпретируется как один из ключевых механизмов перехода от кратковременного адаптационного ответа к более устойчивой фенотипической перестройке.

Отдельное направление публикаций посвящено дифференциальной роли HIF-1α и HIF-2α в регуляции ангиогенеза и сосудистого ответа [48, 49]. По мнению авторов работ, эти изоформы обладают частично перекрывающимися, но не тождественными функциями; при этом HIF-2 может играть критическую роль в поддержании сосудистой целостности и противодействии неблагоприятному ремоделированию в условиях хронической гипоксии [50, 51]. Обсуждаются и данные о влиянии HIF-сигналинга на структурную организацию сосудистой стенки, эндотелиальные функции и капиллярную сеть, что обеспечивает системную адаптацию к сниженной кислородной доступности [52, 53].

Таким образом, HIF-сигналинг является не «линейным» путем, а выступает как перекрестный регулятор, взаимодействующий с воспалительными, иммунными и метаболическими каскадами. HIF-система участвует в регуляции клеточного цикла и репаративных процессов в тканях с высоким потреблением кислорода, включая миокард. Стабилизация HIF2A при гипоксии способствует пролиферации кардиомиоцитов за счет уменьшения ДНК-повреждения и более благоприятных условий для клеточного цикла [54]. Вместе с тем отмечается необходимость осторожной интерпретации подобных данных, поскольку стимулирование пролиферации кардиомиоцитов гипоксическими механизмами может сопровождаться рисками неблагоприятного ремоделирования и требует строгой дозо-временной параметризации гипоксического воздействия. Гипоксический сигналинг является лишь одним из модулей сложной многослойной системы восстановления, включающей метаболические и эпигенетические контуры [55].

По мнению большинства исследователей, клинически значимые эффекты интервальной гипоксии могут быть объяснены именно через транзиторную активацию HIF-зависимых программ и их последующее «затухание» при адекватной реоксигенации, тогда как хроническая неконтролируемая гипоксия способствует формированию устойчивых, иногда неблагоприятных фенотипов адаптации.

Метаболическая, митохондриальная и редокс-регуляция при гипоксической адаптации. Гипоксическая адаптация

рассматривается как процесс, в основе которого лежат перестройка энергетического обмена, регуляция митохондриальной функции и поддержание редокс-гомеостаза [56]. Гипоксический ответ тесно сопряжен с балансом активных форм кислорода (reactive oxygen species – ROS) и антиоксидантных механизмов [57]. Взаимодействие HIF-сигналинга с NRF2-зависимыми путями формирует адаптационный контур, обеспечивающий повышение устойчивости клеток к окислительному стрессу. Этот вывод поддерживается исследованиями, демонстрирующими перенос антиоксидантных белков и активацию Akt/Erk/NRF2-сигналинга как элемента клеточной защиты в условиях гипоксического воздействия [58]. Редокс-регуляция интерпретируется как один из главных механизмов, определяющих направление ответа: при умеренной и контролируемой гипоксии преобладают протективные программы, тогда как при повторяющихся эпизодах выраженной гипоксии-реоксигенации вероятна стабилизация прооксидантного и провоспалительного фенотипов.

Существенное место занимает митохондриальная регуляция и Ca^{2+}-зависимые механизмы. Перенос кальция и Ca^{2+}-зависимая проницаемость митохондриальной мембраны рассматриваются как критические детерминанты устойчивости к гипоксическому стрессу, при этом выраженность этих механизмов связана с индивидуальной толерантностью к гипоксии. По мнению H. Sasaki et al. (2024), участие митохондриального кальциевого транспортера в посткондиционировании указывает на общую роль Ca^{2+}-гомеостаза как модулятора повреждения и восстановления в условиях гипоксии и реперфузии [54]. В совокупности эти данные поддерживают представление о том, что митохондрии являются не только «мишенью» гипоксии, но и активным узлом сигналинга, управляющим выживанием клетки.

Важным направлением исследований является метаболическое перепрограммирование при гипоксии. По мнению J. Tan et al. (2024), даже «стандартные» условия клеточных культур могут быть относительно гипоксическими для дифференцированных клеток и существенно изменять их метаболизм и функциональные свойства, что имеет прямые методологические последствия для интерпретации экспериментальных данных [47]. При этом в ряде работ подчеркивается, что гипоксия может индуцировать новые типы посттрансляционных модификаций, влияющих на эффективность окислительного фосфорилирования и энергетический баланс [59-61]. Данные направления расширяют понимание того, что адаптация к гипоксии реализуется не только на уровне транскрипции, но и через быстрые метаболические и протеомные перестройки.

По мнению A.M. Kip et al. (2021) [8], протеомные изменения при гипоксии-реоксигенации в органоидных моделях позволяют реконструировать ключевые пути повреждения и восстановления, релевантные ишемии-реперфузии. Y.M. Law (2024) подчеркивает, что гипоксический ответ следует рассматривать во «временных доменах», а омикс-данные позволяют выявлять фазность реакций и различать ранние адаптивные и поздние неблагоприятные паттерны [62].

Методологическим итогом данных публикаций является акцент на необходимости сопоставимости гипоксических моделей. По мнению N. Salyha и I. Oliynyk (2023), вариабельность способов моделирования гипоксии (включая клеточные, тканевые и системные подходы) существенно влияет на получаемые эффекты, что требует стандартизации параметров и корректного сопоставления исследований [63].

Заключение. Проведенный интегративный анализ позволяет рассматривать адаптацию к интервальной гипоксии как многоуровневый, динамически регулируемый физиологический процесс, в котором ключевую роль играет согласованное взаимодействие молекулярных, метаболических, нейрогуморальных и тканеспецифических механизмов.

Результаты анализа HIF-опосредованных механизмов показывают, что кислород-сенсоринг через ось HIF-PHD/EGLN-HRE выступает центральным интегратором гипоксического сигнала, однако его эффекты принципиально зависят от временной структуры, интенсивности и повторяемости

гипоксического воздействия. Современные данные подтверждают концепцию изоформ-специфической и фазовой регуляции, при которой HIF-1-зависимые программы преобладают на ранних этапах адаптации, тогда как HIF-2-ассоциированные механизмы в большей степени вовлечены в долговременное сосудистое и тканевое ремоделирование. Это принципиально важно для интерпретации различий между контролируемой ИГ и хронической интермиттирующей гипоксией патологического генеза, где сходные молекулярные пути могут приводить к противоположным функциональным исходам.

Гипоксическая адаптация реализуется не только через транскрипционную перестройку, но и через быстрые изменения энергетики, редокс-гомеостаза и ионного баланса. Особое значение имеет участие митохондрий как активных сигнальных узлов, а не пассивных мишеней гипоксии. Взаимодействие HIF-зависимых путей с NRF2-опосредованной антиоксидантной защитой формирует адаптационное «окно», в пределах которого ИГ способна повышать устойчивость тканей, тогда как выход за его пределы ассоциирован с накоплением оксидативного повреждения и нарушением митохондриальной функции. Существенным методологическим выводом является высокая чувствительность метаболических эффектов гипоксии к используемой модели, что требует осторожности при экстраполяции экспериментальных данных на клинические условия.

В совокупности результаты анализа свидетельствуют, что ИГ не является единым биологическим стимулом, а представляет собой спектр воздействий, эффекты которых определяются сочетанием кислородного профиля, метаболического контекста, тканевой специфики и индивидуальной чувствительности.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа выполнена при поддержке внутреннего гранта ФГБОУ ВО КБГУ им. Н.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 Kh.M. Berbekov, agreement No 49, and the PRIORITY-2030 development program.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Salidroside improves angiogenesis-osteogenesis coupling by regulating the HIF-1α/VEGF signalling pathway in the bone environment / Q. Guo, J. Yang, Y. Chen [et al.] // Eur. J. Pharmacol. – 2020. – Vol. 884. – P. 173394. DOI: 10.1016/j.ejphar.2020.173394.
2. The transition from HIF-1 to HIF-2 during prolonged hypoxia results from reactivation of PHDs and HIF1A mRNA instability / M. Jaśkiewicz, A. Moszyńska, J. Króliczewski [et al.] // Cell. Mol. Biol. Lett. – 2022. – Vol. 27. – P. 109. DOI: 10.1186/s11658-022-00408-7.
3. Lucero García Rojas, E.Y. Hypoxia inducible factors as central players in the pathogenesis and pathophysiology of cardiovascular diseases / E.Y. Lucero García Rojas, C. Villanueva, R.A. Bond // Front. Cardiovasc. Med. – 2021. – Vol. 8. – P. 709509. DOI: 10.3389/fcvm.2021.709509.
4. Semenza, G.L. Oxygen sensing, hypoxia-inducible factors, and disease pathophysiology / G.L. Semenza // Annual Review of Pathology: Mechanisms of Disease. – 2021. – Vol. 16. – P. 297-324. DOI: 10.1146/annurev-pathol-012513-104720.
5. Hypoxia signaling in human health and diseases: implications and prospects for therapeutics / Z. Luo, M. Tian, G. Yang [et al.] // Signal Transduct. Target. Ther. – 2022. – Vol. 7. – P. 218. DOI: 10.1038/s41392-022-01080-1.
6. Corrado, C. Hypoxia and HIF signaling: one axis with divergent effects / C. Corrado, S. Fontana // Int. J. Mol. Sci. – 2020. – Vol. 21. – P. 5611. DOI: 10.3390/ijms21165611.
7. Bakleh, M.Z. The distinct role of HIF-1α and HIF-2α in hypoxia and angiogenesis / M.Z. Bakleh, A. Al Haj Zen // Cells. – 2025. – Vol. 14. – P. 673. DOI: 10.3390/cells14090673.
8. Proteomics analysis of human intestinal organoids during hypoxia and reoxygenation as a model to study ischemia-reperfusion injury / A.M. Kip, Z. Soons, R. Mohren [et al.] // Cell Death Dis. – 2021. – Vol. 12. – P. 95. DOI: 10.1038/s41419-020-03379-9.
9. Hypoxic signaling in skeletal muscle maintenance and regeneration: a systematic review / T. Pircher, H. Wackerhage, A. Aszodi [et al.] // Front. Physiol. – 2021. – Vol. 12. – P. 684899. DOI: 10.3389/fphys.2021.684899.

10. Chronic intermittent hypoxia-induced cardiovascular and renal dysfunction: from adaptation to maladaptation / C. Arnaud, E. Billoir, A.F. De Melo Junior [et al.] // J. Physiol. – 2023. – Vol. 601. – P. 5553-5577. DOI: 10.1113/JP284166.
11. Pavlacky, J. Technical feasibility and physiological relevance of hypoxic cell culture models / J. Pavlacky, J. Polak // Front. Endocrinol. – 2020. – Vol. 11. – P. 57. DOI: 10.3389/fendo.2020.00057.
12. Intermittent hypoxia: a call for harmonization in terminology / G.S. Panza, J.C. Weavil, C.M. Wheatley [et al.] // Journal of Applied Physiology. – 2023. – Vol. 135. – No. 6. – P. 1465-1474. DOI: 10.1152/japplphysiol.00458.2023.
13. Transport of Ca^{2+} and Ca^{2+}-dependent permeability transition in the liver and heart mitochondria of rats with different tolerance to acute hypoxia / K. Belosludtsev, M. Dubinin, E. Talanov [et al.] // Biomolecules. – 2020. – Vol. 10. – P. 114. DOI: 10.3390/biom10010114.
14. Hypoxia induces mitochondrial protein lactylation to limit oxidative phosphorylation / Y. Mao, J. Zhang, Q. Zhou [et al.] // Cell Res. – 2024. – Vol. 34. – P. 13-30. DOI: 10.1038/s41422-023-00864-6.
15. HIF signaling: a new propellant in bone regeneration / H. Bai, Y. Wang, Y. Zhao [et al.] // Biomater. Adv. – 2022. – Vol. 138. – P. 212874. DOI: 10.1016/j.bioadv.2022.212874.
16. Taylor, C.T. The effect of HIF on metabolism and immunity / C.T. Taylor, C.C. Scholz // Nat. Rev. Nephrol. – 2022. – Vol. 18. – P. 573-587. DOI: 10.1038/s41581-022-00587-8.
17. HIF-1: structure, biology and natural modulators / C. Yang, Z.-F. Zhong, S.-P. Wang [et al.] // Chin. J. Nat. Med. – 2021. – Vol. 19. – P. 521-527. DOI: 10.1016/S1875-5364(21)60051-1.
18. Effect of dimethyloxalylglycine on stem cells osteogenic differentiation and bone tissue regeneration: a systematic review / Q. Dong, X. Fei, H. Zhang [et al.] // Int. J. Mol. Sci. – 2024. – Vol. 25. – P. 3879. DOI: 10.3390/ijms25073879.
19. Hypoxia-induced stabilization of HIF2A promotes cardiomyocyte proliferation by attenuating DNA damage / S.R. Ali, N.U.N. Nguyen, I. Menendez-Montes [et al.] // J. Cardiovasc. Aging. – 2024. – Vol. 4. – P. 11. DOI: 10.20517/jca.2023.43.
20. Eschenhagen, T. Hypoxia to stimulate cardiomyocyte proliferation after myocardial infarction? A word of caution / T. Eschenhagen // Circ. Res. – 2023. – Vol. 132. – P. 741-743. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.123.322553.
21. Inflammatory gene expression during acute high-altitude exposure / K. Pham, S. Frost, K. Parikh [et al.] // J. Physiol. – 2022. – Vol. 600. – P. 4169-4186. DOI: 10.1113/JP282772.
22. Hypoxia and brain aging: neurodegeneration or neuroprotection? / J. Burtscher, R.T. Mallet, M. Burtscher, G.P. Millet // Ageing Res. Rev. – 2021. – Vol. 68. – P. 101343. DOI: 10.1016/j.arr.2021.101343.
23. Intermittent hypoxia-induced enhancements in corticospinal excitability predict gains in motor learning and metabolic efficiency / A.T. Bogard, A.M. Ruggiero, T.E. McGuirk [et al.] // Scientific Reports. – 2025. – Vol. 15. – P. 6614. DOI: 10.1038/s41598-025-90890-8.
24. Acute intermittent hypoxia boosts spinal plasticity in humans with tetraplegia / L. Christiansen, B. Chen, Y. Lei [et al.] // Exp. Neurol. – 2021. – Vol. 335. – P. 113483. DOI: 10.1016/j.expneurol.2020.113483.
25. Efficacy and time course of acute intermittent hypoxia effects in the upper extremities of people with cervical spinal cord injury / M.S. Sandhu, M.A. Perez, M. Oudega [et al.] // Exp. Neurol. – 2021. – Vol. 342. – P. 113722. DOI: 10.1016/j.expneurol.2021.113722.
26. Acute intermittent hypoxia with high-intensity gait training in chronic stroke: a phase II randomized crossover trial / T.G. Hornby, A. Plawecki, J.K. Lotter [et al.] // Stroke. – 2024. – Vol. 55. – P. 1748-1757. DOI: 10.1161/STROKEAHA.124.047261.
27. Acute intermittent hypoxia in people living with chronic stroke: a case series / G.E.P. Pearcey, A.J. Barry, M.S. Sandhu [et al.] // Stroke. – 2025. – Vol. 56. – P. 1054-1057. DOI: 10.1161/STROKEAHA.124.046620.
28. Daily exposure to mild intermittent hypoxia reduces blood pressure in male patients with obstructive sleep apnea and hypertension / G.S. Panza, S. Puri, H.-S. Lin [et al.] // Am. J. Respir. Crit. Care Med. – 2022. – Vol. 205. – P. 949-958. DOI: 10.1164/rccm.202108-1808OC.
29. Bartolo, K. The association between obstructive sleep apnoea and wound healing: a systematic review / K. Bartolo, E.A. Hill // Sleep Breath. – 2023. – Vol. 27. – P. 775-787. DOI: 10.1007/s11325-022-02660-9.
30. Pathophysiological implications of hypoxia in human diseases / P.-S. Chen, W.-T. Chiu, P.-L. Hsu [et al.] // J. Biomed. Sci. – 2020. – Vol. 27. – P. 63. DOI: 10.1186/s12929-020-00658-7.
31. Effects of intermittent hypoxic training on aerobic capacity and second ventilatory threshold in untrained men / M. Maciejczyk, E. Sadowska-Krępa, M. Chalimoniuk [et al.] // Applied Sciences. – 2023. – Vol. 13. – No. 17. – P. 9954. DOI: 10.3390/app13179954.
32. Richalet, J.-P. Cardiovascular physiology and pathophysiology at high altitude / J.-P. Richalet, E. Hermand, F.J. Lhuissier // Nat. Rev. Cardiol. – 2024. – Vol. 21. – P. 75-88. DOI: 10.1038/s41569-023-00924-9.
33. Salyha, N. Hypoxia modeling techniques: a review / N. Salyha, I. Oliynyk // Heliyon. – 2023. – Vol. 9. – P. e13238. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e13238.
34. Storz, J.F. Phenotypic plasticity, genetic assimilation, and genetic compensation in hypoxia

adaptation of high-altitude vertebrates / J.F. Storz, G.R. Scott // Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol. – 2021. – Vol. 253. – P. 110865. DOI: 10.1016/j.cbpa.2020.110865.
35. Du, J. HIF-1α overexpression improves the efficacy of human induced pluripotent stem cell-derived cardiomyocytes for cardiac repair following myocardial infarction / J. Du, T. Wang, L. Xu // Mol. Med. Rep. – 2024. – Vol. 31. – P. 40. DOI: 10.3892/mmr.2024.13405.
36. Vascular HIF2 signaling prevents cardiomegaly, alveolar congestion, and capillary remodeling during chronic hypoxia / T. Albendea-Gomez, S. Mendoza-Tamajon, R. Castro-Mecinas [et al.] // Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol. – 2025. – Vol. 45. – P. e78-e98. DOI: 10.1161/ATVBAHA.124.321780.
37. Cardiac remodelling in the highest city in the world: effects of altitude and chronic mountain sickness / S. Doutreleau, M. Ulliel-Roche, I. Hancco [et al.] // Eur. J. Prev. Cardiol. – 2022. – Vol. 29. – P. 2154-2162. DOI: 10.1093/eurjpc/zwac166.
38. Systemic hypoxemia induces cardiomyocyte hypertrophy and right ventricular specific induction of proliferation / J. Johnson, Y. Yang, Z. Bian [et al.] // Circ. Res. – 2023. – Vol. 132. – P. 723-740. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.122.321604.
39. Pathophysiological mechanisms and therapeutic approaches in obstructive sleep apnea syndrome / R. Lv, X. Liu, Y. Zhang [et al.] // Signal Transduct. Target. Ther. – 2023. – Vol. 8. – P. 218. DOI: 10.1038/s41392-023-01496-3.
40. 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 Med. – 2023. – Vol. 21. – P. 412. DOI: 10.1186/s12916-023-03117-w.
41. Hypoxia maintains the fenestration of liver sinusoidal endothelial cells and promotes their proliferation through the SENP1/HIF-1α/VEGF signaling axis / Z. Qing, H. Huang, S. Yang [et al.] // Biochem. Biophys. Res. Commun. – 2021. – Vol. 540. – P. 42-50. DOI: 10.1016/j.bbrc.2020.12.104.
42. Prolyl hydroxylase domain 2 reduction enhances skeletal muscle tissue regeneration after soft tissue trauma in mice / S. Settelmeier, T. Schreiber, J. Mäki [et al.] // PLoS ONE. – 2020. – Vol. 15. – P. e0233261. DOI: 10.1371/journal.pone.0233261.
43. Hypoxia-inducible factor 1α and its role in lung injury: adaptive or maladaptive / M.V. Suresh, S. Balijepalli, S. Solanki [et al.] // Inflammation. – 2023. – Vol. 46. – P. 491-508. DOI: 10.1007/s10753-022-01769-z.
44. Molecular mechanisms involved in hypoxia-induced alterations in bone remodeling / R. Usategui-Martín, R. Rigual, M. Ruiz-Mambrilla [et al.] // Int. J. Mol. Sci. – 2022. – Vol. 23. – P. 3233. DOI: 10.3390/ijms23063233.
45. Hypoxia and tissue regeneration: adaptive mechanisms / I.C. Vásquez Vélez, F. Gómez-Valenzuela, R. Martínez-Zamudio [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. – 2025. – Vol. 26. – No. 19. – P. 9272. DOI: 10.3390/ijms26199272.
46. Genetic variation in HIF-2α attenuates ventilatory sensitivity and carotid body growth in chronic hypoxia in high-altitude deer mice / C.M. Ivy, J.P. Velotta, Z.A. Cheviron, G.R. Scott // J. Physiol. – 2022. – Vol. 600. – P. 4207-4225. DOI: 10.1113/JP282798
47. Limited oxygen in standard cell culture alters metabolism and function of differentiated cells / J. Tan, S. Virtue, D.M. Norris [et al.] // EMBO J. – 2024. – Vol. 43. – P. 2127-2165. DOI: 10.1038/s44318-024-00084-7.
48. Role of HIF-1α-activated IL-22/IL-22R1/Bmi1 signaling modulates the self-renewal of cardiac stem cells in acute myocardial ischemia / W. Lee, S.-L. Lin, C.-S. Chiang [et al.] // Stem Cell Rev. Rep. – 2024. – Vol. 20. – P. 2194-2214. DOI: 10.1007/s12015-024-10774-8.
49. Expression of Notch–HIF-1α signaling pathway in liver regeneration of rats / Y. Li, Y. Xu, R. Wang [et al.] // J. Int. Med. Res. – 2020. – Vol. 48. – P. 0300060520943790. DOI: 10.1177/0300060520943790.
50. Hypoxic extracellular vesicles from hiPSCs protect cardiomyocytes from oxidative damage by transferring antioxidant proteins and enhancing Akt/Erk/NRF2 signaling / S. Bobis-Wozowicz, M. Paw, M. Sarna [et al.] // Cell Commun. Signal. – 2024. – Vol. 22. – P. 356. DOI: 10.1186/s12964-024-01722-7.
51. Hypoxia sensing by hepatic stellate cells leads to VEGF-dependent angiogenesis and may contribute to accelerated liver regeneration / K. Dirscherl, M. Schläpfer, B. Roth Z'graggen [et al.] // Sci. Rep. – 2020. – Vol. 10. – P. 4392. DOI: 10.1038/s41598-020-60709-9.
52. Mitochondrial permeability transition dictates mitochondrial maturation upon switch in cellular identity of hematopoietic precursors / S.P. Dumbali, P.D. Horton, T.I. Moore, P.L. Wenzel // Commun. Biol. – 2024. – Vol. 7. – P. 967. DOI: 10.1038/s42003-024-06671-y.
53. High-altitude adaptation is accompanied by strong signatures of purifying selection in the mitochondrial genomes of three Andean waterfowl / A.M. Graham, P. Lavretsky, R.E. Wilson, K.G. McCracken // PLoS ONE. – 2024. – Vol. 19. – P. e0294842. DOI: 10.1371/journal.pone.0294842.
54. Mitochondrial calcium uniporter (MCU) is involved in an ischemic postconditioning effect against ischemic reperfusion brain injury in mice / H. Sasaki, I. Nakagawa, T. Furuta [et al.] // Cell. Mol. Neurobiol. – 2024. – Vol. 44. – P. 32. DOI: 10.1007/s10571-024-01464-7.
55. Networks that govern cardiomyocyte proliferation to facilitate repair of the injured mammalian heart / D.J. Garry, J. Zhang, T.A. Larson [et al.] //

Methodist DeBakey Cardiovasc. J. – 2023. – Vol. 19. – P. 16-25. DOI: 10.14797/mdcvj.1300.
56. Impact of high-altitude hypoxia on bone defect repair: a review of molecular mechanisms and therapeutic implications / P. Chen, Y. Liu, W. Liu [et al.] // Front. Med. – 2022. – Vol. 9. – P. 842800. DOI: 10.3389/fmed.2022.842800.
57. The effect of hypoxia on myogenic differentiation and multipotency of the skeletal muscle-derived stem cells in mice / M.I. Elashry, M. Kinde, M.C. Klymiuk [et al.] // Stem Cell Res. Ther. – 2022. – Vol. 13. – P. 56. DOI: 10.1186/s13287-022-02730-5.
58. The effect of hypoxia on the proteomic signature of pig adipose-derived stromal/stem cells (pASCs) / J. Bukowska, M. Słowińska, P. Cierniak [et al.] // Sci. Rep. – 2020. – Vol. 10. – P. 20035. DOI: 10.1038/s41598-020-76796-7.
59. Tremblay, J.C. Global and country-level estimates of human population at high altitude / J.C. Tremblay, P.N. Ainslie // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 2021. – Vol. 118. – P. e2102463118. DOI: 10.1073/pnas.2102463118.
60. Heart disease and stroke statistics-2021 update: a report from the American Heart Association / S.S. Virani, A. Alonso, H.J. Aparicio [et al.] // Circulation. – 2021. – Vol. 143. – No. 8. – P. e254-e743. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000950.
61. Role of blood oxygen saturation during post-natal human cardiomyocyte cell cycle activities / L. Ye, L. Qiu, B. Feng [et al.] // JACC Basic Transl. Sci. – 2020. – Vol. 5. – P. 447-460. DOI: 10.1016/j.jacbts.2020.02.008.
62. Randomized controlled trial of remote ischemic preconditioning in children having cardiac surgery / Y.M. Law, C. Hsu, S.R. Hingorani [et al.] // J. Cardiothorac. Surg. – 2024. – Vol. 19. – P. 5. DOI: 10.1186/s13019-023-02450-8.
63. Salyha, N. Hypoxia modeling techniques: a review / N. Salyha, I. Oliynyk // Heliyon. – 2023. – Vol. 9. – P. e13238. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e13238.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
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.
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.
Татьяна Борисовна Кипкеева – старший преподаватель кафедры нормальной и патологической физиологии человека Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова, Нальчик, e-mail: kipkeevatatyana70@mail.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.

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.
Asiyat G. Shokueva – Senior Lecturer, Department of Normal and Pathological Human Physiology, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: schokueva@yandex.ru.
Tatiana B. Kipkeeva – Senior Lecturer, Department of Normal and Pathological Human Physiology, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: kipkeevatatyana70@mail.ru.
Fatima V. Shavaeva – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, 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, Department of Normal and Pathological Human Physiology, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: anzormolov71@gmail.com.

Для цитирования: Интегративный анализ физиологических механизмов адаптации к интервальной гипоксии (обзор литературы) / И.Х. Борукаева, А.Г. Шокуева, Т.Б. Кипкеева [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_4

For citation: Borukaeva I.Kh., Shokueva A.G., Kipkeeva T.B., Shavaeva F.V., Molov A.A. Integrative analysis of physiological mechanisms of adaptation to intermittent hypoxia (literature review). *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_4

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_5
УДК 796.83:612.82

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_5
UDC 796.83:612.82

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ БОКСЕРОВ В ГОДИЧНОМ ЦИКЛЕ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА

Я.Е. Бугаец, А.А. Близнюк, И.Г. Малазония, А.С. Гронская, И.М. Резников
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», г. Краснодар, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Психофункциональная напряженность боксеров оказывает влияние на состояние двигательных функций и реактивность центральной нервной системы. В связи с этим сохраняется необходимость сравнительного изучения комплекса пространственно-временных характеристик у квалифицированных боксеров в различные периоды тренировочного процесса. ***Методы.*** Проводили тестирование психомоторных способностей с использованием аппаратно-программного комплекса «Исследователь временных и пространственных свойств человека. Версия 2.1». ***Результаты.*** В подготовительном периоде годичного цикла тренировки были выявлены высокие психомоторные способности у боксеров. В соревновательном периоде отмечались ухудшение точности отмеривания временных интервалов в реакции выбора, снижение числа опережений и увеличение запаздываний в реакции на движущийся объект, рост количества ошибок в точности воспроизведения пространственных угловых и линейных величин. ***Заключение.*** Контроль пространственно-временных изменений в периодах годичного цикла тренировки позволяет выявить уровень спортивной подготовки, проводить коррекцию тренировочного процесса с целью повышения эффективности соревновательной деятельности у боксеров.
Ключевые слова: пространственно-временные способности, квалифицированные боксеры, периоды тренировочного процесса.

SPATIOTEMPORAL CHARACTERISTICS OF QUALIFIED BOXERS IN A ONE-YEAR TRAINING CYCLE

Ya.E. Bugaets, A.A. Bliznuk, I.G. Malazonia, A.S. Gronskaya, I.M. Reznikov
Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The psychofunctional tension of boxers affects the state of motor functions and the reactivity of the central nervous system. In this regard, there remains a need for a comparative study of the number of spatiotemporal characteristics of qualified boxers at different periods of the training process. ***Methods.*** Psychomotor abilities were tested using the hardware and software complex "Researcher of a person's temporal and spatial properties. Version 2.1." ***Results.*** In the preparatory period of the one-year training cycle, we have revealed high level of psychomotor abilities in boxers. In the competitive period, there was a deterioration in the accuracy of measuring time intervals in the choice reaction, a decrease in the number of advances and an increase in delays in the reaction to a moving object, an increase in the number of errors in the accuracy of reproducing spatial angular and linear values. ***Conclusion.*** Control of spatiotemporal changes in the annual training cycle periods makes it possible to identify the level of sports training, to correct the training process in order to increase the efficiency of competitive activity in boxers.
Keywords: spatiotemporal abilities, qualified boxers, training process periods.

Введение. Важной теоретической и практической проблемой остается исследование психофункционального состояния спортсменов. Интегративные и двигательные способности боксеров определяют нервно-психическую адаптацию на разных этапах учебно-тренировочного процесса. Систематический стресс и эмоциональная напряженность в данном виде спорта оказывают влияние на функциональное и психическое состояние единоборцев не только в период соревновательной деятельности, но и при подготовке к ней, когда реализуются условные бои и

спарринги, максимально соответствующие соревновательным поединкам [1]. В результате многолетней и поэтапной тренировочной нагрузки у боксеров наблюдаются изменения реактивности центральной нервной системы и оптимизация адаптационных механизмов в условиях соревнований. Однако психоэмоциональные установки, сопряженные с состоянием тревоги, изменением когнитивных, аффективных и поведенческих реакций, могут оказывать негативное влияние на состояние спортсменов, что проявляется в нарушении психической деятельности, срыве адаптации и снижении спортивных результатов [2]. В связи с этим сохраняется необходимость изучения психофизиологических состояний у спортсменов, факторов, определяющих готовность к достижению спортивных результатов, механизмов психорегуляции, характер возникающих предстартовых реакций, особенности адаптации организма спортсмена к предъявляемым нагрузкам [3].

В научной литературе встречаются исследования ведущих нейродинамических характеристик у боксеров преимущественно юного возраста на отдельных этапах тренировочного процесса [4-7]. Однако комплексного изучения проявления психомоторных способностей у боксеров высокой квалификации, проводимого в рамках сравнительного анализа в различных периодах годичного цикла тренировки, нами обнаружено не было.

Целью данного исследования явилась сравнительная оценка пространственно-временных характеристик квалифицированных боксеров в подготовительном и соревновательном периодах годичного тренировочного цикла.

Методы и организация исследования. В подготовительном и соревновательном периодах исследовали психомоторные способности у 18 боксеров 18-24 лет квалификаций Кандидат в мастера спорта (КМС) и Мастер спорта (МС) с использованием аппаратно-программного комплекса «Исследователь временных и пространственных свойств человека версия 2.1» [8, 9]. Тестирование включало блок временных сенсомоторных реакций и блок восприятия пространства: простую сенсомоторную реакцию на свет, время реакции на движущийся объект, время реакции выбора, угловую скорость движения, точность восприятия расстояния в условиях визуальной оценки размеров предъявляемых отрезков и способность к оценке расстояния в тесте узнавания предъявляемых углов. Оценивали результаты в соответствии с нормативными показателями для спортивной специализации «Бокс» [10].

Для математической обработки результатов использовали пакет прикладных программ Statistica 10.0 (StatSoft Inc., США). В условиях отсутствия нормальности распределения переменных (критерий Шапиро-Уилка) статистический анализ центральных тенденций и вариаций количественных параметров описывали с помощью медианы (Me) и межквартильного интервала (Q1 и Q3). Для определения значимости межгрупповых различий применяли непараметрический тест Вилкоксона. Критический уровень статистической значимости (p) принимался меньше 0,05.

Результаты исследования и их обсуждение. Интегральным показателем реактивности центральной нервной системы является время двигательной реакции в ответ на предъявляемое раздражение [11]. В периодах тренировочного цикла средние показатели сенсомоторной реакции на свет не имели статистически значимых отличий ($p>0,05$) (табл. 1). Тем не менее, количественное распределение данного параметра среди боксеров показало, что в подготовительном периоде в 44% случаев возникали «низкие» временные значения, в 6% – «ниже среднего», у остальных 50% боксеров проявлялись «высокие» результаты. В соревновательном периоде число спортсменов с «низкими» значениями не изменилось (44%), тогда как среди боксеров в равной степени встречались результаты «ниже средних» и «высокие» (по 11%) и «средние» и «выше средних» (по 17%).

В соревновательном периоде отмечалось статистически значимое увеличение времени реакции выбора на 7% по сравнению с подготовительным периодом ($p<0,05$) (табл. 1). Полученные результаты подтверждались степенью распределения

временных параметров среди спортсменов. Если в подготовительном периоде 6% боксеров проявляли «средние» значения, 17% – «выше средних» и 77% – «высокие», то в соревновательном периоде, несмотря на то, что 17% сохранили способность к реакции «выше средней», и возросло число со «средними» значениями (11%), количество «высоких» параметров сократилось до 66% с появлением 6% «ниже средних». Более продолжительное время реакции выбора на данном этапе исследования отражало снижение быстроты при определении нужного двигательного ответа из ряда возможных, что можно ассоциировать в боксе с изменением деятельности соперника или окружающей обстановки [12]. Тем не менее, количество ошибок во времени реакции выбора у боксеров не имело статистически значимых различий в исследуемых периодах тренировочного цикла ($p>0,05$) (табл. 1).

Реакция на движущийся объект, которая отражает степень баланса процессов возбуждения и торможения, не имела статистически значимых отличий в исследуемых периодах ($p>0,05$) (табл. 1). Однако отмечалось некоторое снижение числа спортсменов, характеризующихся проявлением нормативных параметров. Если в подготовительном периоде большинство боксеров показывали результаты «выше нормы» (83%), и «норма» встречалась у 17%, то в соревновательном периоде количественное распределение стало 72% и 28% соответственно.

Однако на этапах исследования возникало количественное перераспределение отклонений времени реакции на движущийся объект ($p<0,05$), что проявлялось в снижении опережений и росте числа запаздываний в соревновательном периоде (табл. 1). В условиях физических и психоэмоциональных нагрузок ухудшение реактивной способности нервно-мышечного аппарата и уравновешенности нервной системы может затруднять атакующие и оборонительные действия боксеров в реальном поединке и снижать спортивный результат [13].

Таблица 1

Точность отмеривания временных интервалов у боксеров в подготовительном и соревновательном периодах тренировочного процесса, Me [Q1; Q3]

Тесты	Подготовительный	Соревновательный	P<
Время простой сенсомоторной реакции на свет, мс	241,1 [215,4; 306,0]	258,0 [237,8; 282,8]	–
Время реакции выбора, мс	318,9 [294,6; 350,0]	343,1 [330,0; 371,2]	0,05
Ошибки во времени реакции выбора, кол-во	0,0 [0,0; 1,0]	0,0 [0,0; 1,0]	–
Время реакции на движущийся объект, мс	72,7 [40,0; 135,8]	80,8 [33,4; 145,6]	–
Опережения во времени реакции на движущийся объект, кол-во	2,0 [1,0; 2,0]	1,0 [0,0; 1,0]	0,05
Запаздывания во времени реакции на движущийся объект, кол-во	3,0 [3,0; 4,0]	4,0 [4,0; 5,0]	0,05

Процессы восприятия времени и пространства у боксеров характеризовали по количеству ошибок, допускаемых при оценке угловой скорости движений, средние параметры которых соответствовали нормативным значениям, но не имели отличий на этапах исследования ($p>0,05$) (табл. 2).

Таблица 2

Точность воспроизведения пространственных угловых и линейных величин у боксеров в подготовительном и соревновательном периодах тренировочного процесса, Me [Q1; Q3], %

Тесты	Подготовительный	Соревновательный	P<
Ошибки при оценивании угловой скорости движения	5,8 [5,6; 6,0]	5,6 [0,0; 11,2]	–
Ошибки при отмеривании величины отрезков	5,0 [1,6; 11,8]	13,7 [7,0; 28,4]	0,05
Ошибки при узнавании предъявляемых углов	1,0 [0,6; 2,0]	3,3 [1,4; 6,0]	0,05

Можно отметить среди спортсменов особенности восприятия направления вращений представленных объектов. Так, в подготовительном периоде у большинства боксеров (67%) обнаруживались ошибки при вращении объектов в левую сторону, у 22% – в правую, остальные 11% не имели ошибок. В соревновательном периоде снизилось количество нарушений при вращении влево до 56% и вправо до 16% за счет роста числа безошибочных результатов до 28%.

Визуальная оценка размеров предъявляемых отрезков позволила охарактеризовать точность восприятия расстояния у боксеров (табл. 2). В соревновательном периоде среднее количество допущенных ошибок было значительно выше – на 64% ($p<0,05$). Данные подтверждались распределением параметров среди спортсменов. В подготовительном периоде большинство (56%) демонстрировало результаты «выше нормы», остальные (44%) – «норму», тогда как в соревновательном периоде отмечалось наличие «нормативных» результатов у 83%, и даже «ниже нормы» у 17% боксеров относительно эталонной единицы длины отрезка линии.

Способность к оценке расстояния характеризовали по узнаванию предъявляемых углов (табл. 2). В соревновательном периоде отмечался значительный рост количества допущенных ошибок в среднем на 70% ($p<0,05$), что отразилось на распределении оценок среди боксеров. В подготовительном периоде все спортсмены демонстрировали проявление показателей «выше нормы», тогда как в соревновательном периоде их число снизилось до 78% за счет выявленных нормативных параметров до 22%.

Ухудшение точности восприятия расстояния и увеличение ошибок при узнавании предъявляемых углов у боксеров, по сравнению с подготовительным периодом, демонстрировало снижение уровня зрительно-моторных реакций и ориентировки в пространственно-временных параметрах, которые обеспечивают специальное восприятие дистанции, возможность выбора положения для атаки, защиты и контратаки [14, 15].

Заключение. Адекватное восприятие пространственно-временных характеристик определяет особенности организации нервных процессов. Полученные нейродинамические характеристики у квалифицированных боксеров в подготовительном периоде годичного цикла тренировки отражали проявление высоких психомоторных способностей, что определяется формированием на фоне двигательной доминанты преимущественно автоматизированных ответных реакций, высокого уровня экстраполяции [16]. Некоторое ухудшение процессов восприятия, сложных сенсомоторных ответов на раздражители и ориентировки в пространственно-временных параметрах у боксеров в соревновательном периоде, вероятно, связано с физическими, психоэмоциональными нагрузками и стрессовыми ситуациями, что может отразиться на проявлении атакующих и оборонительных действий, определении дистанции возможности выбора положения и, как следствие, нивелировании успешности соревновательной деятельности [17]. Своевременный контроль психофизиологических характеристик у квалифицированных боксеров в подготовительном и соревновательном периодах тренировочного процесса позволяет выявить активность сенсомоторных и центральных механизмов, определяющих уровень спортивной подготовки, а возможная коррекция тренировочного процесса позволит повысить эффективность соревновательной деятельности.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Психофизиологические особенности боксеров юношеского возраста в подготовительный период / Р.Х. Аминов, А.А. Афанасьев, О.А. Макунина [и др.] // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. – 2019. – № 4(15). – С. 349-353.

2. Пашин, М.Г. Особенности психофизиологических показателей юных футболистов на этапе начальной подготовки / М.Г. Пашин, А.С Гронская // Ресурсы конкурентоспособности спортсменов: теория и практика реализации: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – 2022. – № 12. – С. 155-157.

3. Особенности функционального состояния организма юных боксеров в специально-подготовительном этапе годичного цикла подготовки / А.Ф. Гайнуллина, Э.Р. Хакимов, Д.Г. Огуречников [и др.] // Журнал научных статей «Здоровье и образование в XXI веке». – 2017. – Т. 19. – № 8. – С. 91-95.
4. Предсоревновательная подготовка боксеров на основе исследования психомоторных способностей / О.И. Агранат, Е.А. Колиненко, К.В. Торохтун [и др.] // Известия ТулГУ. Физическая культура. Спорт. – 2023. – Вып. 12. – С. 56-62.
5. Ведерникова, Е.В. Особенности психофизиологического статуса боксеров 10-12 лет / Е.В. Ведерникова // Ресурсы конкурентоспособности спортсменов: теория и практика реализации: материалы XV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Краснодар: КГУФКСТ, 2025. – С. 281-285.
6. Нопин, С.В. Нейродинамические характеристики сенсомоторных процессов спортсменов различных видов спорта / С.В. Нопин // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6. – № 1. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/neyrodinamicheskie-harakteristiki-sensomotornyh-protsessov-sportsmenov-razlichnyh-vidov-sporta?ysclid=mk5i-di19og887192041 (дата обращения: 08.01.2026).
7. Шаяхметова, Э.Ш. Характеристика ведущих психофизиологических показателей организма боксеров, определяющих физическую работоспособность / Э.Ш. Шаяхметова // Европейский журнал социальных наук. – 2014. – № 1-1(40). – С. 126-130.
8. Компьютерная программа «Исследователь временных и пространственных свойств чело века версия 2.1». Инструкция пользователя. – 2020. – URL: https://sib-analitic.narod.ru/zip_arhiv/Instruction IVPS2 1.pdf (дата обращения: 08.01.2026).
9. Корягина, Ю.В. Аппаратно-программные комплексы исследования психофизиологических особенностей спортсменов / Ю.В. Корягина, С.В. Нопин. – Омск: Изд-во СибГУФК, 2012. – С. 70-78.
10. Корягина, Ю.В. Восприятие времени и пространства в спортивной деятельности / Ю.В. Корягина. – М.: Научно-издательский центр «Теория и практика физической культуры и спорта», 2006. – 224 с.
11. Нехорошкова, А.Н. Сенсомоторные реакции в психофизиологических исследованиях (обзор) / А.Н. Нехорошкова, А.В. Грибанов, И.С. Депутат // Вестник Северного (Арктического) Федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. – 2015. – № 1. – С. 38-48.
12. Тенешев, И.И. Особенности методики воспитания скоростно-силовых способностей боксеров 13-14 лет / И.И. Тенешев // Студенческий научный форум: материалы VII Международной студенческой научной конференции. – URL: https://scienceforum.ru/2015/article/2015016234?ysclid=mk04o0aezc415687634 (дата обращения: 04.01.2026).
13. Колесник, И.С. Рационализация двигательных действий боксера на основе закономерностей высшей нервной деятельности / И.С. Колесник, Ф.А. Гатин // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2018. – № 13(2). – С. 46-53.
14. Особенности зрительно-моторной реакции единоборцев различного возраста и квалификации / И.Е. Попова, Н.А. Вареников, О.В. Губин [и др.] // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2021. – № 7(197). – С. 296-300.
15. Гатин, Ф.А. Концептуальные основы совершенствования спортивного мастерства квалифицированных боксеров / Ф.А. Гатин, И.С. Колесник // Российский журнал физического воспитания и спорта. – 2016. – Т. 11. – № 3. – С. 8-15.
16. Близнюк, А.А. Психофизиологические критерии специальной работоспособности высококвалифицированных боксеров / А.А. Близнюк, М.В. Малука // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2016. – № 11(141). – С. 270-274.
17. Психофизиологические особенности адаптационно-компенсаторных реакций организма боксеров на тренировочные нагрузки / Э.Ш. Шаяхметова, Р.М. Муфтахина, А.Л. Линтварев [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 1. – С. 82-86.

REFERENCES

1. Aminov R.Kh., Afanas'ev A.A., Makunina O.A. et al. Young boxers' psychophysiological peculiarities during pre-season. *Health, Physical Culture and Sports*, no. 4(15), pp. 349-353. (in Russ.).
2. Pashin M.G., Gronskaya A.S. Features of psychophysiological indicators of young football players at the initial training stage. Resources of competitiveness of athletes: theory and practice of implementation: materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation. 2022, no. 12, pp. 155-157. (in Russ.).
3. Gainullina A.F., Khakimov E.R., Ogurechnikov D.G., Shayakhmetova E.Sh. Features of functional state of organism of young boxers in a specially-preparatory phase of the annual training|cycle. *Journal of scientific articles "Health and education millennium"*, 2017, vol. 19, no. 8, pp. 91-95. (in Russ.).
4. Agranat O.I., Kolinenko E.A., Torokhtun K.V., Dobrovolsky S.S. Pre-competition preparation of boxers based on the study of psychomotor abilities. *Bulletin of TulSU. Physical culture. Sports*, 2023, no. 12, pp. 56-62. (in Russ.).
5. Vedernikova E.V. Peculiarities of the psychophysiological status of boxers 10-12 years old. Resources of the Competitiveness of Athletes: Theory and Practice of Implementation: materials of the XV All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation. Krasnodar: KGUFKST, 2025, pp. 281-285. (in Russ.).
6. Nopin S.V. Neurodynamic characteristics of sensorimotor processes in athletes of various sports. *Modern Issues of Biomedicine*, 2022, vol. 6, no. 1. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/neyrodinamicheskie-harakteristiki-sensomotornyh-protsessov-sportsmenov-razlichnyh-vidov-sporta?ysclid=mk5-idi19og887192041 (accessed: 08.01.2026). (in Russ.).

7. Shayakhmetova E.Sh. Characteristics of leading psychophysiological indicators of the body boxers that define physical fitness. *European Social Science Journal*, 2014, no. 1-1(40), pp. 126-130. (in Russ.).
8. Computer program "Researcher of human temporal and spatial properties version 2.1". User manual. 2020. Available at: https://sib-analitic.narod.ru/zip_arhiv/Instruction_IVPS2_1.pdf (accessed: 08.01.2026). (in Russ.).
9. Koryagina Yu.V., Nopin S.V. Hardware and software complexes for studying the psychophysiological features of athletes. Omsk, 2012. pp. 70-78. (in Russ.).
10. Koryagina Yu.V. Perception of time and space in sports activities. Moscow, 2006, p. 224. (in Russ.).
11. Nekhoroshkova A.N., Gribanov A.V., Deputy I.S. Sensomotor reactions in psychophysiological studies (review). *Journal of Medical and Biological Research*, 2015, no. 1, pp. 38-48. (in Russ.).
12. Teneshev I.I. Features of the methodology for educating the speed and strength abilities of 13-14-year-old boxers. Student Scientific Forum: materials of the VII International Student Scientific Conference. Available at: https://scienceforum.ru/2015/article/2015016234?ysclid=mk04o0aezc415687634 (accessed: 04.01.2026). (in Russ.).
13. Kolesnik I.S., Gatin F.A. A boxer's motor actions rationalization on the basis of higher nervous activity regularities. *Russian Journal of Physical Education and Sport*, 2018, no. 13(2), pp. 46-53. (in Russ.).
14. Popova I.E., Varenikov N.A., Gubin O.V., Likhacheva V.M. Specific features of the visual-motor reaction of universal fighters of different ages and qualifications. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2021, no. 7(197). pp. 296-300. (in Russ.).
15. Gatin F.A., Kolesnik I.S. Conceptual basis of sportsmanship improvement among qualified boxers. *Russian Journal of Physical Education and Sport*, 2016, vol. 11, no. 3, pp. 8-15. (in Russ.).
16. Bliznyuk A.A., Maluka M.V. Psychophysiological criteria of special working capacity of highly skilled boxers. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2016, no. 11(141), pp. 270-274. (in Russ.).
17. Shayakhmetova E.Sh., Muftakhina R.M., Lintarev A.L., Galimov A.M. Psychophysiological features of adaptive-compensatory reactions of organism boxers on training. *Fundamental research*, 2014, no. 1, pp. 82-86. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Янина Евгеньевна Бугаец – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры физиологии, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар, e-mail: yana_bugaetz@mail.ru.
Алексей Анатольевич Близнюк – кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой теории и методики спортивных единоборств, тяжелой атлетики и стрелкового спорта, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар, e-mail: maloi-alex@mail.ru.
Ираклий Гивиевич Малазония – кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры теории и методики спортивных единоборств, тяжелой атлетики и стрелкового спорта, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар, e-mail: Irakly.malazonya@yandex.ru.
Алина Станиславовна Гронская – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры физиологии, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар, e-mail: gro_al@mail.ru.
Илья Михайлович Резников – магистрант, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар, e-mail: ladya123@mail.com.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Yanina E. Bugaets – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physiology, Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar, e-mail: yana_bugaetz@mail.ru.
Aleksej A. Bliznuk – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Theory and Methods of Martial Arts, Weightlifting and Shooting Sports, Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar, e-mail: maloi-alex@mail.ru.
Irakli G. Malazonia – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physiology, Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar, e-mail: Irakly.malazonya@yandex.ru.
Alina S. Gronskaya – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physiology, Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar, e-mail: gro_al@mail.ru.
Ilya M. Reznikov – master's student, Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar, e-mail: ladya123@mail.com.

Для цитирования: Пространственно-временные характеристики квалифицированных боксеров в годичном цикле тренировочного процесса / Я.Е. Бугаец, А.А. Близнюк, И.Г. Малазония [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_5

For citation: Bugaets Ya.E., Bliznuk A.A., Malazonia I.G., Gronskaya A.S., Reznikov I.M. Spatiotemporal characteristics of qualified boxers in a one-year training cycle. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_5

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_6
УДК 612.821

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_6
UDC 612.821

СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА РОЛЬ АСТРОЦИТАРНЫХ ГЛИАЛЬНЫХ КЛЕТОК В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ (ОБЗОР ПРОБЛЕМЫ)

Д.С. Громова[1,2], Н.Р. Попова[2]
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Самара, Россия
[2]Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт теоретической и экспериментальной биофизики» Российской академии наук, г. Пущино, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Глиальные клетки у человека выполняют множество важнейших функций: опорную, трофическую, секреторную, защитную, регуляторную и являются наиболее распространенными клетками центральной нервной системы. Цель данной статьи: провести обзор современных данных о роли и значении астроцитарных глиальных клеток в функционировании центральной нервной системы. ***Методы.*** В работе использовали контент-анализ литературных источников, поиск проводился по базам данных РИНЦ и PubMed. ***Результаты.*** В статье описаны современные данные, доказывающие необходимое участие астроцитов в осуществлении нормальной синаптической передачи, регуляции концентрации ионов в нервной ткани, осуществлении работы всех транспортных систем гемато-энцефалического барьера. Отдельное внимание уделено вопросам способности астроцитов к фагоцитозу и их функциональной связи с клетками микроглии. ***Заключение.*** Таким образом, проведен комплексный обзор современных данных о роли и значении астроцитарных глиальных клеток в функционировании центральной нервной системы.
Ключевые слова: астроциты, глиальные клетки, астроглия, синаптическая передача, центральная нервная системы.

A MODERN VIEW OF THE ROLE OF ASTROCYTIC GLIAL CELLS IN THE FUNCTIONING OF THE NERVOUS SYSTEM (REVIEW OF THE PROBLEM)

D.S. Gromova[1,2], N.R. Popova[2]
[1]Samara State Medical University, Samara, Russia
[2]Institute of Theoretical and Experimental Biophysics, Pushchino, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Glial cells in humans perform many vital functions: support, trophic, secretory, protective and regulatory, and are the most common cells in the central nervous system. The purpose of this article is to review current data on the role and importance of astrocytic glial cells in the functioning of the central nervous system. ***Methods.*** The study utilized content analysis of literary sources, and searches were conducted in the Russian Science Citation Index and PubMed databases. ***Results.*** The article describes current data demonstrating the essential role of astrocytes in normal synaptic transmission, regulation of ion concentration in nervous tissue, and the functioning of all transport systems of the blood-brain barrier. Particular attention is paid to the issues of the ability of astrocytes to phagocytosis and their functional relationship with microglial cells. ***Conclusion.*** Thus, we have conducted a comprehensive review of current data on the role and significance of astrocytic glial cells in the functioning of the central nervous system.
Keywords: astrocytes, glial cells, astroglia, synaptic transmission, central nervous system.

Введение. Концепцию глии впервые сформулировал в 1846 г. Р. Вирхов. Он говорил о том, что «у нас есть часть не проводящая, инертная, формообразующая», что именно глия отделяет кровеносные сосуды от нейронной ткани. Однако, долгое время среди анатомов и гистологов глии не придавалось особого значения, она рассматривалась исключительно как клей, скрепляющий нейроны [1].

У человека глиальные клетки выполняют множество важнейших функций: опорную, трофическую, секреторную, защитную, регуляторную. Глия обеспечивает питание и нормальное функционирование нейронов, а также поддерживает постоянство среды вокруг нейронов. Глиальные клетки играют роль электрического изолятора, а также служат пространственным барьером для распространения медиаторов

и ионов. Они участвуют в процессе навигации аксонов. Благодаря своей способности к делению в течение всей жизни организма глиальные клетки участвуют в процессе восстановления и регенерации нервной ткани. У всех млекопитающих, в том числе у человека, глиальные клетки являются наиболее распространенными клетками центральной нервной системы и составляют до 90% от общего количества клеток мозга [2, 3].

Все это позволило уйти от существовавшей ранее парадигмы нейроцентричности и сформулировать новую концепцию активной среды мозга, в которой глиальные клетки являются полноценными элементами нервной ткани и в той же мере, что и нейроны, необходимы для обеспечения и регуляции множества процессов [4].

Цель данной статьи: провести обзор современных данных о роли и значении астроцитарных глиальных клеток в функционировании центральной нервной системы.

Методы и организация исследования. В работе применялся контент-анализ литературных источников по вопросам строения, классификации, функционирования астроцитарных глиальных клеток. Поиск источников литературы осуществляли в базах данных PubMed и РИНЦ. Временной горизонт поиска распространялся на 2018-2025 гг. Были идентифицированы наиболее актуальные публикации с российскими и зарубежными исследованиями.

Результаты исследования и их обсуждение. В результате анализа литературы были описаны современные концепции, касающиеся участия астроцитов в обеспечении нервных процессов и их значении в функционировании центральной нервной системы.

Термин «астроциты» впервые ввел в 1895 году Михай Леннхошк. В настоящее время описано большое количество морфологических типов астороцитов. У высших приматов и человека имеются особые субпопуляции астроцитов: интерламинарные астроциты и поляризованные астроциты, функциональные особенности которых пока не известны [1, 5]. Основную популяцию астроцитов мозга составляют протоплазматические и фиброзные клетки [6].

Астроциты способны генерировать глюкозу и отдавать ее нейронам. С этим связано содержание в них гликогена в виде гранул. В условиях гипогликемии гликоген астроцитов в конечном итоге превращается в молочную кислоту, которая транспортируется в нейроны и служит энергетическим субстратом для обеспечения процессов в анаэробных условиях. Гликоген, запасенный в астроцитах и переработанный в лактат, энергетически обеспечивает молекулярные изменения в нейроне, необходимые для формирования долговременной памяти. Также астроциты поставляют нейронам и другие вещества, нужные для их метаболизма [7-10]. Стоит отметить и тот факт, что в астроцитах протекает липидный обмен, при этом липиды, продуцируемые астроцитами, доставляются к нейронам и олигодендроцитам в качестве компонентов синаптических и миелиновых мембран [7].

Астроциты регулируют концентрацию ионов в межклеточном пространстве, быстро удаляют избыток K^+ при резком нарастании его концентрации. Один из путей регуляции уровня K^+ связан с высокой проницаемостью астроцитов для K^+, благодаря наличию в них Na^+ /K^+ /$2Cl^-$ котранспортера [11].

Астроциты регулируют постоянство водно-солевого баланса мозга, секрецию аргинин-вазопрессина, вносят вклад в поддержание гомеостаза мозга за счет экспрессии аквапоринов [12].

Астроциты контролируют работу всех транспортных систем гемато-энцефалического барьера (ГЭБ) и входят в состав глимфатической системы мозга. Они секретируют вещества, модулирующие кровоток, регулируя диаметр капилляров. Высвобождаемые астроцитами простагландин Е2, оксид азота и арахидоновая кислота вызывают сужение или расширение мозговых сосудов. Также наблюдается активация кальций-зависимых калиевых каналов на мембране астроцита в месте контакта сосуда и отростков астроцита, что приводит к гиперполяризации гладкомышечных клеток и расслаблению сосуда [13-15].

Недавно было установлено, что при определенных условиях астроциты могут выполнять функцию фагоцитоза. До

недавнего времени считалось, что этим свойством обладают только микроглиальные клетки. Однако, и сами клетки микроглии регулярно погибают, после чего погибшие клетки должны каким-то образом удаляться из нервной системы. Сложности заключаются в том, что сами клетки микроглии не воспринимают себе подобных как «мусор» и поэтому фагоцитировать самих себя не могут. Оказалось, эту функцию взяли на себя астроциты. Также было обнаружено, что астроциты не поглощают клетки микроглии просто так, они используют белки-опсонины C4b, которые прикрепляются к поверхности мертвых микроглиальных клеток, выступая маркером того, что их нужно удалить [16].

Особое значение астроглия имеет для функционирования синапсов. Существует специфический астроцитарный белок – тромбоспондин, который стимулирует образование синапсов в нервной системе. Однако астроциты могут вызывать разрушение синапсов, стимулируя повышение содержания комплемента 1q в синапсе. При разрушении щелевых контактов астроцитов происходит демиелинизация нервных волокон [12, 17].

Один астроцит способен формировать связи с несколькими сотнями тысяч синапсов и удалять избыток нейромедиатора из синаптической щели. Число глутаматергических синапсов, контактирующих с астроцитами, различается в разных отделах мозга: от 60-90% в мозжечке, 50-90% в гиппокампе и 80% в стриатуме. Астроциты очень чувствительны к активности глутаматергических нейронов и в норме постоянно регулируют синаптическую передачу и пластичность в этих синапсах. После выделения глутамата пресинаптическим окончанием он захватывается астроцитами и при участии глутаминсинтетазы, которая содержится исключительно в астроцитах, преобразуется в глютамин. Глутамин выделяется астроцитами и захватывается нейронами при помощи специальных переносчиков. В нейроне глютамин превращается в глютаминовую кислоту под действием глутаминазы. Глутамат-глутаминовый цикл представляет собой важный пример кооперативной работы астроцитов и нейронов [6, 18]. Имеется достаточно доказательств того, что астроциты способны регулировать синаптическую активность, вызванную и другими нейротрансмиттерами, такими как гамма-аминомасляная кислота (ГАМК), ацетилхолин, аденозинтрифосфат (АТФ) и норадреналин во многих отделах мозга. В отростках астроцитов повышена экспрессия транспортеров для таких медиаторов, как глутамат, ГАМК, глицин [19, 20].

Пресинаптические отростки астроцитов несут многие метаботропные и ионотропные рецепторы к нейромедиаторам, благодаря которым способны отслеживать текущее функциональное состояние синапса. Активация этих рецепторов генерирует динамические Ca^{2+} волны, которые наблюдаются как в клеточных телах, так и в дистальных отростках астроцитов. Важнейшей формой ответа астроцита на нейротрансмиттеры является повышение уровня внутриклеточного кальция, что, в свою очередь, может приводить к высвобождению из астроцитов молекул-передатчиков, таких как глутамат, D-серин, АТФ/аденозин или ГАМК, называемых глиотрансмиттерами.

В настоящее время, на основании всех имеющихся работ о значении астроцитов в синаптической передаче, сложилась концепция о «трехчастном синапсе», в основе которой лежит представление о том, что астроциты не просто изолируют синапсы своими отростками, а воспринимают и активно регулируют синаптическую активность. Активность астроцитов в синаптических контактах влияет на стабилизацию синаптической передачи и долговременную потенциацию и, соответственно, на процессы обучения и памяти [6].

Заключение. Проведенный обзор показывает, что астроцитарные глиальные клетки обеспечивают сложные клеточные взаимодействия необходимые для нормального функционирования центральной нервной системы и являются важными клетками нервной ткани, необходимыми для реализации сложных гомеостатических и когнитивных процессов.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 075-00223-25-03.

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

Financing. The article was prepared under the State Task of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation No. 075-00223-25-03.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Астроциты головного мозга человека: морфология и функции / С.Н. Рябцева, И.А. Семеник, М.А. Корнеева [и др.] // Медицинский журнал. – 2023. – № 1. – С. 33-42.
2. Развитие, структура и функции глиальных клеток Drosophila melanogaster / Е.В. Рябова, Е.М. Латыпова, Н.В. Сурина [и др.] // Интегративная физиология. – 2020. – Т. 1. – № 3. – С. 202-211.
3. Reactive astrocyte nomenclature, definitions, and future directions / C. Escartin, E. Galea, A. Lakatos [et al.] // Nat. Neurosci. – 2021. – Vol. 24. – No. 3. – P. 312-325.
4. Semyanov, A. Astrocytic processes: from tripartite synapses to the active milieu / A. Semyanov, A. Verkhratsky // Trends in Neurosciences. – 2021. – Vol. 44. – P. 781-792.
5. Verkhratsky, A. Evolution of Neuroglia / A. Verkhratsky, M.S. Ho, V. Parpura // Adv. Exp. Med. Biol. – 2019. – Vol. 1175. – P. 15-44.
6. Александрова, М.А. Астроциты мозга – свита делает короля / М.А. Александрова, К.К. Сухинич // Онтогенез. – 2022. – Т. 53. – № 4. – С. 265-286.
7. Метаболическая пластичность астроцитов / Я.В. Горина, А.Б. Салмина, А.И. Ерофеев [и др.] // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. – 2021. – Т. 57. – № 6. – С. 453-468.
8. Ultrastructural Evidence for a Role of Astrocytes and Glycogen-Derived Lactate in Learning-Dependent Synaptic Stabilization / E. Vezzoli, C. Calì, M. De Roo [et al.] // Cerebr Cortex. – 2020. – Vol. 30. – P. 2114-2127.
9. Takahashi, S. Metabolic compartmentalization between astroglia and neurons in physiological and pathophysiological conditions of the neurovascular unit / S. Takahashi // Neuropathology. – 2020. – Vol. 40. – P. 121-137.
10. Astrocytic glycogen metabolism in the healthy and diseased brain / L.K. Bak, A.B. Walls, A. Schousboe [et al.] // J. Biol. Chem. – 2018. – Vol. 293. – No. 19. – P. 7108-7116.
11. Калинина, Ю.А. Астроциты и их участие в механизмах терапевтического действия мультипотентных мезенхимальных стромальных клеток при ишемическом повреждении головного мозга / Ю.А. Калинина, Е.Г. Гилерович, Д.Э. Коржевский // Гены и клетки. – 2019. – Т. 14. – № 1. – С. 33-40.
12. Астроциты и их роль в патологии центральной нервной системы / Л.Р. Горбачева, И.А. Помыткин, А.М. Сурин [и др.] // Российский педиатрический журнал. – 2018. – Т. 21. – № 1. – С. 46-53.
13. Клетки церебрального эндотелия и периваскулярной астроглии в регуляции нейрогенеза / Е.А. Тепляшина, Я.В. Горина, Е.Д. Хилажева [и др.] // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2022. – Т. 108. – № 5. – С. 530-546.
14. Angiopoietin-like 4 promotes angiogenesis and neurogenesis in a mouse model of acute ischemic stroke / Z. Qiu, J. Yang, G. Deng [et al.] // Brain Res. Bull. – 2021. – Vol. 168. – P. 156-164.
15. Takahashi, S. Metabolic compartmentalization between astroglia and neurons in physiological and pathophysiological conditions of the neurovascular unit / S. Takahashi // Neuropathology. – 2020. – Vol. 40. – No. 2. – P. 121-137.
16. Microglial debris is cleared by astrocytes via C4b-facilitated phagocytosis and degraded via RUBICON-dependent noncanonical autophagy in mice / T. Zhou, Y. Li, X. Li [et al.] // Nat Commun. – 2022. – Vol. 13. – P. 6233.
17. Маркеры активации астроцитов (обзор) / Я.В. Горина, А.Б. Салмина, А.И. Ерофеев [и др.] // Биохимия. – 2022. – Т. 87. – № 7. – С. 975-998.
18. Вербицкий, Е.В. Астроцитарные сети и регуляция медленноволнового сна / Е.В. Вербицкий // Эффективная фармакотерапия. – 2022. – № 18(36). – С. 8-11.
19. Швалев, В.Н. Астроциты и пластичность синапсов. Часть 1. Синаптогенные молекулы / В.Н. Швалев, А.А. Сосунов, Ю.А. Челышев // Неврологический вестник. – 2018. – Т. 50. – № 2. – С. 55-60.
20. Astrocyte-neuron signaling in synaptogenesis / L. Shan, T. Zhang, K. Fan [et al.] // Front. Cell. Dev. Biol. – 2021. – Vol. 9. – P. 680301.

REFERENCES

1. Ryabceva S.N., Semyonik I.A. et al. Human brain astrocytes: morphology and functions. *Medical Journal*, 2023, no. 1, pp. 33-42. (in Russ.)
2. Ryabova E.V., Latypova E.M., Surina N.V. Et al. The development, structure and function of glial cells in the nervous system of Drosophila melanogaster. *Integrative Physiology*, 2020, vol. 1, no. 3, pp. 202-211. (in Russ.)
3. Escartin C., Galea E., Lakatos A. et al. Reactive astrocyte nomenclature, definitions, and future directions. *Nat. Neurosci.*, 2021, vol. 24, no. 3, pp. 312-325.
4. Semyanov A., Verkhratsky A. Astrocytic processses: from tripartite synapses to the active milieu. *Trends in Neurosciences*, 2021, vol. 44**,** pp. 781-792.
5. Verkhratsky A., Ho M.S., Parpura V. Evolution of Neuroglia.*AdvExpMedBiol.*,2019,vol.1175,pp.15-44.

6. Aleksandrova M.A., Suhinich K.K. Astrocytes of the Brain – Retinue Plays the King. *Russian Journal of Developmental Biology*, 2022, vol. 53, no. 4, pp. 265-286. (in Russ.)
7. Gorina Ya.V., Salmina A.B., Erofeev A.I. et al. Metabolic plasticity of astrocytes. *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*, 2021, vol. 57, no. 6, pp. 453-468. (in Russ.)
8. Vezzoli E., Calì C., De Roo M. et al. Ultrastructural Evidence for a Role of Astrocytes and Glycogen-Derived Lactate in Learning-Dependent Synaptic Stabilization. *Cerebr Cortex*, 2020, vol. 30, pp. 2114-2127.
9. Takahashi S. Metabolic compartmentalization between astroglia and neurons in physiological and pathophysiological conditions of the neurovascular unit. *Neuropathology*, 2020, vol. 40, pp. 121-137.
10. Bak L.K., Walls A.B., Schousboe A., Waagepetersen H.S. Astrocytic glycogen metabolism in the healthy and diseased brain. *J. Biol. Chem*, 2018, vol. 293, no. 19, pp. 7108-7116.
11. Kalinina Yu.A., Gilerovich E.G., Korzhevskij D.E. Astrocytes and their participation in the mechanisms of therapeutic action of MSC in ischemic brain injury. *Genes and Cells*, 2019, vol. 14, no. 1, pp. 33-40. (in Russ.)
12. Gorbachyova L.R., Pomytkin I.A., Surin A.M. et al. Astrocytes and their role in the pathology of the central nervous system. *Russian Pediatric Journal*, 2018, vol. 21, no. 1, pp. 46-53. (in Russ.)
13. Teplyashina E.A., Gorina Ya.V., Khilazheva E.D. et al. Cells of the Cerebral Endothelium and Perivascular Astroglia in the Regulation of Neurogenesis. *Russian Journal of Physiology*, 2022, vol. 108, no. 5, pp. 530-546. (in Russ.)
14. Qiu Z., Yang J., Deng G. et al. Angiopoietin-like 4 promotes angiogenesis and neurogenesis in a mouse model of acute ischemic stroke. *Brain Res Bull*, 2021, vol. 168, pp. 156-164.
15. Takahashi S. Metabolic compartmentalization between astroglia and neurons in physiological and pathophysiological conditions of the neurovascular unit. *Neuropathology*, 2020, vol. 40, no. 2, pp. 121-137.
16. Zhou T., Li Y., Li X. et al. Microglial debris is cleared by astrocytes via C4b-facilitated phagocytosis and degraded via RUBICON-dependent noncanonical autophagy in mice. *Nat Commun*, 2022, vol. 13, p. 6233.
17. Gorina Ya.V., Salmina A.B., Erofeev A.I. et al. Astrocyte activation markers. *Biochemistry*, 2022, vol. 87, no. 7, pp. 975-998. (in Russ.)
18. Verbitskij E.V. Astrocytes Networks and Slow Wave Sleep Regulation. *Effective Pharmacotherapy*, 2022, vol. 18(36), pp. 8-11. (in Russ.)
19. Shvalev V.N., Sosunov A.A., Chelyshev Yu.A. Astrocytes and plasticity of synapses. Part I. Synaptogenic molecules. *Neurology Bulletin*, 2018, vol. 50, no. 2, pp. 55-60. (in Russ.)
20. Shan L., Zhang T., Fan K. et al. Astrocyte-neuron signaling in synaptogenesis. *Front. Cell. Dev. Biol*, 2021, vol. 9, pp. 680301.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Дарья Сергеевна Громова – старший преподаватель кафедры общей и молекулярной биологии, Самарский государственный медицинский университет, Самара; научный сотрудник лаборатории экспериментальной радиобиологии Института теоретической и экспериментальной биофизики Российской Академии Наук, Пущино; e-mail: d.s.gromova@samsmu.ru.
Нелли Рустамовна Попова – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией экспериментальной радиобиологии Института теоретической и экспериментальной биофизики Российской Академии Наук, Пущино.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Daria S. Gromova – Senior Lecturer of the Department of General and Molecular Biology, Samara State Medical University, Samara; Researcher of the Laboratory of the Experimental Radiobiology, Institute of Theoretical and Experimental Biophysics of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, e-mail: d.s.gromova@samsmu.ru.
Nelli R. Popova – Candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory of the Experimental Radiobiology, Institute of Theoretical and Experimental Biophysics of the Russian Academy of Sciences, Pushchino.

Для цитирования: Громова, Д.С. Современный взгляд на роль астроцитарных глиальных клеток в функционировании нервной системы (обзор проблемы) / Д.С. Громова, Н.Р. Попова // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_6

For citation: Gromova D.S., Popova N.R. A modern view of the role of astrocytic glial cells in the functioning of the nervous system (review of the problem). *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_6

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_7
УДК [373.5.016:796.011]:612+159.92-055.25

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_7
UDC [373.5.016:796.011]:612+159.92-055.25

ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА УРОКОВ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ И ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕВОЧЕК В СТАРШЕЙ ШКОЛЕ

А.В. Деркач[1], Е.Н. Пашутина[2], Н.А. Гарская[1]
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, Россия
[2]Государственное образовательное учреждение высшего образования Московской области «Государственный гуманитарно-технологический университет», г. Орехово-Зуево, Россия

Аннотация. ***Введение.*** В 10-11-х классах у старшеклассниц возрастает стрессовая академическая нагрузка. Цель исследования – определить характер влияния количества учебных часов по предмету «Физическая культура» на функциональное состояние и уровень психофизиологического напряжения у девочек. ***Методы.*** Выполнен сравнительный анализ кардиореспираторного и вегетативного статуса, а также результатов психофизиологической диагностики учениц 10-11-х классов (I четверть 2021/22 и 2022/23 уч. гг.). ***Результаты.*** Увеличение количества уроков физкультуры ассоциировалось с улучшением показателей сердечно-сосудистой системы и стабилизацией индекса массы тела. Динамика психоэмоциональной сферы оказалась неоднозначной, хотя социально-психологический климат в классах оставался благоприятным. ***Заключение.*** Показана необходимость мониторинга психоэмоциональных показателей у девочек при увеличении количества еженедельных уроков по физической культуре.
Ключевые слова: физическое воспитание, адаптационные ресурсы, психофизиологические показатели.

THE INFLUENCE OF THE NUMBER OF PHYSICAL EDUCATION CLASSES ON FUNCTIONAL AND PSYCHOPHYSIOLOGICAL PARAMETERS IN HIGH SCHOOL GIRLS

A.V. Derkach[1], E.N. Pashutina[2], N.A. Garskaya[1]
[1]Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia
[2]University for Humanities and Technologies, Orekhovo-Zuyevo, Russia

Abstract. ***Introduction***. In 10-11th grades, high school girls experience increased academic stress. The aim of the study was to determine how the number of physical education lessons influences the functional state and the level of psychophysiological stress in high school girls. ***Methods.*** We conducted a comparative analysis of cardiorespiratory, autonomic, and psychophysiological indicators in 10th and 11th-grade girls during the first terms of the 2021/22 and 2022/23 academic years. ***Results.*** An increase in the number of physical education lessons was associated with improved cardiovascular parameters and stabilization of body mass index. Changes in the psychoemotional sphere were heterogeneous, while the socio-psychological climate in the classes remained favorable. ***Conclusion.*** The findings indicate the need to monitor psychoemotional indicators in high school girls when the number of weekly physical education lessons is increased.
Keywords: physical education, adaptive capabilities, psychophysiological parameters.

Введение. Современная стратегия развития образования в Российской Федерации ориентирована на формирование здоровьесберегающей среды, в которой физическое воспитание является неотъемлемой частью учебного процесса. Это особенно важно в старшей школе, поскольку данный период совпадает с завершением пубертатного этапа развития и формированием долговременных адаптационных резервов организма у девочек.

Актуальность исследования обусловлена наличием противоречия между потенциальными возможностями физического воспитания и реальной практикой. Несмотря на признанную значимость образовательный стандарт ограничивается двумя-тремя уроками физической культуры

в неделю, что может не отвечать физиологическим потребностям старшеклассниц. Анализ литературных данных свидетельствует о недостаточной изученности влияния количества учебных часов по предмету «Физическая культура» на совокупность показателей – от функциональных резервов кардиореспираторной системы до психоэмоционального состояния учащихся [1-6]. Большинство работ фокусируется на изолированных физиологических или психологических аспектах, в то время как интегральная оценка эффективности различных режимов организации физического воспитания остается малоизученной.

Цель исследования – выявить характер влияния количества учебных часов по предмету «Физическая культура» (от 2 до 5 в неделю) на функциональное состояние и уровень психофизиологического напряжения у девочек старшего школьного возраста.

Методы и организация исследования. Исследование проводилось в течение первой учебной четверти 2021-2022 и 2022-2023 учебных годов. В нем приняли участие ученицы 10-х и 11-х классов Государственного учреждения Луганской Народной Республики «Луганское общеобразовательное учреждение – средняя общеобразовательная школа № 17 им. Валерия Брумеля» (далее – ГУ ЛНР «ЛОУ–СОШ № 17 им. В. Брумеля»).

Регистрация функциональных (гемодинамические показатели, характеристики вегетативной регуляции) и психофизиологических параметров проводилась в утренние часы в контролируемых условиях школьного медицинского кабинета. Перед началом исследования у родителей каждой участницы было получено письменное информированное согласие. Протокол исследования соответствовал принципам Хельсинкской декларации и требованиям действующих нормативных документов, регламентирующих проведение исследований с участием несовершеннолетних.

Для проведения сравнительного анализа все участницы были разделены на четыре группы:

Группа I (основная): девочки 10 «А» класса, занимавшиеся по программе с увеличенным количеством уроков физической культуры (пять в учебную неделю) в течение 2021-2022 учебного года.

Группа II (основная): девочки 11 «А» класса, занимавшиеся по программе с увеличенным количеством уроков физической культуры (пять в учебную неделю) в течение 2022-2023 учебного года.

Группа III (контрольная): девочки 10 «Б» класса, занимавшиеся по программе с базовым количеством уроков физической культуры (два в учебную неделю) в течение 2021-2022 учебного года.

Группа IV (контрольная**):** девочки 11 «Б» класса, занимавшиеся по программе с базовым количеством уроков физической культуры (два в учебную неделю) в течение 2022-2023 учебного года.

В исследовании применен комплекс физиологических и психологических методов. Оценка адаптационных возможностей организма учениц включала следующие три этапа:

- Соматофизиометрическое тестирование. Антропометрия для расчета индекса массы тела (ИМТ) и измерения гемодинамических показателей: частоты сердечных сокращений (ЧСС) и артериального давления (АД) в состоянии относительного покоя. Определение силы кисти ведущей руки с помощью кистевого динамометра [7, 8];

- Расчет интегральных индексов. Индекс Робинсона (ИР); уровень физического состояния (УФС) по методу Е.А. Пироговой; коэффициент здоровья (КЗ) по модифицированной формуле Р.М. Баевского; силовой индекс (СИ) [7];

- Психофизиологическая диагностика. Методики Л.Г. Федоренко «Как определить состояние психологического климата в классе» и Г. Айзенка «Диагностика самооценки психических состояний» для количественной оценки уровней тревожности, фрустрации, агрессии и ригидности [9].

Первичная регистрация данных осуществлялась в индивидуальных протоколах. Статистическая обработка проводилась с применением пакета прикладных программ Statistica 10. Для описания выборок рассчитывались среднее арифметическое (M), стандартная ошибка среднего (m), диапазон вариативности (Lim (R)), а также коэффициент вариации (CV) для оценки однородности совокупности.

Оценка степени соответствия значений показателей нормальному распределению осуществлялась с использованием критерия Шапиро-Уилка. При наличии нормального распределения для оценки достоверности разности между сравниваемыми группами использовали t-критерий Стьюдента, в случае отклонения от нормального распределения – критерий Манна-Уитни [10].

Различия показателей считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Комплексная оценка физического состояния и адаптационных резервов организма девочек 10-11-х классов свидетельствует о существенных различиях между группами с разным количеством уроков физической культуры в учебную неделю. Полученные в ходе работы данные систематизированы и представлены в таблице 1.

Результаты исследования свидетельствуют о стабилизирующем влиянии повышенного уровня физической активности на параметры физического развития. Как видно из таблицы 1, средние значения ИМТ в группах с пятью уроками в неделю (I группа: 19,44±0,48 кг/м²; II группа: 19,41±0,56 кг/м²) находятся в рамках медико-физиологической нормы и статистически не отличаются между собой.

Таблица 1

Функциональные показатели девочек старшей школы в зависимости от количества уроков физической культуры в учебную неделю

Показатели	Девочки			
	с увеличенным количеством уроков физической культуры		с традиционным количеством уроков физической культуры	
	I группа (n=22)	II группа (n=13)	III группа (n=10)	IV группа (n=11)
ИМТ, кг/м^2	19,44±0,48	19,41±0,56	20,15±1,25	20,54±1,19
Lim (R)	17,0-2,3 (5,3)	15,8-23,1 (7,3)	15,6-27,8 (12,2)	16,3-29,0 (12,7)
CV, %	8,50	10,42	19,69	19,22
Индекс Робинсона, усл.ед.	94,40±4,33	95,07±3,82	115,79±7,20*	112,40±7,53*
Lim (R)	64,3-117,0 (52,7)	76,7-122,2 (45,5)	78,2-155,7 (77,5)	78,7-174,8 (96,2)
CV, %	15,89	14,48	19,66	22,24
УФС, усл.ед.	0,56±0,04	0,60±0,03	0,44±0,05	0,47±0,05*
Lim (R)	0,3-0,9 (0,6)	0,4-0,8 (0,4)	0,2-0,7 (0,5)	0,04-0,7 (0,7)
CV, %	25,27	18,33	36,36	38,30
КЗ, баллы	1,99±0,06	2,00±0,06	2,29±0,13*	2,32±0,08*
Lim (R)	1,6-2,3 (0,7)	1,6-2,4 (0,7)	1,6-3,1 (1,5)	1,9-2,9 (1,0)
CV, %	10,55	11,00	17,47	12,07
СИ, %	38,15±2,29	45,85±2,86	39,33±3,78	42,20±3,16
Lim (R)	30,0-51,2 (21,2)	32,3-62,2 (29,9)	25,4-59,6 (34,2)	28,0-62,7 (34,7)
CV, %	19,89	22,49	30,42	24,81

Примечание: ИМТ – индекс массы тела; Lim (R) – диапазон изменчивости признака; CV – коэффициент вариации; * – разница между показателями основной и контрольной групп статистически значима ($p \leq 0,05$); УФС – уровень физического состояния; КЗ – коэффициент здоровья; СИ – силовой индекс.

Статистический анализ индекса Робинсона выявил достоверные различия ($p \leq 0,05$) между группами с разным количеством уроков физической культуры в неделю (табл. 1). В контрольных группах (III, IV) были зарегистрированы статистически более высокие значения индекса, что свидетельствует о повышенном функциональном напряжении кардиореспираторной системы и увеличении кислородного запроса

миокарда в состоянии покоя. Напротив, в основных группах (I, II) отмечены достоверно более низкие значения индекса Робинсона, отражающие экономичный режим работы сердца и положительные адаптационные изменения. Анализ вариабельности показателя выявил нестабильность вегетативной регуляции у части испытуемых в группе IV при стандартной учебной нагрузке. В группах I и II была зафиксирована меньшая вариабельность показателя, что свидетельствует о стабильности функционального состояния сердечно-сосудистой системы на фоне развития кардиореспираторной выносливости.

Анализ УФС, представленный в таблице 1, показал, что в основных группах (I, II) были зарегистрированы достоверно более высокие средние значения УФС (0,56±0,04 и 0,60±0,03 усл.ед.) по сравнению с контрольными группами. В контрольных группах (III, IV) средние значения УФС были значимо ниже (0,44±0,05 и 0,47±0,05 усл.ед. соответственно). Высокий коэффициент вариации в контрольных группах отражает широкий разброс индивидуальных адаптационных возможностей – от низких до удовлетворительных.

Согласно данным таблицы 1, анализ КЗ выявил статистически значимые различия между группами с различной физической нагрузкой ($p \leq 0,05$). Учащиеся I и II основных групп находились в зоне удовлетворительной адаптации с экономичным режимом функционирования кардиореспираторной системы (CV ≈ 10-11%). В то же время у девочек из контрольных групп (III и IV) наблюдалось напряжение механизмов адаптации. Полученные значения КЗ свидетельствуют о недостаточности функциональных резервов сердечно-сосудистой системы для адекватного ответа на нагрузки учебного процесса, что может рассматриваться как проявление дезадаптации.

Средние значения СИ во всех группах соответствовали норме, и достоверных различий между группами занимающихся с разной физической нагрузкой (2 или 5 уроков в учебную неделю) не выявлено.

Проведенный анализ функциональных показателей убедительно демонстрирует положительное влияние повышенной физической активности на соматическое здоровье старшеклассниц. Однако целостная оценка состояния организма требует комплексного подхода, учитывающего не только физиологические, но и психоэмоциональные аспекты. В связи с этим на следующем этапе исследования был проведен анализ психофизиологических показателей, позволяющий оценить влияние двигательной активности на психическое состояние и эмоциональное благополучие девочек (табл. 2).

Психологический климат во всех группах находится в близком диапазоне (8,85-10,75 баллов), что свидетельствует о благоприятной атмосфере в классах. Согласно данным таблицы 2, при оценке уровня тревожности достоверных статистических различий между группами с разным количеством уроков физической культуры выявлено не было. Наименьшие показатели тревожности были зафиксированы в III группе, что может указывать на успешную психологическую адаптацию. В группах I и II значения были умеренными, однако высокая вариабельность во II группе (CV = 57,10%) отражает неоднородность психоэмоционального состояния участниц. В IV группе отмечался более высокий уровень тревожности (7,58±1,09 баллов) по сравнению с III группой, что, вероятно, связано с повышенной учебной нагрузкой в выпускном классе.

Анализ уровня фрустрации выявил статистически значимые межгрупповые различия ($p \leq 0,05$). Наименьшие показатели были зарегистрированы в контрольной группе IV (7,58±0,68 балла). В основных группах (I, II) значения были достоверно выше (10,42±1,13 и 9,70±1,37 балла соответственно), что, вероятно, связано с психоэмоциональным напряжением в период адаптации к повышенному объему физических нагрузок (табл. 2). На дифференцированный характер адаптационных реакций в группе II указывает высокий коэффициент вариации (CV = 44,54%).

Анализ уровня агрессивности, представленный в таблице 2, не выявил статистически значимых межгрупповых различий, что позволяет сделать вывод о сбалансированности данного параметра вне

зависимости от количества уроков физической культуры.

Согласно данным таблицы 2, при увеличении количества уроков физической культуры до пяти в неделю в основных группах наблюдалась тенденция к повышению уровня ригидности. Наиболее выраженное увеличение данного показателя было зафиксировано в группе II (8,70±0,96 балла), что может свидетельствовать о неоднородности индивидуальных реакций на повышенную нагрузку. Несмотря на отсутствие статистической значимости выявленная тенденция представляет интерес для дальнейших исследований влияния интенсивных физических нагрузок на психофизиологическое состояние учащихся.

Таблица 2

Психофизиологические показатели девочек старшей школы

Показатели	Девочки			
	с увеличенным количеством уроков физической культуры		с традиционным количеством уроков физической культуры	
	I группа (n=22)	II группа (n=13)	III группа (n=10)	IV группа (n=11)
Психологический климат, баллы	10,42±0,97	9,50±0,89	8,85±0,59	10,75±0,76
Lim (R)	6,0-15,0 (9,0)	6,0-13,0 (7,0)	6,0-13,0 (7,0)	6,0-15,0 (9,0)
CV, %	32,34	29,47	23,95	24,47
Тревожность, баллы	8,58±0,97	9,30±1,68	6,62±0,76	7,58±1,09
Lim (R)	2,0-13,0 (11,0)	1,0-16,0 (15,0)	3,0-11,0 (8,0)	3,0-15,0 (12,0)
CV, %	39,28	57,10	41,09	49,87
Фрустрация, баллы	10,42±1,13	9,70±1,37	10,00±0,69	7,58±0,68*
Lim (R)	1,0-17,0 (16,0)	2,0-18,0 (16,0)	6,0-15,0 (9,0)	2,0-10,0 (8,0)
CV, %	37,62	44,54	24,8	31,00
Агрессивность, баллы	8,92±1,14	9,80±1,19	8,38±0,98	7,08±1,46
Lim (R)	1,0-13,0 (12,0)	4,0-14,0 (10,0)	3,0-14,0 (11,0)	1,0-19,0 (18,0)
CV, %	44,17	38,47	42,05	71,33
Ригидность, баллы	6,83±1,11	8,70±0,96	6,08±0,56	6,42±0,75
Lim (R)	0,0-15,0 (15,0)	5,0-13,0 (8,0)	4,0-10,0 (6,0)	4,0-13,0 (9,0)
CV, %	56,51	34,71	33,22	40,65

Примечание: Lim (R) – диапазон изменчивости признака; CV – коэффициент вариации; * – разница между показателями основной и контрольной групп статистически значима ($p \leq 0,05$).

Заключение. На основании проведенного комплексного исследования можно сделать общий вывод о разнонаправленном влиянии увеличения количества уроков физической культуры на организм старшеклассниц.

Положительное влияние на функциональное состояние проявляется в значительном улучшении физиологических показателей (снижение индекса Робинсона, оптимизация ИМТ, улучшение коэффициента здоровья), что свидетельствует об усилении адаптационных резервов организма и экономизации работы сердечно-сосудистой системы. В отношении психоэмоционального состояния отмечается неоднозначный эффект: несмотря на отсутствие негативного влияния на психологический климат наблюдается тенденция к повышению уровня фрустрации и ригидности, что указывает на необходимость внедрения сопутствующих мер психолого-

педагогического сопровождения для оптимизации адаптации к повышенным физическим нагрузкам.

Таким образом, пятиразовые занятия физической культурой демонстрируют выраженный положительный эффект на соматическое здоровье при необходимости разработки дополнительных программ психологической поддержки для гармоничного развития девочек в старших классах.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блинова, Н.Г. Динамика показателей физического и психофизиологического развития детей в период от 7 до 12 лет / Н.Г. Блинова, Н.Н. Кошко, К.А. Кукченко // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2017. – № 1. – С. 99-106. DOI: 10.21603/2078-8975-2017- 1-99-106.
2. Деркач, А.В. Оценка физического развития учащихся 10-х классов в условиях техногенной городской среды / А.В. Деркач, Е.Н. Пашутина, Н.А. Гарская // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_4.
3. Гафнер, Е.В. Изучение психологического климата в классе / Е.В. Гафнер, Е.С. Морозова // Актуальные проблемы науки и перспективы развития образования. Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Орехово-Зуево, 2022. – С. 34-36.
4. Саттаров, А.Э. Влияние антропогенных, техногенных и высокогорных климато-географических факторов на показатели физического развития подростков и юношей (обзор литературы) / А.Э. Саттаров // Вестник КГМА им. И.К. Ахунбаева. – 2016. – Т. 1. – № 1. – С. 28-32.
5. Гришанова, Н.В. Динамика уровня физической подготовленности девочек среднего и старшего школьного возраста / Н.В. Гришанова // Педагогические науки. Физкультура и спорт. – 2019. – № 15. – С. 147-152.
6. Зайцева, С.А. Роль диагностики самооценки психических состояний студентов младших курсов аграрного университета / С.А. Зайцева, О.Н. Малахова, И.Т. Русских // Studia Humanitatis. – 2023 – № 1. URL: https://st- hum.ru/content/-zayceva-sa-malahova-russkih-it-rol-diagnostiki-sa-moocenki-psihicheskih-sostoyaniy-studentov (дата обращения: 05.12.2025).
7. Пашин, А.А. Мониторинг физического развития, физической и функциональной подготовленности учащейся молодежи: учеб. пособие / А.А. Пашин, Н.В. Анисимова, О.Н. Опарина. – Пенза: ПГУ, 2015. – 142 с.
8. Нормативы оценки антропометрических показателей у детей от 0 до 19 лет в соответствии с рекомендациями Всемирной организации здравоохранения / Н.Л. Черная, Г.С. Маскова, В.М. Ганузин [и др.]. – Ярославль, 2018. – 116 с.
9. Райгородский, Д.Я. Практическая психодиагностика. Методики и тесты: учебное пособие / Д.Я. Райгородский. – Самара: Бахрах-М, 2001. – 672 с.
10. Лакин, Г.Ф. Биометрия: учебное пособие для биологических специальностей вузов / Г.Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1990. – 351 с.

REFERENCES

1. Blinova N.G., Koshko N.N., Kukchenko K.A. Dynamics of indicators of physical and psychophysiological development of children aged 7-12. *Bulletin of Kemerovo State University,* 2017, no. 1, pp. 99-106. DOI: 10.21603/2078-8975-2017-1-99-106. (in Russ.)
2. Derkach A.V., Pashutina E.N., Garskaya N.A. Assessment of the physical development of the 10th grade pupils in an urban man-made environment. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_4. (in Russ.)
3. Gafner E.V., Morozova E.S. Study of the psychological climate in the classroom. Actual problems of science and prospects of education development. Collection of articles of the All-Russian scientific and practical conference with international participation. Orekhovo-Zuyevo, 2022, pp. 34-36. (in Russ.)
4. Sattarov A.E. The influence of anthropogenic, technogenic and high altitude climate-geographical factors on the physical development of adolescents and young men. (Review of literature). *Vestnik of I.K. Akhunbaeva KSMA*, 2016, vol. 1, no. 1, pp. 28-32. (in Russ.)
5. Grishanova N.V. Dynamics of the level of physical fitness of girls of middle and senior school age. *Pedagogical sciences. Physical education and sports,* 2019, no. 15, pp. 147-152. (in Russ.)
6. Zaitseva S.A., Malakhova O.N., Russkikh I.T. The role of self-assessment diagnostics of mental states of underclassmen of the agricultural university.

Studia Humanitatis, 2023, vol. 1. Available at: https://st-hum.ru/content/zayceva-sa-malahova-russkih-it-rol-diagnostiki-samoocenki-psihicheskih-sostoyaniy-studentov (accessed 05.12.2025). (in Russ.)
7. Pashin A.A., Anisimova N.V., Oparina O.N. Monitoring of physical development, physical and functional fitness of students: a learning guide. Penza: PSU, 2015. 142 p. (in Russ.)
8. Chernaya N.L., Maskova G.S., Ganuzin V.M., Shubina E.V., Dadaeva O.B. Standards for the assessment of anthropometric indicators in children from 0 to 19 years old in accordance with the recommendations of the World Health Organization. 2nd edition, expanded. Yaroslavl, 2018. 116 p. (in Russ.)
9. Raigorodsky D.Ya. Practical psychodiagnostics. Methods and tests: a textbook. Samara: Bakhrakh-M, 2001. 667 p. (in Russ.)
10. Lakin G.F. Biometrics: a textbook for biological specialties of universities. Moscow: Vyshaya shkola, 1990. 351 p. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Анна Васильевна Деркач – старший преподаватель кафедры биологии и общей патологии, Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, e-mail: anni.nik@yandex.ru.
Елена Николаевна Пашутина – кандидат биологических наук, доцент кафедры фармакологии и фармацевтических дисциплин, Государственный гуманитарно-технологический университет, Орехово-Зуево, e-mail: pashutina07@mail.ru.
Наталья Александровна Гарская – кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и общей патологии, Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, e-mail: natalya_g@bk.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Anna V. Derkach – Senior Lecturer of the Biology and General Pathology Department, Don State Technical University, Rostov-on-Don, e-mail: anni.nik@yandex.ru.
Elena N. Pashutina – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Pharmacology and Pharmacological Disciplines Department, University of Humanities and Technology, Orekhovo-Zuyevo, e-mail: pashutina07@mail.ru.
Natalya A. Garskaya – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Biology and General Pathology Department, Don State Technical University, Rostov-on-Don, e-mail: natalya_g@bk.ru.

Для цитирования: Деркач, А.В. Влияние количества уроков физической культуры на функциональные и психофизиологические показатели девочек в старшей школе / А.В. Деркач, Е.Н. Пашутина, Н.А. Гарская // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_7

For citation: Derkach A.V., Pashutina E.N., Garskaya N.A. The influence of the number of physical education classes on functional and psychophysiological parameters in high school girls. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_7

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_8
УДК 612.886:796.912

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_8
UDC 612.886:796.912

ОСОБЕННОСТИ АФФЕРЕНТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФУНКЦИИ РАВНОВЕСИЯ У ФИГУРИСТОВ В ПОДГОТОВИТЕЛЬНОМ ПЕРИОДЕ

В.И. Ивлев[1], А.В. Шевцов[2]
[1]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск, Россия
[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена», г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Эффективность системы управления движениями в фигурном катании определяется интеграцией сенсорной информации от различных афферентных систем. Их дисбаланс в подготовительном периоде может существенно лимитировать спортивный результат, что обуславливает актуальность данного исследования. ***Методы.*** Методом компьютерной стабилографии оценивались показатели функции равновесия в условиях наличия и отсутствия зрительной информации. ***Результаты.*** В подготовительном периоде ведущую роль в афферентном обеспечении равновесия играет зрительный анализатор. При его выключении выявлена недостаточность проприоцептивного контроля, проявляющаяся в росте амплитуды и скорости колебаний центра давления и манифестации функциональной асимметрии. ***Заключение.*** Диссоциация между зрительным и проприоцептивным контурами регуляции равновесия у фигуристов обосновывает необходимость применения методов модуляции нейромышечного тонуса.
Ключевые слова: фигурное катание, функция равновесия, афферентное обеспечение, проприоцепция, сенсорная депривация, функциональная асимметрия, физиологическая адаптация.

AFFERENT MECHANISMS UNDERLYING BALANCE FUNCTION IN FIGURE SKATERS DURING THE PREPARATION PERIOD

V.I. Ivlev[1], A.V. Shevtsov[2]
[1]South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia
[2]Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The effectiveness of the motor control system in figure skating is determined by the integration of sensory information from various afferent systems. Their imbalance during the preparation period may significantly limit athletic performance, which substantiates the relevance of this study. ***Methods.*** Using computer stabilography, parameters of balance function were assessed under conditions of visual availability and visual deprivation. ***Results.*** During the preparation period, the visual analyzer plays a predominant role in afferent provision of equilibrium. Upon exclusion of visual input, insufficiency of proprioceptive control was revealed, manifesting as increased amplitude and velocity of center of pressure displacement, as well as manifestation of pronounced functional asymmetry. ***Conclusion.*** The dissociation between visual and proprioceptive regulatory circuits of balance in figure skaters substantiates the necessity of implementing neuromuscular tone modulation techniques.
Keywords: figure skating, postural balance, afferent pathways, proprioception, sensory deprivation, functional laterality, physiological adaptation.

Введение. Способность к сохранению устойчивого положения тела (функция равновесия) является фундаментальным компонентом спортивного мастерства в фигурном катании [1]. С физиологической точки зрения эта способность обеспечивается сложным взаимодействием афферентных систем: зрительной, вестибулярной и проприоцептивной (соматосенсорной). Качество поступающей сенсорной информации и эффективность ее центральной интеграции определяют точность и экономичность

управляющих команд, посылаемых к мышцам-стабилизаторам.

В подготовительном периоде годичного цикла на фоне высоких физических нагрузок и восстановления технических навыков происходит активная перестройка функциональных систем организма [2]. Известно, что утомление и локальное мышечное перенапряжение могут искажать проприоцептивную информацию, поступающую от мышечных веретен и сухожильных органов Гольджи. В этих условиях центральная нервная система может вынужденно переходить на преимущественное использование зрительного контроля как более надежного источника информации, что, однако, снижает автономность и помехоустойчивость системы управления движениями [3].

Понимание специфики афферентного обеспечения функции равновесия у фигуристов именно на этапе «втягивания» в нагрузку необходимо для грамотного построения тренировочного процесса. Выявление слабости проприоцептивного звена или скрытой асимметрии паттернов движения может служить сигналом для внедрения методик, направленных на нормализацию нейромышечного тонуса и восстановление адекватной соматосенсорной чувствительности.

Цель исследования – выявить особенности афферентного обеспечения функции равновесия у квалифицированных фигуристов в подготовительном периоде на основе анализа показателей стабилографического тестирования в условиях зрительного контроля и депривации.

Методы и организация исследования. Исследование имело дизайн одномоментного поперечного исследования (cross-sectional study). В исследование были включены 46 квалифицированных фигуристов – воспитанники спортивной школы олимпийского резерва «Звездный лед» (г. Санкт Петербург), специализирующиеся в одиночном фигурном катании. В качестве критериев включения были отобраны: квалификация не ниже I взрослого разряда; возраст на момент обследования 16-20 лет; стаж спортивной подготовки не менее 5 лет; участие в регулярных тренировочных занятиях в объеме не менее 20 часов в неделю на момент обследования; отсутствие острых заболеваний в течение последних двух недель, предшествующих обследованию. В качестве критериев исключения: наличие заболеваний органов зрения; прием лекарственных средств и биологически активных добавок, влияющих на функцию вестибулярного аппарата или нервно-мышечную передачу; отказ спортсмена или его представителя от информированного согласия на участие в исследовании.

Обследования фигуристов проводились на базе научной лаборатории Академии физической и реабилитационной медицины (г. Санкт-Петербург) в середине подготовительного периода годичного цикла подготовки (июль 2025 г.). Оценка функции равновесия проводилась методом компьютерной стабилографии на аппаратно-программном комплексе «Стабилан-01-2» (ЗАО «ОКБ «РИТМ», г. Таганрог, Россия). Комплекс прошел метрологическую поверку и сертификацию в соответствии с ГОСТ Р 50444-2020 и рекомендациями Международной организации по стандартизации (ISO 13485:2016) в декабре 2024 г.

Исследование проводилось в положении свободного стояния, в основной стойке (стопы параллельно, расстояние между ними 5-7 см, руки вдоль туловища). Спортсмен находился на стабилографической платформе в освещенном помещении при температуре воздуха 18-24 °C и относительной влажности 40-60%. Исследование предварялось ознакомительным периодом (2-3 попытки) для адаптации к условиям тестирования.

Протокол тестирования включал две пробы:

1. Проба с открытыми глазами (ГО): спортсмен поддерживал равновесие при нормальном зрительном контроле. Направленность взгляда фиксировалась на точку, расположенную на уровне глаз на расстоянии 1 м. Продолжительность пробы составляла 60 с.

2. Проба с закрытыми глазами (ГЗ): спортсмен выполнял аналогичное задание, закрыв глаза.

Последовательность проб была стандартизирована: сначала выполнялась проба ГО,

затем проба ГЗ. Интервал между пробами – 30 с, что позволило избежать кумулятивного эффекта утомления.

Статистическая обработка данных проводилась в программном пакете Statistica 13.0 (StatSoft Inc., США). Характер распределения количественных признаков оценивался с помощью критерия Шапиро-Уилка. Для описания количественных данных с нормальным распределением использовались среднее арифметическое (M) и стандартное отклонение (σ), данные представлялись в формате M±σ. В случаях, когда распределение отличалось от нормального, применялись медиана (Me) и квартили, данные представлялись в формате Me [Q1; Q3]. При сравнении двух групп количественных данных (пробы с открытыми/закрытыми глазами) с нормальным распределением использовался парный t-критерий Стьюдента, с отличным от нормального – W-критерий Вилкоксона. Различия считались статистически значимыми при уровне ошибки $p<0,05$.

Исследование проводилось в соответствии с Хельсинкской декларацией, принципами надлежащей клинической практики и действующим законодательством Российской Федерации. Все спортсмены и их родители/опекуны (для лиц до 18 лет) дали информированное письменное согласие на участие в исследовании.

Результаты исследования и их обсуждение. Полученные данные стабилографического тестирования фигуристов в подготовительном периоде в целом характеризуют состояние афферентного обеспечения системы управления движениями как незавершенную адаптацию к специфическим нагрузкам в фигурном катании (табл.).

Таблица

Показатели функции равновесия квалифицированных фигуристов в пробах с открытыми и закрытыми глазами, M±σ, Me [Q1; Q3]

Показатель		Проба ГО	Проба ГЗ	P<
Площадь эллипса, мм²		86,79 [75,56; 97,69]	164,38 [143,07; 185,07]	0,001
Качество функции равновесия, %		82,69±2,40	71,77±2,85	0,001
Скорость перемещения центра давления, мм/с		9,49 [8,30; 10,63]	12,88 [11,25; 14,45]	0,001
Мощность векторограммы, мм²/с		2,46±0,28	4,31±0,42	0,001
Нормированная площадь векторограммы, мм²/с		0,301±0,07	0,394±0,08	0,001
Коэфф. резкого изменения направления движения, %		16,74±1,68	18,30±1,23	0,001
Средняя линейная скорость, мм/с		9,77±0,74	12,73±0,68	0,001
Средняя угловая скорость, град/с		27,71±2,02	25,94±1,08	0,001
Амплитуда вариации линейной скорости, мм/с		5,05±0,31	7,12±0,50	0,001
Амплитуда вариации угловой скорости, град/с		26,24±1,12	24,86±0,46	0,001
Период вариации линейной скорости, с		0,523±0,02	0,528±0,06	–
Период вариации угловой скорости, с		0,471±0,01	0,490±0,01	–
Соотношение линейной и угловой скоростей, мм/град		0,37±0,03	0,47±0,03	0,001
Коэфф. асимметрии	угловой скорости, %	0,07 [-1,2; 1,4]	-9,54 [-11,13; -9,10]	0,001
	фронт. составляющей, %	0,08 [-0,5; 0,6]	2,34 [1,79; 2,55]	0,001
	сагитт. составляющей, %	0,01 [-0,42; 0,56]	0,81 [0,73; 1,02]	0,01
	накопл. угла смещения, об/мин	-0,99 [-4,2; 2,1]	-21,28 [-23,8; -19,0]	0,001

Примечание: ГО – с открытыми глазами; ГЗ – с закрытыми глазами.

Как показано в таблице, для пробы с открытыми глазами большинство показателей функции равновесия имело нормальное распределение и умеренную

вариабельность, что свидетельствовало о достаточно упорядоченной работе механизмов поддержания вертикальной позы. Это соответствует многочисленным данным о том, что у спортсменов сложнокоординационных видов спорта система управления движениями уже на базовом уровне функционирует более экономично и организованно по сравнению с нетренированными лицами [4]. Однако даже при наличии зрительного контроля выявлялись латентные признаки функциональной асимметрии (по показателям угловой скорости, фронтальной и сагиттальной составляющих), выражающиеся в доминировании односторонних вращательных компонентов. Это подтверждает современные представления о том, что в начале подготовительного периода функциональный статус спортсменов существенно отличается от их оптимального соревновательного профиля.

Анализ проб с закрытыми глазами во всех основных показателях позволил выявить снижение позной устойчивости и рост амплитудно-пространственных колебаний центра давления (ЦД) при зрительной депривации, который характерен для этапа срочной адаптации, причем для части показателей распределение становилось ненормальным (площадь эллипса, скорость перемещения ЦД, функциональные асимметрии). Это говорит не только об ожидаемом усилении роли проприоцептивной и вестибулярной афферентации при депривации зрения, но и о гетерогенности стратегий стабилизации тела у разных спортсменов. Подобная картина хорошо согласуется с данными F. Asseman и соавт. (2005), показавшими, что у элитных гимнастов выключение зрения приводит к увеличению площади и скорости колебаний ЦД, причем выраженность эффекта зависит не только от сложности позы, но и от ее специфики для данного вида спорта [5].

В более раннем исследовании на выборке фигуристов, где оценивали влияние нейромышечного тренинга на постуральный контроль, показано, что именно тесты с закрытыми глазами наиболее чувствительны к изменениям функционального состояния: после цикла нейромышечных тренировок у фигуристов статистически значимо снижалась длина траектории ЦД при закрытых глазах, тогда как цикл общеподготовительных тренировок такой динамики не давал [6]. На этом фоне полученные данные можно рассматривать как условно «исходный» уровень формирования адаптационной базы, когда:

- зрительная афферентация еще играет ведущую роль в регуляции моторных программ;
- проприоцептивные и вестибулярные механизмы полностью не адаптированы к специфике вращательно-динамических действий;
- при депривации зрения возникает разнонаправленная динамика кинематических параметров: наблюдается выраженный рост линейной скорости, мощности векторограммы и амплитуды вариации линейной скорости при снижении средней угловой скорости и амплитуды ее вариации. В совокупности со снижением качества функции равновесия это указывает на переход к более размашистым, но менее скоростным вращательным колебаниям ЦД, что характерно для снижения экономичности регуляторных процессов в управлении позой.

Отсутствие статистически значимых изменений периода колебаний (как линейной, так и угловой скорости) в пробе с закрытыми глазами свидетельствует о жесткости временной структуры регуляции позы. Несмотря на существенный рост амплитуды раскачивания фигуристы сохраняют привычный ритм постуральных коррекций, что интерпретируется как сохранение общей организованности процесса управления движениями даже в условиях сенсорного конфликта. Это согласуется с данными T. Paillard (2014), который в обзоре по спортивно-специфическим адаптациям постурального контроля показывает, что у подготовленных спортсменов при усложнении задачи (в т.ч. выключение зрения) активируются специфические, заранее «подготовленные» моторные стратегии, тогда как у менее тренированных наблюдается выраженный распад схемы регуляции позы [7].

Можно предположить, что в подготовительном периоде фигуристы находятся в состоянии, когда общая структура

регуляции функции равновесия уже сформирована, но специфическая координационная настройка механизмов под специфическую двигательную нагрузку еще не восстановлена. Аналогичная логика прослеживается в работе С.М. Абуталимовой с соавт. (2024), где показано, что у гимнасток разных возрастов спектральные характеристики стабилограммы изменяются в зависимости от периода подготовки: в подготовительный период возрастает доля низкочастотных и хаотичных компонент, что отражает поиск устойчивой стратегии регуляции позы [8].

Важным моментом, на наш взгляд, является то, что временные показатели стабилизации ЦД в обеих пробах демонстрируют узкое нормальное распределение с минимальной вариабельностью и только незначимым смещением при депривации зрения. Это указывает на то, что нейродинамическая структура постуральных коррекций (частота микрокоррекций, «ритм» работы ЦД) у фигуристов уже достаточно автоматизирована и мало зависит от текущего периода подготовки. В этой части полученные данные согласуются с результатами исследования по развитию координации у фигуристов группы начальной подготовки, где авторы отмечают, что систематическая тренировка даже на ранних этапах довольно быстро стабилизирует пространственно-временную структуру движений, тогда как амплитуда и качество выполнения элементов совершенствуются гораздо медленнее [9]. Следовательно, в подготовительном периоде мы видим сохранность «ядра» постурального ритма при трансформации амплитудно-пространственных характеристик равновесия.

Особого внимания заслуживают показатели асимметрии угловой скорости, фронтальной и сагиттальной составляющих, а также асимметрия накопленного угла смещения (рис.).

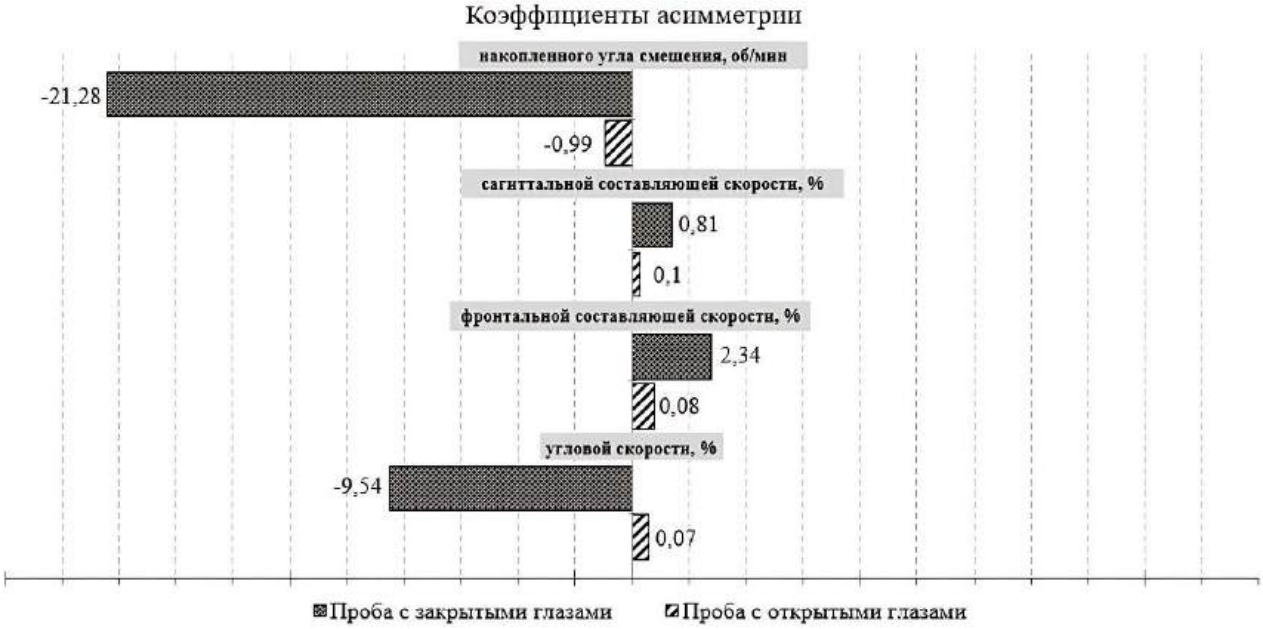


Рис. Показатели асимметрии афферентного обеспечения функции равновесия у квалифицированных фигуристов в подготовительном периоде (n=46)

В пробе с открытыми глазами они невелики и в ряде случаев нормально распределены, что свидетельствует о достаточной симметричности постуральной активности в условиях упрощенной задачи. Однако в пробе с закрытыми глазами асимметрия угловой скорости и накопленного угла смещения формирует выраженное смещенное, ненормальное распределение с устойчивой негативной медианой. Аналогичные тенденции описаны в работах научного коллектива из Поволжской государственной академии физической культуры, спорта и туризма, где авторами анализировались стабилографические показатели у фигуристов на фоне совершенствования техники вращений: после целенаправленного тренинга уменьшались

асимметрии и нормализовывались параметры траектории ЦД, тогда как на исходном этапе (до вмешательства) отмечались выраженные доминирующие направления вращения и высокие значения интегральных асимметричных показателей [10]. С учетом этого можно предположить, что функционально фигуристы в подготовительном периоде занимают промежуточное положение между состоянием срочной и долговременной адаптации (напряжение регуляторных механизмов). При этом, их функция равновесия уже специфична (что подтверждается характером асимметрий и выраженной латерализацией вращательных параметров), но степень сенсорной автономности (способности поддерживать позу без постоянной концентрации зрения) еще недостаточна.

Заключение. Проведенное исследование характеризует особенности адаптационного профиля системы управления движениями квалифицированных фигуристов в подготовительном периоде и выявляет ключевую особенность: выраженная диссоциация между зрительным и проприоцептивным контурами регуляции функции равновесия. Спортсмены демонстрируют сформированный базовый моторный контроль с устойчивым доминированием вращательного стереотипа, однако в условиях сенсорного конфликта (зрительная депривация) отмечается декомпенсированная асимметрия паттернов движения и избыточность нейромышечного тонуса. Это свидетельствует о незавершенности процесса функциональной интеграции афферентных систем и недостаточной степени сенсорной автономности.

Установленная недостаточность проприоцептивного контроля и выявленные признаки функциональной асимметрии паттернов движения при выключении зрительной информации указывают на необходимость целенаправленной модуляции нейромышечного тонуса. Это представляется обоснованной стратегией для нормализации соматосенсорной чувствительности, восстановления проприоцептивного контроля и формирования адекватной функциональной асимметрии паттернов движения, соответствующей специфике фигурного катания.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мишин, А.Н. Биомеханика движений фигуриста / А.Н. Мишин. – Москва: ООО «ЛЕНАНД», 2021. – 224 с.
2. The Effect of Hurdling Performance on The Adaptive Profile of Cerebral Blood Flow in Vestibular Irritation / A.A. Semchenko, A.V. Savchenkov, A.V. Nenasheva, S.M. Tayebi // Annals of Applied Sport Science. – 2021. – Vol. 9. – No. 4. – P. e1047.
3. Шевцов, А.В. Функциональное состояние висцеральных систем организма спортсменов при немедикаментозном способе коррекции мышечно-тонической асимметрии паравертебральной зоны: автореферат дис. … степени д-ра биол. наук / Шевцов Анатолий Владимирович. – Челябинск, 2012. – 38 с.
4. Influence of gymnastics training on the development of postural control / C. Garcia, J.A. Barela, A.R. Viana, A.M. Barela // Neuroscience Letters. – 2011. – No. 492(1). – P. 29-32.
5. Asseman, F. Effects of the removal of vision on body sway during different postures in elite gymnasts / F. Asseman, O. Caron, J. Crémieux // International Journal of Sports Medicine. – 2005. – No. 26(2). – P. 116-119.
6. Effect of training on postural control in figure skaters: a randomized controlled trial of neuromuscular versus basic off-ice training programs / E.J. Kovacs, T.B. Birmingham, L. Forwell, R.B. Litchfield // Clinics in Sports Medicine. – 2004. – No. 14(4). – P. 215-224.
7. Paillard, T. Sport-Specific Balance Develops Specific Postural Skills / T. Paillard // Sports Medicine. – 2014. – No. 44. – P. 1019-1020.
8. Динамика показателей спектрального анализа при проведении стабилометрического исследования у гимнасток разного возраста / С.М. Абуталимова, Ю.В. Корягина, Ю.В. Кушнарева, В.В. Корнева // Российский журнал спортивной науки: медицина, физиология, тренировка. – 2024. – Т. 3. – № 3(11). – URL: https://intsport.ru/images/journals/2024-3/Abutalimova2024R.pdf (дата обращения: 23.11.2025).
9. Губаева, Е.Е. Развитие координационных способностей у фигуристов группы начальной

подготовки / Е.Е. Губаева, Н.Н. Мугаллимова // Наука и спорт: современные тенденции. – 2015. – Т. 8. – № 3. – С. 132-137.
10. Иванова, К.С. Результаты апробации методики совершенствования техники вращений в одиночном фигурном катании на коньках на этапе спортивной специализации / К.С. Иванова, Т.В. Заячук, Ф.А. Мавлиев // Наука и спорт: современные тенденции. – 2018. – Т. 20. – № 3. – С. 60-66.

REFERENCES

1. Mishin A.N. Biomechanics of a figure skater's movements. 2nd ed., rev. and enl. Moscow: "LENAND LLC", 2021. 224 p. (in Russ.)
2. Semchenko A.A., Savchenkov A.V., Nenasheva A.V., Tayebi S.M. The effect of hurdling performance on the adaptive profile of cerebral blood flow in vestibular irritation. *Annals of Applied Sport Science*, 2021, vol. 9, no. 4, pp. e1047.
3. Shevtsov A.V. Functional state of visceral systems of athletes' body under a non-pharmacological correction method of muscle-tonic asymmetry of the paravertebral zone. An author's abstract. Chelyabinsk, 2012. 38 p. (in Russ.)
4. Garcia C., Barela J.A., Viana A.R., Barela A.M. Influence of gymnastics training on the development of postural control. *Neuroscience Letters*, 2011, no. 492(1), pp. 29-32.
5. Asseman F., Caron O., Crémieux J. Effects of the removal of vision on body sway during different postures in elite gymnasts. *International Journal of Sports Medicine*, 2005, no. 26(2), pp. 116-119.
6. Kovacs E.J., Birmingham T.B., Forwell L., Litchfield R.B. Effect of training on postural control in figure skaters: a randomized controlled trial of neuromuscular versus basic off-ice training programs. *Clinics in Sports Medicine*, 2004, no. 14(4), pp. 215-224.
7. Paillard T. Sport-specific balance develops specific postural skills. *Sports Medicine*, 2014, no. 44, pp. 1019-1020.
8. Abutalimova S.M., Koryagina Yu.V., Kushnareva Yu.V., Korneva V.V. Changes in spectral analysis indices in a stabilometric study of female gymnasts of different age. *Russian Journal of Sports Science: Medicine, Physiology, Training*, 2024, vol. 3, no. 3(11). Available at: https://intsport.ru/images/journals/2024-3/Abutalimova2024R.pdf (accessed 23.11.2025). (in Russ.)
9. Gubaeva E.E., Mugallimova N.N. Development of coordination abilities of skaters at a stage of initial training. *Science and Sport: Current Trends*, 2015, vol. 8, no. 3, pp. 132-137. (in Russ.)
10. Ivanova K.S., Zayachuk T.V., Mavliev F.A. Results of approbation of rotation refinement techniques in single skating at the stage of sport specialization. *Science and Sport: Current Trends*, 2018, vol. 20, no. 3, pp. 60-66. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Владимир Игоревич Ивлев – соискатель кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), Челябинск, e-mail: afrmspb@yandex.ru.
Анатолий Владимирович Шевцов – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой оздоровительной физической культуры и адаптивного спорта, Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, e-mail: sportmedi@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Vladimir I. Ivlev – applicant of the Department of Theory and Methods of Physical Culture and Sport, South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, e-mail: afrmspb@yandex.ru.
Anatolij V. Shevtsov – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Health Physical Culture and Adaptive Sport, Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg, e-mail: sportmedi@mail.ru.

Для цитирования: Ивлев, В.И. Особенности афферентного обеспечения функции равновесия у фигуристов в подготовительном периоде / В.И. Ивлев, А.В. Шевцов // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_8

For citation: Ivlev V.I., Shevtsov A.V. Afferent mechanisms underlying balance function in figure skaters during the preparation period. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_8

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_9
УДК 612-057.875:614

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_9
UDC 612-057.875:614

ГЕМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО КОЛЛЕДЖА

Н.И. Кошкарова, Е.И. Завертаная, Е.Н. Августа, А.М. Дуров
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Тюмень, Россия

Аннотация. ***Введение.*** В статье рассматриваются особенности гемодинамики студентов технического колледжа как индикатора их адаптационных возможностей в условиях возрастающей учебной нагрузки. ***Методы.*** В ходе работы определялись частота сердечных сокращений, значения артериальное давление, систолический и минутный объемы кровотока. Дополнительно вычислялись вегетативный индексы Кердо и Робинсона, индекс функциональных изменений и сердечный индекс. ***Результаты.*** Все изученные параметры соответствовали возрастным физиологическим нормам, значимых различий между половозрастными группами не выявлено. Функциональные индексы отражали преобладание симпатического звена регуляции и умеренное функциональное напряжение при сохраненной адаптации, тогда как у части студентов индекс Робинсона указывал на сниженные функциональные резервы. ***Заключение.*** Полученные данные свидетельствуют о необходимости раннего внедрения комплексных профилактических мер, направленных на поддержание функционального состояния организма студентов.
Ключевые слова: гемодинамика, студенты колледжа, адаптация, сердечно-сосудистая система, функциональное состояние, индекс Робинсона, вегетативная регуляция, функциональные резервы, стрессорные факторы, физиологическая адаптация.

HEMODYNAMIC INDICATORS OF TECHNICAL COLLEGE STUDENTS

N.I. Koshkarova, E.I. Zavertanaya, E.N. Avgusta, A.M. Durov
Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The article examines the characteristics of hemodynamics in technical college students as an indicator of their adaptive capacity under conditions of increasing academic load. ***Methods.*** Methods. Heart rate, blood pressure, stroke volume and cardiac output values were identified. In addition, the Kerdo autonomic index, the functional changes index, the cardiac index, and the Robinson index were calculated. ***Results.*** All the studied parameters corresponded to age-related physiological norms, and no significant differences were found between sex-age groups. The functional indices reflected a predominance of sympathetic regulation and moderate functional strain with preserved adaptation, whereas in some students the Robinson index indicated reduced functional reserves. ***Conclusion.*** The findings demonstrate the need for early implementation of comprehensive preventive measures aimed at maintaining the functional state of students' bodies.
Keywords: hemodynamics, college students, adaptation, cardiovascular system, functional state, Robinson index, autonomic regulation, functional reserves, stress factors, physiological adaptation.

Введение. Современное общество и государство стремятся обеспечить высокий уровень здоровья учащихся на всех этапах образовательного процесса. Ключевыми показателями состояния здоровья являются морфофункциональные характеристики, данные о рождаемости и смертности, а также гемодинамические показатели, которые рассматриваются как основные индикаторы здоровья [1-4].

Сердечно-сосудистая система играет ключевую роль в процессах адаптации организма к различным внешним воздействиям, включая умственные и физические нагрузки. Функциональные характеристики этой системы и особенности ее регуляции оказывают непосредственное влияние на эффективность адаптационных процессов, являясь количественными показателями, свидетельствующими о качестве адаптационных способностей организма [5-9].

Многоуровневая регуляция сердечно-сосудистой системы, обеспечиваемая сложными нейрогуморальными и нервно-

рефлекторными механизмами, направлена на поддержание оптимального уровня функционирования организма путем своевременного и адекватного кровоснабжения соответствующих структур [10, 11].

Переход от школьного обучения к получению высшего или среднего профессионального образования представляет собой важную веху в жизни студента. В этот период происходит значительное изменение привычного ритма жизни, бытовых условий и сферы коммуникации, что требует высокой адаптационной способности. Проблема адаптации особенно остро проявляется у студентов первого курса, которые проходят этап возрастного перехода от подросткового состояния к юношескому. Недостаточная приспособленность к новым условиям жизни, например, к проживанию в общежитии, может усиливать действие стрессовых факторов и отрицательно влиять на состояние здоровья и учебную деятельность обучающихся [12-14].

Учебный процесс в техническом колледже характеризуется высокой интенсивностью, необходимостью работы с оборудованием и механизмами, а также прохождением практики на производственных площадках, что значительно повышает требования к адаптационным ресурсам студентов. Физиологическое состояние учащихся напрямую влияет на их способность к обучению и общую работоспособность. Поэтому важно учитывать показатели гемодинамики при планировании учебного процесса [6, 13, 16].

Научно доказано, что исходные функциональные способности организма учащегося определяют как начальный этап его адаптации к новому жизненному периоду, так и общее качество приспособления к обучению [10, 17].

Универсальными маркерами процессов адаптации в организме человека, позволяющими оценивать текущее функциональное состояние и предполагать дальнейшее изменение ключевых физиологических систем, выступают параметры кровообращения (гемодинамические показатели) [18-20].

В современной литературе представлены данные о гемодинамических показателях студентов различных вузов и медицинских колледжей, однако информация о состоянии гемодинамики студентов технических колледжей встречается достаточно редко.

Цель данного исследования – изучение особенностей гемодинамики студентов технического колледжа.

Методы и организация исследования. Исследование выполнялось на базе многопрофильного колледжа Тюменского индустриального университета (ТИУ). В исследовательскую группу были включены обучающиеся с первого по третий курс, средний возраст которых составлял 17,5±1,4 лет. Общая численность выборки – 215 человек, среди них 118 юношей (54,9%) и 97 девушек (45,1%).

Оценка гемодинамических параметров осуществлялась в осенне-зимний сезон, в промежутке с ноября по декабрь 2024 года, преимущественно в утренние часы середины учебной недели. Измерения проводили в отдельном, специально выделенном помещении колледжа ТИУ, что позволило исключить влияние дополнительных стрессовых раздражителей – контрольных мероприятий, экзаменационных сессий, спортивных стартов и иных волнующих факторов. Все участники предварительно подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Для оценки состояния сердечно-сосудистой системы регистрировали ряд ключевых гемодинамических параметров: частоту сердечных сокращений (ЧСС), показатели артериального давления – систолического (САД) и диастолического (ДАД), систолический (СО) и минутный (МОК) объемы кровотока, а также вычисляли вегетативный индекс Кердо (ВИК), индекс функциональных изменений (ИФИ), сердечный индекс (СИ) и индекс Робинсона (ИР).

ЧСС определялась через анализ пульса, который является важным и чувствительным показателем работы сердечно-сосудистой системы. На величину ЧСС влияют возраст, пол и индивидуальные свойства организма, а также состояние внешней и внутренней среды [7]. Измерение частоты пульса выполняли с использованием аппаратно-программного комплекса «Поли-Спектр-8/ЕХ» (Россия, Иваново, ООО

«Нейрософт»). Нормальные значения ЧСС для подростков 16-18 лет находятся в диапазоне 60-80 уд/мин. Снижение показателя ниже 60 уд/мин указывает на брадикардию, а повышение до 90 уд/мин и более – на тахикардию [21].

Измерение САД и ДАД проводилось по методу Н.С. Короткова [22]. Для здоровых подростков 16-18 лет, как юношей, так и девушек, нормальные значения САД составляют 95-115 мм рт.ст., а ДАД – в среднем 54-71 мм рт.ст. [22].

СО, МОК, ВИК рассчитывали по общепринятым формулам. Для юношей 16-18 лет типичными значениями являются СО 64-80 мл и МОК 4,4-4,6 л/мин, для девушек – СО 58-70 мл и МОК 3,9-4,5 л/мин [23].

ВИК позволяет оценить преобладание того или иного вегетативного тонуса. В целом уровень вегетативного тонуса рассматривается как один из маркеров гомеостаза организма и одновременно как механизм его поддержания. Симпатическая ветвь вегетативной системы отвечает за мобилизацию ресурсов, накопление энергетических резервов [22, 24, 25]:

Оценку уровня функционирования системы кровообращения и определение ее адаптационного потенциала проводили путем расчета ИФИ [26-28].

Оценку степени напряжения регуляторных систем (СН) проводят по значению индекса функциональных изменений ИФИ:

- при удовлетворительной адаптации: СН = 1 при ИФИ<2,20 юноши, <1,96 девушки;
- при напряжении механизмов адаптации: СН = 2 при 2,21<ИФИ<2,43 юноши, 1,97<ИФИ<2,23 девушки;
- при неудовлетворительной адаптации: СН = 3 при 2,44<ИФИ<2,74 юноши, 2,24<ИФИ<2,50 девушки;
- при срыве адаптации: СН = 4 при ИФИ>2,75 юноши, ИФИ>2,51 девушки.

По величине СИ, являющегося основным в характеристике кровообращения, выделяются типы кровообращения: гипо-, эу- и гиперкинетический. Различные типы кровообращения обладают своеобразием адаптационных возможностей. При гипокинетическом варианте кровообращения (ГТК) СИ имеет значение ниже 2,75 л/мин/м². В этом случае сердечно-сосудистая система функционирует в наиболее экономичном режиме, обладая широким диапазоном адаптационных возможностей. Для гиперкинетического типа кровообращения (ГрТК) характерны значения СИ выше 3,5 л/мин/м². Сердце при таком типе работает менее экономично, а компенсаторные ресурсы организма выражены значительной активностью симпатоадреналовой системы. Если же показатели находятся в промежуточных пределах, кровообращение относят к эукинетическому типу (ЭТК), для которого СИ находится в диапазоне 2,75-3,5 л/мин/м².

СИ и ИР также рассчитывались по общеизвестным формулам.

ИР дает представление об энергопотенциале сердечно-сосудистой системы и характеризует систолическую работу сердца. Чем больше этот показатель на высоте физической нагрузки, тем больше функциональная способность сердечной мышцы. Чем ниже ИР в покое, тем выше максимальные аэробные способности и, следовательно, уровень соматического здоровья индивида. ИР является объективным отражением регуляторных процессов в сердце, мы рассчитали его на основании регистрируемых показателей.

При величине индекса 69 усл.ед. и ниже можно говорить о выраженно повышенных функциональных резервах сердечно-сосудистой системы. Значения в диапазоне 70-84 усл.ед. соответствуют нормальному уровню резервных возможностей. Если показатель составляет 85-94 усл.ед., это рассматривается как снижение функциональной устойчивости и ограниченность компенсаторных возможностей сердечно-сосудистой системы. При значении индекса от 95 усл.ед. до 110 усл.ед. есть признаки нарушения регуляции деятельности сердечно-сосудистой системы, от 111 усл.ед. и выше – регуляция деятельности сердечно-сосудистой системы нарушена.

Обработка полученных данных проводилась на персональном компьютере с использованием программного комплекса Statistica 10.0. По каждому исследуемому показателю определялись медианные значения (Me) и квартильный размах [Q1; Q3].

Проверка распределения выборки на соответствие нормальному закону выполнялась с применением критерия Колмогорова-Смирнова, в результате чего было установлено, что распределение параметров не является нормальным.

Студенты колледжа были сгруппированы по возрасту и полу. Оценка статистически значимых различий между независимыми выборками проводилась с использованием U-критерия Манна-Уитни. В качестве порогового уровня статистической значимости принималось значение $p<0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Установлено, что у учащихся колледжа (как у юношей, так и у девушек) медианные значения ЧСС находились в пределах физиологической нормы для данного возраста – 80 уд/мин (табл. 1). Диапазон нормы для возраста 16-17 лет составляет 71-85 уд/мин для юношей, 71-87 уд/мин для девушек (по данным Института гигиены детей и подростков).

Анализ уровней САД и ДАД в состоянии покоя показал, что у всех участников исследования медианные значения находились в пределах характерных для данного возраста физиологических норм: 110,00 мм рт.ст. для САД и 70,00 мм рт.ст. для ДАД.

Показатели артериального давления в значительной степени определяются объемом крови, выбрасываемым сердцем за одну систолу, и степенью сосудистого сопротивления. По нашим данным, медианные значения систолического объема крови у юношей и девушек существенно не различались и соответствовали нормальным величинам – 48,81 мл/мин и 44,44 мл/мин соответственно.

В ходе исследования показателей САД и ДАД в состоянии покоя у всех обследованных лиц значения медианы были в пределах оптимальных физиологических величин и составляли 110,00 мм рт.ст. и 70,00 мм рт.ст. соответственно.

Величина кровяного давления зависит главным образом от СО крови и диаметра сосудов. Как показывают наши данные, в группах юношей и девушек значения медиан СО статистически не имели значимых отличий, находились в пределах физиологических величин и составляли 48,81 и 44,44 мл/мин соответственно.

Таблица 1

Показатели сердечно-сосудистой системы
у юношей и девушек технического колледжа, Me [Q1; Q3]

Группы	ЧСС, уд/мин	САД, мм рт.ст.	ДАД, мм рт.ст.	СО, мл/мин	МОК, л/мин
Общая группа	80 [70,00; 87,00]	110 [100,00; 120,00]	70 [60,00; 70,00]	45,41 [42,42; 53,15]	3,69 [3,08; 4,22]
Юноши	74,5 [69,00; 83,50]	110 [110,00; 120,00]	70 [60,00; 70,00]	48,81 [44,44; 55,62]	3,74 [3,14; 4,15]
Девушки	82 [72,0; 89,0]	110 [100,00; 115,00]	70 [62,5; 70,00]	44,44 [34,29; 51,43]	3,6 [3,04; 4,25]
16 лет	82 [71,25; 86,50]	110 [100,00; 120,00]	70 [65,00; 70,00]	47,06 [34,43; 52,63]	3,6 [2,74; 4,27]
17 лет	77 [68,25; 95,75]	110 [103,75; 120,00]	65 [60,00; 70,00]	47,22 [41,82; 58,82]	3,93 [3,03; 4,17]
18 лет	79 [72,25; 83,5]	110 [107,5; 120,00]	70 [63,75; 70,00]	44,93 [44,44; 52,63]	3,66 [3,14; 4,14]

Примечание: ЧСС – частота сердечных сокращений; САД – систолическое артериальное давление; ДАД – диастолическое артериальное давление; СО – систолический объем крови; МОК – минутный объем кровообращения.

В нашем исследовании величина МОК находилась в пределах возрастной нормы, значения медианы и квартилей составляли 3,69 [3,08; 4,22] л/мин.

Достоверных отличий по показателям ЧСС, САД, ДАД, СО и МОК у юношей и девушек, а также в группах возраста не наблюдалось.

Проведенное определение ключевых параметров периферической гемодинамики дало возможность рассчитать ряд интегральных физиологических показателей, среди которых ВИК, ИФИ, СИ, а также ИР.

Полученные результаты анализа вегетативного состояния студентов колледжа продемонстрировали, что величина ВИК у большинства обследуемых свидетельствует о смещении баланса автономной регуляции в сторону доминирования симпатического отдела нервной системы (табл. 2).

Значения медианы ИФИ у студентов технического колледжа соответствуют удовлетворительной адаптации. Значения верхних квартилей не выходят за порог удовлетворительной адаптации, что в целом говорит о хорошем состоянии.

Таблица 2

Показатели функциональных индексов
у юношей и девушек технического колледжа, Me [Q1; Q3]

Группы	ВИК, усл.ед.	ИФИ, баллы	СИ, л/мин×м^2	ИР, усл.ед.
Общая группа	16,67 [2,83; 23,08]	1,98 [1,72; 2,11]	2,18 [1,77; 2,47]	88 [76,45; 97,00]
Юноши	13,93 [1,63; 21,13]	1,97 [1,71; 2,12]	2,1 [1,72; 2,36]	87,5 [75,08; 94,33]
Девушки	19,54 [3,27; 26,28]	1,98 [1,80; 2,09]	2,32 [1,90; 2,62]	90,2 [77,75; 98,70]
16 лет	14,63 [4,10; 21,69]	1,98 [1,79; 2,11]	2,24 [1,82; 2,45]	89,7 [77,10; 97,00]
17 лет	19,71 [4,21; 29,10]	1,99 [1,71; 2,04]	2,14 [1,74; 2,55]	84,9 [75,08; 99,45]
18 лет	14,97 [3,89; 20,89]	1,92 [1,79; 2,10]	2,1 [1,71; 2,46]	87,5 [77,75; 94,33]

Примечание: ВИК – вегетативный индекс Кердо, ИФИ – индекс функциональных изменений, СИ – сердечный индекс, ИР – индекс Робинсона.

Медианные значения СИ у юношей и девушек были ниже 2,75 л/мин×м^2, что указывает на экономичную деятельность сердца и гипокинетический тип кровообращения.

Значения медианы ИР у юношей и девушек находились в диапазоне от 85 усл.ед. до 94 усл.ед., что говорит о недостаточности функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы (табл. 2).

Также значение верхнего квартиля в общей группе студентов соответствовало 97,00 усл.ед., что указывает на признаки нарушения регуляции деятельности сердечно-сосудистой системы у некоторых студентов. Значимых отличий у юношей и девушек, а также в группах возраста по значениям показателей ВИК, ИФИ, СИ, ИР не обнаружено.

Заключение. Таким образом, значения показателей гемодинамики обследованных лиц находились в пределах оптимальных физиологических величин возрастной нормы. Значимых отличий в группах юношей и девушек и группах возраста не обнаружено.

Значения функциональных индексов отражали смещение вегетативного равновесия в сторону преобладания симпатического звена регуляции, указывали на умеренное функциональное напряжение и соответствовали адекватной физиологической адаптации, однако у некоторых студентов значения ИР указывают на недостаточность функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы.

Полученные результаты показывают, что с самого начала обучения в колледже необходимо внедрение комплексных мер, направленных на снижение воздействия стрессовых факторов и укрепление здоровья студентов. Особое внимание следует уделять социально-гигиеническим условиям: режиму питания, продолжительности сна, организации учебного и свободного времени, а также психологической поддержке, так как эти факторы существенно влияют на гемодинамические показатели и общую функциональную устойчивость организма. Создание благоприятной среды позволит не только

улучшить адаптационные возможности и функциональное состояние сердечно-сосудистой системы, но и снизить риск развития неблагоприятных изменений, связанных с хроническим стрессом и перегрузкой.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаджанян, Н.А. Здоровье студентов: монография / Н.А. Агаджанян. – М.: Изд-во РУДН, 1997. – 199 с.
2. Анохин, П.К. Очерки по физиологии функциональных систем / П.К. Анохин. – М.: Медицина, 1975. – 447 с.
3. Киек, О.В. Функциональное состояние учащихся по профессии токарь при прохождении производственной практики / О.В. Киек, В.М. Покровский // Экология человека. – 2020. – № 8. – С. 33-39.
4. Никифорова, К.А. Влияние факторов окружающей среды на гемодинамические показатели студентов / К.А. Никифорова // XXVII Всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартовского государственного университета: материалы конференции. – Нижневартовск, 2025. – С. 78-84.
5. Говорухина, А.А. Особенности системы кровообращения детей 8-17 лет разной этнической принадлежности, проживающих в условиях Ханты-Мансийского автономного округа – Югры / А.А. Говорухина, К.С. Конькова // Журнал медико-биологических исследований. – 2021. – Т. 9. – № 2. – С. 126-137.
6. Киек, О.В. Вариабельность ритма сердца у обучающихся профессии станочника деревообрабатывающих станков при прохождении производственной практики / О.В. Киек, В.М. Покровский // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2020. – № 3. – С. 135-141.
7. Мальцев, В.П. Особенности вариабельности сердечного ритма студентов в зависимости от пола и типа вегетативной регуляции / В.П. Мальцев, А.А. Говорухина, О.А. Мальков // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2022. – Т. 8. – № 4. – С. 126-135.
8. Heart rate variability analysis of normal and growth restricted children / W. Aziz, F.S. Schlindwein, M. Wailoo [et al.] // Clinical Autonomic Research. – 2012. – Vol. 22 (2). – P. 91-97.
9. Ноздрина, А.М. Влияние стресса на гемодинамические показатели студентов / А.М. Ноздрина // Наука и молодые ученые: сборник статей II Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза, 2025. – С. 146-150.
10. Баевский, Р.М. Концепция физиологической нормы и критерии здоровья / Р.М. Баевский // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2003. – Т. 89. – № 4. – С. 473-487.
11. Михайлов, В.Н. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метода / В.Н. Михайлов. – Иваново, 2000. – 182 с.
12. Предикторы развития артериальной гипертонии у лиц молодого возраста с высоким нормальным артериальным давлением / О.Н. Антропова, И.В. Осипова, Д.Г. Морозов, С.Б. Силкина // Кардиологический вестник. – 2022. – Т. 17. – № 2-2. – С. 37-38.
13. Киек, О.В. Роль вегетативной нервной системы в обеспечении адаптации к трудовому обучению учащихся специальности «мастер строительных и отделочных работ» / О.В. Киек, В.М. Покровский // Журнал медико-биологических исследований. – 2020. – Т. 8. – № 2. – С. 132-138.
14. Лесков, Н.Е. Оценка гемодинамических показателей у студентов 3 курса фармацевтического факультета в начале и в конце учебного семестра / Н.Е. Лесков, К.С. Кудин // Студенческая медицинская наука XXI века: материалы XXIV Междунар. науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых. – Витебск, 2024. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=82300086&pff=1 (дата обращения: 08.08.2024)
15. Association of negative affect with resting heart rate variability in medical students / I. Belica, F. Blasko, I. Sleziak [et al.] // Biological Psychology. – 2025. – Vol. 199. – P. 109073. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2025.109073.
16. Киек, О.В. Динамика регуляторно-адаптивного статуса учащихся при обучении рабочим профессиям / О.В. Киек, В.М. Покровский // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98. – № 3. – С. 314-318.
17. Агаджанян, Н.А. Проблемы адаптации и учение о здоровье / Н.А. Агаджанян, Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – М.: Изд-во РУДН, 2006. – 284 с.
18. Аршавский, И.А. Физиологические механизмы и закономерности индивидуального развития / И.А. Аршавский. – М.: Наука, 1982. – 270 с.
19. Measuring psychosocial stress with heart rate variability-based methods in different health and age groups / S.M. Seipäjärvi, A. Tuomola, J. Juurakko [et al.] // Physiological Measurement. – 2022. – Vol. 43(5). DOI: 10.1088/1361-6579/ac6b7c.
20. Heart rate variability as a biomarker for transdiagnostic depressive and anxiety symptom trajectory in adolescents and young adults / A. Wen, T.D. Zbozinek, J. Ruiz [et al.] // Psychopathology and Clinical Science. – 2024. – Vol. 133(8). – P. 638-646. DOI: 10.1037/abn0000946.

21. Баевский, Р.М. Адаптационные возможности и понятие физиологической нормы / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева // Тезисы докладов XVIII съезда физиологического общества им. И.П. Павлова. – Казань; М.: ГЭОТАР-МЕД, 2001. – С. 304.
22. Колбанов, В.В. Валеологический практикум: учеб. пособие / В.В. Колбанов. – СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2011. – 224 с.
23. Караулова, Л.К. Физиология: учеб. пособие / Л.К. Караулова, Н.А. Красноперова, М.М. Расулов. – М.: Академия, 2009. – 384 с.
24. Морман, Д. Физиология сердечно-сосудистой системы: методический справочник / Д. Морман, Л. Хеллер; пер. с англ. Г.А. Лаписа. – М. [и др.]: ПИТЕР, 2000. – 250 с.
25. Stability of heart rate variability indices reflecting parasympathetic activity / K. Bertsch, D. Hagemann, E. Naumann [et al.] // Psychophysiology. – 2012. – Vol. 49. – No. 5. – P. 672-682. DOI: 10.1111/j.1469-8986.2011.01341.
26. Баевский, Р.М. Введение в донозологическую диагностику / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – М.: Слово, 2008. – 220 с.
27. Лесков, Н.Е. Оценка качества сна и гемодинамических показателей у студентов / Н.Е. Лесков, А.В. Москалев // Актуальные вопросы современной медицины и фармации: материалы 76-й науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых, посвященной 90-летию университета. – Витебск, 2024. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=68563825&pff=1 (дата обращения: 08.08.2024)
28. Factors influencing the role of cardiac autonomic regulation in the service of cognitive control / L.J. Capuana, J. Dywan, W.J. Tays [et al.] // Biological Psychology. – 2014. – Vol. 102. – P. 88-97. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2014.07.015.
29. Комплексная оценка функциональных резервов организма / А.А. Айдаралиев, Р.М. Баевский, А.П. Берсенева [и др.]; отв. ред. В.А. Березовский. – Фрунзе: Илим, 1988. – 195 с.

REFERENCES

1. Agadzhanyan N.A. Students' Health: a monograph. Moscow: RUDN University Press, 1997. 199 p. (in Russ.)
2. Anokhin P.K. Essays on the Physiology of Functional Systems. Moscow: Meditsina, 1975. 447 p. (in Russ.)
3. Kiyok O.V., Pokrovskii V.M. The functional state of turner students during the apprenticeship. *Human Ecology*, 2020, no. 8, pp. 33-39. (in Russ.)
4. Nikiforova K.A. Influence of environmental factors on the hemodynamic parameters of students. XXVII All-Russian Student Scientific and Practical Conference of the Nizhnevartovsk State University: conference materials. Nizhnevartovsk, 2025. pp. 78-84. (in Russ.)
5. Govorukhina A.A., Konkova K.S. Features of the Circulatory System in 8-17-Year-Old Children of Different Ethnic Groups Living in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra. *Journal of Medical and Biological Research*, 2021, vol. 9, no. 2, pp. 126-137. (in Russ.)
6. Kiyok O.V., Pokrovskii V.M. Heart rate variability in woodworking machinist trainees during workshop practice. *Ul'yanovskiy mediko-biologicheskiy zhurnal*, 2020, no. 3, pp. 135-141. (in Russ.)
7. Mal'tsev V.P., Govorukhina A.A., Mal'kov O.A. Peculiarities of students' heart rate variability depending on gender and type of vegetative regulation. *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, 2022, vol. 8, no. 4, pp. 126-135. (in Russ.)
8. Aziz W., Schlindwein F.S., Wailoo M., Biala T., Rocha F.C. Heart rate variability analysis of normal and growth restricted children. *Clinical Autonomic Research*, 2012, vol. 22 (2), pp. 91-97.
9. Nozdrina A.M. The effect of stress on the hemodynamic parameters of students. Science and young scientists: collection of articles of the II International Scientific and Practical Conference. Penza, 2025. pp. 146-150. (in Russ.)
10. Baevsky R.M. Concept of physiological norm and health criteria. *Russian Journal of Physiology*, 2003, vol. 89, no. 4, pp. 473-487. (in Russ.)
11. Mikhailov V.N. Heart rate variability: experience of practical application of the method. Ivanovo, 2000. 182 p. (in Russ.)
12. Antropova O.N., Osipova I.V., Morozov D.G., Silkina S.B. Predictors of arterial hypertension development in young individuals with high normal blood pressure. Cardiological Bulletin, 2022, vol. 17, no. 2-2, pp. 37-38. (in Russ.)
13. Kiyok O.V., Pokrovskii V.M. The Role of the Autonomic Nervous System in the Adaptation of Construction and Finishing Work Students to Practical Training. *Journal of Medical and Biological Research*, 2020, vol. 8, no. 2, pp. 132-138. (in Russ.)
14. Leskov N.E., Kudin K.S. Evaluation of hemodynamic parameters in 3-year students of the Pharmacy Faculty at the beginning and end of the academic semester. Student Medical Science of the 21st Century: Proceedings of the XXI International Scientific and Practical Conference of students and young scientists. Vitebsk, 2024. Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id=82300086&pff=1 (accessed 08.08.2024) (in Russ.)
15. Belica I., Blasko F., Sleziak I. et al. Association of negative affect with resting heart rate variability in medical students. *Biological Psychology*, 2025, vol. 199, article 109073. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2025.109073.
16. Kiyok O.V., Pokrovskii V.M. Dynamics of the regulatory adaptive status of students training working occupations. *Hygiene and Sanitation*, 2019, vol. 98, no. 3, pp. 314-318. (in Russ.)
17. Agadzhanyan N.A., Baevsky R.M., Berseneva A.P. Problems of Adaptation and the Health Doctrine. Moscow: Publishing house RUDN, 2006. 284 p. (in Russ.)

18. Arshavskij I.A. Physiological mechanisms and patterns of individual development. Moscow: Nauka, 1982. 270 p. (in Russ.)
19. Seipäjärvi S.M., Tuomola A., Juurakko J. et al. Measuring psychosocial stress with heart rate variability-based methods in different health and age groups. *Physiological Measurement*, 2022, vol. 43, no. 5. DOI: 10.1088/1361-6579/ac6b7c.
20. Wen A., Zbozinek T. D. et al. Heart rate variability as a biomarker for transdiagnostic depressive and anxiety symptom trajectory in adolescents and young adults. *Psychopathology and Clinical Science*, 2024, vol. 133(8), pp. 638-646. DOI: 10.1037/abn0000946.
21. Baevsky R.M., Berseneva A.P. Adaptation capabilities and the concept of physiological norm. Abstracts of reports of the XVIII Congress of the I.P. Pavlov Physiological Society. Kazan, Moscow: GEOTAR-MED, 2001. p. 304. (in Russ.)
22. Kolbanov V.V. Valeological practical training: a tutorial.St.Petersburg:ELBI-SPb,2011.224p.(inRuss.)
23. Karaulova L.K., Krasnoperova N.A., Rasulov M.M. Physiology: a tutorial. Moscow: Academy, 2009. 384 p. (in Russ.)
24. Mohrman D., Heller L. Cardiovascular physiology. Translated into Russian by G.A. Lapis. Moscow et al: PITER, 2000. 250 p. (in Russ.)
25. Bertsch K., Hagemann D., Naumann E., Schächinger H., Schulz A. Stability of heart rate variability indices reflecting parasympathetic activity. *Psychophysiology*, 2012, vol. 49, no. 5, pp. 672-682. DOI: 10.1111/j.1469-8986.2011.01341.
26. Baevsky R.M., Berseneva A.P. Introduction to Pre-clinical Diagnostics. Moscow: Slovo, 2008. 220 p. (in Russ.)
27. Leskov N E., Moskalov A.V. Assessment of Sleep Quality and Hemodynamic Parameters in Students. Current Issues in Modern Medicine and Pharmacy: Proceedings of the 76th Scientific and Practical Conference of Students and Young Scientists, Dedicated to the 90th Anniversary of the University. Vitebsk, 2024. Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id=68563825&pff=1 (accessed 08.08.2024) (in Russ.)
28. Capuana L.J., Dywan J., Tays W.J. et al. Factors influencing the role of cardiac autonomic regulation in the service of cognitive control. *Biological Psychology*, 2014, vol. 102, pp. 88-97. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2014.07.015.
29. Aidaraliev A.A., Baevsky R.M., Berseneva A.P. et al. Comprehensive assessment of the body's functional reserves. Berezovsky V.A., ed. Frunze: Ilim, 1988. 195 p. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Наталья Игоревна Кошкарова – старший преподаватель, Тюменский государственный медицинский университет, Тюмень, e-mail: Koshkarovani@yandex.ru.
Елена Ивановна Завертаная – кандидат биологических наук, доцент кафедры гигиены, экологии и эпидемиологии, Тюменский государственный медицинский университет, Тюмень, e-mail: nauka.uk@yandex.ru.
Елена Николаевна Августа – кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры медицинской деонтологии с сетевой секцией биоэтики ЮНЕСКО, Тюменский государственный медицинский университет, Тюмень, e-mail: orex22.07@yandex.ru.
Алексей Михайлович Дуров – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры Биологии, Тюменский государственный медицинский университет, Тюмень, e-mail: amdurov@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Natalya I. Koshkarova – Senior Lecturer, Department of Biology, Tyumen State Medical University, Tyumen, e-mail: Koshkarovani@yandex.ru.
Elena I. Zavertanaya – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Hygiene, Ecology and Epidemiology, Tyumen State Medical University, Tyumen, e-mail: nauka.uk@yandex.ru.
Elena N. Avgusta – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Medical Deontology with the UNESCO Bioethics Network Section, Tyumen State Medical University, Tyumen, e-mail: orex22.07@yandex.ru.
Aleksej M. Durov – Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of Biology, Tyumen State Medical University, Tyumen, e-mail: amdurov@mail.ru.

Для цитирования: Гемодинамические показатели студентов технического колледжа / Н.И. Кошкарова, Е.И. Завертаная, Е.Н. Августа, А.М. Дуров // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_9

For citation: Koshkarova N.I., Zavertanaya E.I., Avgusta E.N., Durov A.M. Hemodynamic indicators of technical college students. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_9

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_10
УДК 612:577.21:616-073

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_10
UDC 612:577.21:616-073

ВЛИЯНИЕ ВАРИАНТА T704C ГЕНА *AGT* (RS699) НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОДРОСТКОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ СПОРТОМ

С.Н. Левицкий, О.А. Зубкова, Ю.М. Никонова, В.Е. Юрчук, Н.А. Бебякова
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Архангельск, Россия

Аннотация. ***Введение.*** У подростков, проживающих на территории Европейского Севера и занимающихся спортом, проведена оценка функционального и физиологического состояния с учетом генетических особенностей. ***Методы.*** Функциональное состояние организма оценено при помощи комплекса «Омега-С», определены уровни ангиотензина-II, эндотелина-1 и оксида азота, выполнено генотипирование на наличие полиморфного варианта T704C гена ангиотензиногена (*AGT*). ***Результаты.*** Установлено снижение основных функциональных и физиологических показателей спортсменов с вариантом гена *AGT* (rs699), которое сопровождалось изменением уровня эндотелиальных факторов. ***Заключение.*** Установлено негативное влияние варианта T704C гена *AGT* на состояние организма и эндотелиальных факторов у подростков-спортсменов. Полученные результаты можно учитывать для персонализации тренировочного процесса и мониторинга здоровья у юных спортсменов.
Ключевые слова: спортивная генетика, функциональное состояние организма, комплекс «Омега-С», генетический полиморфизм, эндотелиальные факторы.

EFFECT OF THE T704S VARIANT OF THE *AGT* GENE (RS699) ON FUNCTIONAL AND PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF ADOLESCENTS ENGAGED IN SPORTS

S.N. Levitskij, O.A. Zubkova, Yu.M. Nikonova, V.E. Yurchuk, N.A. Bebyakova
Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The functional and physical condition of adolescents living in the European North and involved in sports was assessed, taking into account their genetic characteristics. ***Methods.*** The functional state of the body was assessed using the Omega-C complex, the levels of angiotensin-II, endothelin-1 and nitric oxide were identified, and genotyping was performed for the presence of the polymorphic variant T704C of the angiotensinogen (*AGT*) gene. ***Results.*** A decrease in the main functional and physiological indicators of athletes with the *AGT* gene variant (rs699) was found, which was accompanied by a change in the level of endothelial factors. ***Conclusion.*** The negative effect of the T704C variant of the *AGT* gene on the indicators of the functional state of the body and endothelial factors in adolescent athletes has been established. The results obtained can be used to personalize the training process and monitor the health of young athletes.
Keywords: sports genetics, functional state of the body, Omega-C complex, genetic polymorphism, endothelial factors.

Введение. Для достижения высоких результатов в спорте необходимо проводить оценку функционального состояния организма и прогнозировать возможности достижения высокого результата. В настоящее время в спортивной медицине расширяется использование математических методов оценки функционального состояния организма спортсменов, в том числе с использованием программно-аппаратных комплексов. Одним из таких комплексов является «Омега-С», в основе которого лежит регистрация кардиоритмограмм, используемых для анализа биоритмологических процессов, протекающих в организме [1, 2]. Комплекс позволяет объективно оценить общее состояние организма спортсмена и определить последующую спортивную нагрузку на основе объективных данных.

Для оценки функционального состояния спортсменов разработаны высокоинформативные показатели: уровень адаптации к физическим нагрузкам, степень

тренированности, уровень энергетического обеспечения физических нагрузок, текущее психоэмоциональное состояние и различные интегральные показатели. В динамике наблюдения возможно контролировать функциональное состояние спортсменов, оценивать уровень тренировочной нагрузки и эффективность методов восстановления и профилактики [3].

Однако для оценки эффективности тренировочного процесса необходимо учитывать не только физиологические показатели, но и генетическую предрасположенность. Установлено, что спортивная успешность спортсменов зависит от числа аллелей генов, ассоциированных с адаптационными возможностями сердечно-сосудистой и мышечной систем организма к продолжительным физическим нагрузкам [4]. На сегодняшний день идентифицировано более 200 полиморфизмов генов, ассоциированных с особенностями физической активности, 25 из которых коррелируют с профессиональной спортивной успешностью [5]. Экологические условия Европейского Севера определяются как дискомфортные, предъявляют повышенные требования к организму человека и, прежде всего, к сердечно-сосудистой системе. В это же время на организм спортсменов помимо суровых экологических условий оказывает влияние повышенная физическая нагрузка [6, 7].

Наиболее изученным и значимым с точки зрения влияния на функциональные и физиологические особенности организма является вариант гена *AGT*, связанный с миссенс мутацией в экзоне 2 (rs699) – замена тимина на цитозин в 704 положении (T704C), что приводит к замене аминокислоты метионина на треонин в 268-м положении (M268T, исторически известен как M235T) [8].

В литературе имеются данные о связи полиморфизма rs699 с силовыми показателями спортсменов, однако не установлено аналогичной ассоциации с показателями выносливости. Данный факт объясняют значительным влиянием генотипа C/C на наращивание мышечной массы [9]. Имеются данные о связи изучаемого варианта с результатами спринтерских тестов [10]. При анализе генетических маркеров успешности тренировочного процесса и их взаимосвязи с электрокардиографическими показателями у спортсменов юношеской лиги выявлены отрицательные корреляции между величиной угла α в параметрах электрокардиографии и генетическим вариантом rs699. Этот факт свидетельствует о влиянии рецессивных гомозигот данного гена на величину указанного электрокардиографического показателя [11].

В связи с этим целью данного исследования явилось изучение влияния варианта T704C гена *AGT* (rs699) на показатели функционального и физиологического состояния молодых спортсменов, проживающих на территории Европейского Севера.

Методы и организация исследования. Исследование выполнено на базе Северного государственного медицинского университета и Спортивной школы олимпийского резерва «Поморье» (г. Архангельск). Были обследованы 82 человека в возрасте 11-15 лет, регулярно занимающиеся спортивными тренировками (футбол, плавание). Критерием включения являлось проживание на территории Архангельской области с рождения. Критерии исключения: наличие хронических заболеваний внутренних органов, в том числе сердечно-сосудистой системы, наличие острых воспалительных заболеваний, ожирение, курение, прием лекарственных препаратов. В протокол обследования входили: оценка функционального состояния с использованием программно-аппаратного комплекса «Омега-С», определение вазоактивных эндотелиальных факторов: оксида азота (NO) с использованием набора «Total NO/Nitrite/Nitrate Assay», эндотелина-1 (EDN-1) при помощи диагностического набора «Quantikine ELISA Endothelin-1 Immunoassay», ангиотензина II (AT-II) с использованием набора «AssayMax Human Angiotensin II ELISA Kit» группы компаний БиоХимМак. Генотипирование варианта T704C гена *AGT* проводили с помощью набора компании НПФ «Литех» «Комплект реагентов для АС-ПЦР выявления полиморфизма T704C гена *AGT* «SNP-ЭКСПРЕСС-КАРДИОГЕНЕТИКА».

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием пакета Statistica 6.0. Описание параметров с

распределением близким к нормальному приведено в виде среднего значения (M) и стандартного отклонения (σ). Достоверность различий оценена с помощью t-критерия Стьюдента. Достоверными признавались показатели при $p<0,05$. Приведенные в статье термины и показатели состояния организма спортсменов (уровень адаптации к физическим нагрузкам, уровень тренированности организма, резервы тренированности и т.д.) определены программами комплекса «Омега-С».

Результаты исследования и их обсуждение. Анализ результатов обследования с применением программно-аппаратного комплекса «Омега-С» позволил установить, что такие изучаемые параметры, как вариабельность сердечного ритма (HRV), показатели нейродинамики (NI), эффективности тренировочного процесса (ETR) в группе обследованных находились в диапазоне нормальных значений в соответствии с формализованным компьютерным заключением комплекса. Уровень вазоактивных эндотелиальных факторов также находился в границах референсных значений. Показатели функционального (IFSB) и физического (IPC) состояния организма, отобранные для дальнейшего анализа, а также уровень вазоактивных эндотелиальных факторов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели состояния организма и уровень вазоактивных эндотелиальных факторов в целом по группе, M±σ

Показатели	Значение
IFBS_UAO, %	81,0±13,0
IFBS_VR %	90,0±7,0
IFBS_NR, %	66,0±6,0
IFBS_PES, %	68,0±14,0
IFBS_KPZ, %	75,0±13,0
IPC_UAFN, %	80,5±15,5
IPC_UTO, %	90,0±10,0
IPC_UEO, %	66,5±14,0
IPC_PES, %	68,5±12,0
IPC_IPCF, %	71,8±18,9
Ангиотензин II, пг/мл	60,9±3,7
EDN-1, фмоль/мл	0,39±0,04
NO, мкмоль/л	24,8±8,3

Примечание: IFSB – показатели функционального состояния организма; IFBS_UAO – уровень адаптации организма; IFBS_VR – вегетативная регуляция; IFBS_NR – нейрогуморальная регуляция; IFBS_PES – психоэмоциональное состояние; IFBS_KPZ – комплексный показатель здоровья; IPC – показатели физиологического состояния; IPC_UAFN – уровень адаптации к физическим нагрузкам; IPC_UTO – уровень тренированности организма; IPC_UEO – уровень энергетического обеспечения; IPC_PES – психоэмоциональное состояние; IPC_IPCF – интегральный показатель спортивной формы; EDN-1 – эндотелин-1; NO – оксид азота.

Сравнительный анализ встречаемости патологических аллелей гена *AGT* показал, что в популяциях России они в среднем не отличаются от других популяций Европы (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/snp/). Частота полиморфного аллеля 704C – от 0,394 до 0,539 [12]. Анализ распространенности аллелей и генотипов изучаемого полиморфного варианта гена *AGT* показал, что преобладающими являлись генотипы, содержащие дикий вариант (вариант T), а наиболее редким являлся генотип C/C (табл. 2). Частота встречаемости дикого аллеля T составила 0,52, мутантного аллеля C – 0,48.

При анализе основных показателей функционального и физиологического состояния обследуемых в зависимости от наличия или отсутствия мутантного аллеля C наблюдалась тенденция к снижению всех проанализированных показателей в группе с генотипами T/C+C/C.

Среди интегральных показателей функционального состояния организма статистически достоверное снижение наблюдалось для комплексного показателя здоровья – на 38,0% (p=0,051). Для остальных показателей наблюдался диапазон снижения от 11,1 до 30,0%.

Аналогичным образом изменялись и показатели физиологического состояния. Диапазон снижения составил от 11,7 до 29,6%. Статистически значимое снижение на 25,4% выявлено для показателя уровня энергетического обмена (p=0,032).

Тенденция снижения показателей функционального и физиологического состояния организма у обследованных с генотипами T/C и C/C сопровождалась изменением основных вазоактивных факторов эндотелия. Так, уровень ангиотензина II снизился на 3,72%, оксида азота – на 41,9%, при этом уровень эндотелина-1 увеличился на 41,9%.

Таблица 2

Показатели состояния организма и уровень вазоактивных эндотелиальных факторов в зависимости от генотипа по варианту гена *AGT*, M±σ

Генотипы	T/T	T/C+C/C	P<
IFBS_UAO, %	89,0±10,2	62,3±20,5	–
IFBS_VR, %	75,5±17,0	56,0±20,0	–
IFBS_NR, %	58,3±15,5	47,5±10,0	–
IFBS_PES, %	63,0±5,5	56,0±4,2	–
IFBS_KPZ, %	63,0±20,4	39,0±22,0	0,05
IPC_UAFN, %	61,3±3,3	45,7±12,0	–
IPC_UTO, %	77,0±14,0	54,2±7,2	–
IPC_UEO, %	62,5±8,5	46,6±11,0	0,03
IPC_PES, %	62,3±19,0	55,0±11,0	–
IPC_IPCF, %	64,5±7,0	51,2±12,2	–
Ангиотензин II, пг/мл	57,5±4,3	61,0±14,0	–
EDN-1, фмоль/мл	0,32±0,9	0,44±0,3	–
NO, мкмоль/л	23,6±2,8	13,7±0,2	0,02

Примечание: IFSB – показатели функционального состояния организма; IFBS_UAO – уровень адаптации организма; IFBS_VR – вегетативная регуляция; IFBS_NR – нейрогуморальная регуляция; IFBS_PES – психоэмоциональное состояние; IFBS_KPZ – комплексный показатель здоровья; IPC – показатели физиологического состояния; IPC_UAFN – уровень адаптации к физическим нагрузкам; IPC_UTO – уровень тренированности организма; IPC_UEO – уровень энергетического обеспечения; IPC_PES – психоэмоциональное состояние; IPC_IPCF – интегральный показатель спортивной формы; EDN-1 – эндотелин-1; NO – оксид азота.

Заключение. На современном этапе развития спортивной генетики поиск новых молекулярно-генетических маркеров спортивной успешности и создание генетических профилей – наборов определенных генотипов, отличающих наиболее успешных спортсменов в каждом конкретном виде спорта или спортивной специализации, является актуальным. Это позволяет осуществить грамотный отбор и раннюю профилизацию юных спортсменов, а также применить индивидуальный подход в планировании тренировок. Изучение генетических основ физического и функционального состояния организма имеет большое теоретическое и практическое значение для прогнозирования высоких спортивных достижений и для профессионального отбора в другие виды деятельности, связанные с физическими нагрузками. Современные исследования подчеркивают, что вариант rs699 можно учитывать для персонализации тренировочного процесса и мониторинга здоровья [13].

В проведенном нами исследовании была сделана попытка установления влияния варианта T704C гена *AGT* на показатели функционального и физиологического

состояния организма, определенного при помощи программно-аппаратного комплекса «Омега-С», и уровень основных вазоактивных эндотелиальных факторов.

Полученные результаты позволяют говорить о негативном влиянии изученного полиморфизма на основные показатели функционального и физиологического состояния организма юных спортсменов, проживающих на территории Европейского Севера.

В проведенном исследовании в основном наблюдали тенденцию к снижению интегральных показателей функционального и физиологического состояния. Это может быть обусловлено различными видами спорта, которыми занимались обследованные, и другими факторами. Поэтому необходимо проведение дополнительных исследований для возможного использования гена *AGT* и его полиморфных вариантов в качестве гена-кандидата спортивной успешности.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баевский, Р.М. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2001. – № 3. – С. 108-127.
2. Ярилов, С.В. Физиологические аспекты новой информационной технологии анализа биофизических сигналов и принципы технической реализации / С.В. Ярилов. – СПб., 2001. – 48 с.
3. Система комплексного компьютерного исследования физического состояния спортсменов «Омега-С»: документация пользователя. – СПб.: Динамика, 2006. – 64 с.
4. Сравнительный анализ генетического статуса спортсменов-гребцов высокой квалификации и гребцов-юниоров / Т.Л. Лебедь, Н.В. Шепелевич, Н.Г. Кручинский, С.Б. Мельнов // Здоровье для всех. – 2016. – № 1. – С. 51-55.
5. John, R. Genetics and the Elite Athlete: Our Understanding in 2020 / R. John, M.S. Dhillon, S. Dhillon // Indian Journal of Orthopaedics. – 2020. – Vol. 54(3). – P. 256-263. DOI: 10.1007/s43465-020-00056-z.
6. Башкатова, Ю.В. Общая характеристика функциональных систем организма человека в условиях Ханты-Мансийского автономного округа – Югры / Ю.В. Башкатова, В.А. Карпин // Экология человека. – 2014. – Т. 21. – № 5. – С. 9-16. DOI: 10.17816/humeco17234.
7. Факторы риска артериальной гипертензии у молодых людей, занимающихся и не занимающихся спортом, с вариантом RS5186 гена *AGTR1* / О.А. Зубкова, С.Н. Левицкий, А.В. Сумарокова [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 2(32). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_9.
8. Бондарева, Э.А. Генетические аспекты изучения спортивной успешности и спортивного отбора / Э.А. Бондарева, М.А. Негашева // Успехи современной биологии. – 2017. – Т. 137. – № 1. – С. 44-55.
9. Lack of association between genotype score and sprint/power performance in the Japanese population / E. Miyamoto-Mikami, H. Murakami, H. Tsuchie [et al.] // Journal of Sports Science and Medicine. – 2017. – Vol. 20(1). – P. 98-103. DOI: 10.1016/j.jsams.2016.06.005.
10. A genome-wide association study of sprint performance in elite youth football players / C. Pickering, B. Suraci, E.A. Semenova [et al.] // The Journal of Strength & Conditioning Research. – 2019. – Vol. 33(9). – P. 2344-2351. DOI: 10.1519/JSC.0000000000003259.
11. Ярышева, В.Б. Генетические предикторы адаптации сердечно-сосудистой системы подростков к физическим нагрузкам / В.Б. Ярышева, Д.З. Шибкова // Казанский медицинский журнал. – 2017. – Т. 98. – № 1. – С. 63-66. DOI: 10.17750/KMJ2017-63.
12. Полиморфизм гена *AGT* (rs699) и профессиональная спортивная успешность (обзор) / Н.А. Бебякова, И.А. Шабалина, О.А. Афиногенова, М.О. Астрейко // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. – 2021. – № 01. – С. 12-15. DOI: 10.37882/2223-2966.2021.01.06.
13. Genes and Athletic Performance: An Update / I.I. Ahmetov, E.S. Egorova, L.J. Gabdrakhmanova, O.N. Fedotovskaya // Medicine & Science in Sports & Exercise. – 2016. – No. 61. – P. 41-54. DOI: 10.1159/000445240.

REFERENCES

1. Baevskij R.M., Ivanov G.G. Heart rate variability: theoretical aspects and possibilities of clinical application. Moscow: Meditsina, 2007. pp. 474-498 (in Russ.)
2. Yarilov S.V. Physiological aspects of new information technology for the analysis of biophysical signals and principles of technical implementation. St. Petersburg, 2006. 47 p. (in Russ.)
3. The Omega-S system for complex computer analysis of athletes' physical condition:

user documentation. St. Petersburg: Dinamika, 2006. 64 p. (in Russ.)
4. Lebed T.L., Shepelevich N.V., Kruchinsky N.G., Melnov S.B. Comparative analysis of genetic status of highly qualified sportsmen-rowers and junior rowers. *Health for all*, 2016, no. 1, pp. 51-55. (in Russ.)
5. John R., Dhillon M.S., Dhillon S. Genetics and the Elite Athlete: Our Understanding in 2020. *Indian Journal of Orthopaedics*, 2020, vol. 54, no. 3, pp. 256-263. DOI: 10.1007/s43465-020-00056-z.
6. Bashkatova Yu.V., Karpin V.A. General characteristic of human body functional systems in conditions of khanty-mansi autonomous okrug – Ugra. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*, 2014, no. 5, pp. 9-16. DOI: 10.17816/humeco17234. (in Russ.)
7. Zubkova O.A., Levitskij S.N., Sumarokova A.V., Astrejko M.O., Bebyakova N.A. Risk factors for arterial hypertension in young people involved and not involved in sports, with the version of the RS5186 *AGTR1* gene. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 2(32). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_9. (in Russ.)
8. Bondareva E.A., Negasheva M.A. Genetic aspects of athletic performance and sports selection. *Advances in modern biology*, 2017, vol. 137, no. 1, pp. 44-55. (in Russ.)
9. Miyamoto-Mikami E., Murakami H., Tsuchie H. et al. Lack of association between genotype score and sprint/power performance in the Japanese population. *J Sci Med Sport*, 2017, vol. 20, no. 1, pp. 98-103. DOI: 10.1016/j.jsams.2016.06.005.
10. Pickering C., Suraci B., Semenova E.A., Boulygina E.A., Kostryukova E.S. et al. A Genome-Wide Association Study of Sprint Performance in Elite Youth Football Players. *J Strength Cond Res*, 2019, vol. 33, no. 9, pp. 2344-2351. DOI: 10.1519/JSC.0000000000003259.
11. Yarysheva V.B., Shibkova D.Z. Genetic predictors of cardiovascular system adaptation in adolescents to physical stress. *Kazan medical journal*, 2017, vol. 98, no. 1, pp. 63-66. DOI: 10.17750/KMJ2017-63. (in Russ.)
12. Bebyakova N.A., Shabalina I.A., Afinogenova O.A., Astrejko M.O. Polymorphism of *AGT* gene (rs699) and professional sports achievements (review). *Modern science: actual problems of theory and practice. Series "Natural and Technical Science"*, 2021, no. 1, pp. 12-15. DOI: 10.37882/2223-2966.2021.01.06. (in Russ.)
13. Ahmetov I.I., Egorova E.S., Gabdrakhmanova L.J., Fedotovskaya O.N. Genes and Athletic Performance: An Update. *Med Sport Sci.*, 2016, no. 61, pp. 41-54. DOI: 10.1159/000445240.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Сергей Николаевич Левицкий – доцент кафедры медицинской биологии и генетики, Северный государственный медицинский университет, Архангельск, e-mail: sergeylevitski@yandex.ru.
Ольга Андреевна Зубкова – преподаватель-исследователь, Северный государственный медицинский университет, Архангельск, e-mail: opervukhina@inbox.ru.
Юлия Михайловна Никонова – доцент кафедры медицинской биологии и генетики, Северный государственный медицинский университет, Архангельск, e-mail: nickonova.yulia2014@yandex.ru.
Виктор Евгеньевич Юрчук – врач по спортивной медицине, руководитель медицинского отдела, Спортивная школа олимпийского резерва «Поморье», Архангельск, e-mail: rcsp@belomorsport.ru.
Наталья Александровна Бебякова – заведующая кафедрой медицинской биологии и генетики, Северный государственный медицинский университет, Архангельск, e-mail: nbebyakova@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Sergej N. Levitskij – Associate Professor, Department of Medical Biology and Genetics, Northern State Medical University, Arkhangelsk, e-mail: sergeylevitski@yandex.ru.
Olga A. Zubkova – Research Assistant, Northern State Medical University, Arkhangelsk, e-mail: opervukhina@inbox.ru.
Yulia M. Nikonova – Associate Professor, Department of Medical Biology and Genetics, Northern State Medical University, Arkhangelsk, e-mail: nickonova.yulia2014@yandex.ru.
Viktor E. Yurchuk – Sports Medicine Physician, Head of the Medical Department, Pomorie Olympic Reserve Sports School, Arkhangelsk, e-mail: rcsp@belomorsport.ru.
Natalya A. Bebyakova – Head of the Department of Medical Biology and Genetics, Northern State Medical University, Arkhangelsk, e-mail: nbebyakova@mail.ru.

Для цитирования: Влияние варианта T704C гена *AGT* (rs699) на функциональные и физиологические показатели подростков, занимающихся спортом / С.Н. Левицкий, О.А. Зубкова, Ю.М. Никонова [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_10

For citation: Levitskij S.N., Zubkova O.A., Nikonova Yu.M., Yurchuk V.E., Bebyakova N.A. Effect of the T704S variant of the *AGT* gene (rs699) on functional and physiological parameters of adolescents engaged in sports. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_10

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_11
УДК 612.88

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_11
UDC 612.88

ОСОБЕННОСТИ ПРОПРИОЦЕПТИВНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ У СПОРТСМЕНОВ, СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩИХСЯ В ДЗЮДО

А.В. Овчеренко, Г.Д. Алексанянц, О.А. Медведева, С.С. Хандожко
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», г. Краснодар, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Высокие спортивные достижения в современных единоборствах, к которым относится дзюдо, не только достигаются за счет развития физических качеств и технико-тактического мастерства, но и во многом определяются совершенством нейрофизиологических механизмов управления движением. В этом контексте особую значимость приобретает проприоцепция – комплексное чувство, обеспечивающее восприятие положения и движения частей тела в пространстве, а также ощущение мышечного усилия без необходимости зрительного контроля. Цель – сравнительный анализ точности проприоцептивного воспроизведения углов в суставах верхних и нижних конечностей у дзюдоистов разной квалификации. ***Методы.*** Ошибку воспроизведения углов в плечевом, локтевом и тазобедренном суставах без контроля зрения измеряли гониометром у 42 дзюдоистов (мастеров спорта и кандидатов в мастера спорта) и 30 нетренированных лиц. (возраст – 17-21 год). ***Результаты.*** Установлено достоверное превосходство дзюдоистов над контрольной группой ($p<0,001$) и мастеров спорта над менее квалифицированными спортсменами ($p<0,05$). Выявлена иерархия точности: плечевой > локтевой > тазобедренный сустав. ***Заключение.*** Точность проприоцепции у дзюдоистов коррелирует с уровнем мастерства и имеет специфику для разных сегментов тела, что определяет практическую значимость для тренировочного процесса.
Ключевые слова: проприоцептивная чувствительность, дзюдоисты, квалификация спортсменов, сенсомоторная адаптация, гониометрия.

FEATURES OF PROPRIOCEPTIVE SENSITIVITY IN ATHLETES SPECIALIZING IN JUDO

A.V. Ovcherenko, G.D. Aleksanyants, O.A. Medvedeva, S.S. Khandozhko
Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar, Russia

Abstract. ***Introduction.*** High athletic achievements in modern combat sports, including judo, are not only attained through the development of physical attributes and technical-tactical mastery but also largely determined by the perfection of neurophysiological mechanisms of motor control. In this context, proprioception acquires particular importance – a complex sense that provides perception of the position and movement of body parts in space, as well as the sensation of muscular effort, without the need for visual control. The aim is a comparative analysis of the accuracy of proprioceptive angle reproduction in the joints of the upper and lower limbs among judo athletes of different skill levels. ***Methods.*** The error in reproducing angles in the shoulder, elbow, and hip joints without visual control was measured using a goniometer in 42 judo athletes (Masters of Sport and Candidates for Master of Sport) and 30 untrained individuals (aged 17-21). ***Results.*** A statistically significant superiority of judo athletes over the control group ($p<0.001$) and of Masters of Sport over less qualified athletes ($p<0.05$) was established. A hierarchy of accuracy was revealed: shoulder > elbow > hip joint. ***Conclusion.*** The proprioception accuracy in judo athletes correlates with their level of mastery and exhibits specificity for different body segments, which determines its practical significance for the training process.
Keywords: proprioceptive sensitivity, judokas, athlete qualification, sensorimotor adaptation, goniometry.

Введение. Высокие спортивные достижения в современных единоборствах, к которым относится дзюдо, не только достигаются за счет развития физических качеств и технико-тактического мастерства, но и во многом определяются совершенством нейрофизиологических механизмов управления движением. В условиях острого

дефицита времени, пространственных ограничений и постоянного силового противодействия соперника, эффективность спортсмена напрямую зависит от скорости и точности обработки сенсорной информации и ее моторной реализации. В этом контексте особую значимость приобретает проприоцепция – комплексное чувство, обеспечивающее восприятие положения и движения частей тела в пространстве, а также ощущение мышечного усилия без необходимости зрительного контроля.

Проприоцептивная система, интегрируя сигналы от мышечных веретен, сухожильных органов Гольджи, суставных рецепторов и вестибулярного аппарата, формирует «внутреннюю схему тела», которая является основой для планирования, исполнения и коррекции любого двигательного акта. В спортивной практике развитая проприоцепция ассоциируется с повышением координационных способностей, экономизацией движений, снижением риска травматизма и, как следствие, со стабильностью демонстрации технических действий в условиях соревновательного стресса.

Роль проприоцептивного контроля становится критически важной в видах спорта с высокой степенью неопределенности и тактильного взаимодействия, таких как борьба. В дзюдо, где успех броска («нагэ-вадза») часто зависит от тонкого чувства баланса, моментального распознавания вектора усилия соперника («кудзуси») и точного воспроизведения сложных кинематических траекторий, способность к восприятию мельчайших изменений в положении суставов становится ключевым фактором мастерства. Традиционные захваты («кумиката»), манипуляции для выведения из равновесия и финальные фазы бросков зачастую выполняются в условиях ограниченного зрительного обзора или вовсе без него, что перекладывает всю ответственность за точность на кинестетический и суставной анализаторы. Таким образом, можно предположить, что многолетняя специализированная тренировка в дзюдо приводит к специфической адаптации проприоцептивной чувствительности, особенно в наиболее нагружаемых суставах.

Анализ современной научной литературы выявляет устойчивый интерес к проблеме сенсомоторной адаптации у спортсменов. Ряд исследований подтверждает, что у представителей различных видов спорта (гимнастика, спортивные игры, стрельба) точность проприоцептивного восприятия развита значительнее, чем у нетренированных лиц, и коррелирует с уровнем квалификации [1, 2]. В единоборствах подобные работы часто фокусируются на показателях простой и сложной реакции, времени удара, вестибулярной устойчивости. Однако исследований, посвященных комплексной оценке суставно-мышечного чувства у дзюдоистов с учетом их квалификации и специфики нагрузки на разные сегменты тела, явно недостаточно.

Существующие немногочисленные работы либо рассматривают проприоцепцию обобщенно, либо изучают ее в контексте реабилитации после травм [3]. Методологической основой для нашего исследования послужил вывод Han J. et al. (2013) о том, что проприоцептивная точность варьирует между разными суставами, демонстрируя «site-specific» эффекты [4], так как позволяет выдвинуть гипотезу о различном уровне развития проприоцепции в суставах верхних (активно задействованных в захватах и манипуляциях) и нижних (ответственных за перемещения и генерацию усилия) конечностей у дзюдоистов.

Кроме того, в теории спортивной тренировки до сих пор дискутируется вопрос о том, является ли высокий уровень проприоцепции у мастеров спорта следствием длительной целенаправленной адаптации или же изначальным фактором отбора, предопределяющим успех. Сравнительный анализ спортсменов разного уровня мастерства в рамках одного возрастного диапазона позволяет приблизиться к ответу на этот вопрос.

Таким образом, актуальность настоящего исследования обусловлена: практической значимостью проприоцепции для технического мастерства в дзюдо; недостаточной изученностью особенностей проприоцептивной чувствительности у дзюдоистов; необходимостью получения

объективных количественных данных для дифференциации тренировочных воздействий и контроля функционального состояния спортсменов [2].

Цель исследования: провести сравнительный анализ точности проприоцептивного воспроизведения углов в суставах верхних и нижних конечностей у дзюдоистов разной квалификации.

Задачи исследования: оценить точность воспроизведения заданных углов в плечевом, локтевом и тазобедренном суставах у дзюдоистов и в контрольной группе; выявить различия в проприоцептивной чувствительности между дзюдоистами высокой и средней квалификации; определить, существуют ли межсуставные различия в точности проприоцепции у исследуемых групп, и интерпретировать их в контексте специфики двигательной активности в дзюдо.

Методы и организация исследования. Наблюдение осуществлялось на базе лаборатории кафедры анатомии и спортивной медицины Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанского государственного университета физической культуры, спорта и туризма». В исследовании приняли участие 42 спортсмена, специализирующихся в дзюдо. С учетом спортивной квалификации они были распределены на две группы. В первую группу вошли высококвалифицированные спортсмены (n=16) – мастера спорта (МС), во вторую – спортсмены (n=26) средней квалификации (1 разряд и кандидаты в мастера спорта (КМС)). В третью группу (контрольную) включили 30 практически здоровых юношей, не связанных со спортивной деятельностью. Возраст обследуемых спортсменов – от 17 до 21 года. Все участники – лица мужского пола. Средний возраст и стандартное отклонение (M±σ) в группе МС составили 19,2±1,3 лет, в группе КМС – 18,5±1,1 лет, в контрольной группе – 19,0±1,5 лет.

Определение способности к воспроизведению заданного угла в суставе проводили следующим образом. Исследуемому в положении лежа после пассивной тренировки предлагали максимально точно воспроизвести углы в плечевом, локтевом и тазобедренном суставах без визуального контроля. Последовательность воспроизведения углов в суставах у всех исследуемых была одинакова: 90°, 45°, 135°. Для измерения углов в суставах использовался стандартный механический гониометр (угломер) фирмы «PHYSIOMED» (Германия) с ценой деления 1°. Величина ошибки (в градусах) по плечевому, локтевому и тазобедренному суставам регистрировалась при положении исследуемого лежа на спине.

Критерием суставной чувствительности служила средняя ошибка по каждому исследуемому суставу.

Для стандартизации условий исследование проводилось в первой половине дня (9-12 часов), при температуре комфорта (18-20 °C).

На всех участников исследования оформляли протокол. Участие в исследовании проводилось на добровольной основе с получением письменного информированного согласия.

Перед сравнением групп нормальность распределения количественных данных проверяли с помощью критерия Шапиро-Уилка. Поскольку распределение не имело значимых отклонений от нормального ($p>0,05$) для дальнейшего анализа был применен параметрический t-критерий Стьюдента для независимых выборок. Уровень статистической значимости был установлен на $p<0,05$. Обработка данных проводилась в программной среде IBM SPSS Statistics (v. 21). Пассивная тренировка заключалась в 3-кратном плавном приведении конечности исследуемого экспериментатором к целевому углу с фиксацией на 3 секунды для запоминания позиции.

Результаты исследования и их обсуждение. Проведенное исследование выявило устойчивые закономерности. Во-первых, была подтверждена общая гипотеза: дзюдоисты обеих групп показали достоверно более высокую точность воспроизведения углов во всех суставах по сравнению с нетренированными сверстниками ($p<0,05$-$0,001$). Во-вторых, внутри спортивной выборки также обнаружены значимые различия: МС продемонстрировали лучшие результаты, чем КМС ($p<0,05$-$0,005$).

В-третьих, анализ данных выявил межсуставные различия: наименьшая средняя ошибка регистрировалась в плечевом суставе, промежуточная – в локтевом, а наибольшая – в тазобедренном суставе, причем эта тенденция сохранялась во всех трех группах испытуемых.

Значимость настоящего исследования проприоцептивной чувствительности у дзюдоистов обусловлена тем, что именно этот контроль, как показано в сравнительных исследованиях, вносит ключевой вклад в развитие специфических сенсомоторных адаптаций. Например, было продемонстрировано, что дзюдоисты превосходят спортсменов других видов (в частности, спортивных танцоров) в тестах на баланс при депривации зрения, что указывает на особую роль проприоцептивной системы в их подготовке [6].

Анализ точности проприоцептивного воспроизведения показал систематические различия между группами. В плечевом суставе средняя ошибка у МС составляла от 1,5±0,1° до 2,1±0,2°, что было достоверно меньше ($p<0,001$), чем у КМС (2,4±0,1° – 3,4±0,2°) и контрольной группы (5,0±0,1° – 5,9±0,6°). Схожая картина наблюдалась в локтевом суставе: показатели МС (1,8±0,4° – 2,4±0,3°) были значимо лучше показателей КМС (2,7±0,1° – 3,1±0,3°; $p<0,05$) и контрольной группы (5,0±0,2° – 5,9±0,4°; $p<0,001$). Наибольшие значения ошибки были зафиксированы в тазобедренном суставе, при этом МС (2,5±0,3° – 4,2±0,3°) вновь превзошли по точности КМС (3,3±0,3° – 6,0±0,4°; $p<0,05$-0,005) и нетренированных участников (8,6±0,3° – 9,7±0,4°; $p<0,05$). Таким образом, точность проприоцепции продемонстрировала выраженную зависимость как от уровня спортивной квалификации, так и от локализации сустава.

Результаты проведенного исследования показывают, что проприоцептивная чувствительность у дзюдоистов носит квалификационно-зависимый и топографически-специфичный характер. Во-первых, выявленная прямая зависимость точности от уровня мастерства (МС > КМС > контроль) свидетельствует о том, что развитие проприоцепции является результатом долговременной адаптации к специализированной тренировочной деятельности, а не только следствием изначального отбора. Это связано с формированием у высококвалифицированных дзюдоистов комплексной сенсомоторной модели, где улучшенная проприоцептивная обратная связь обеспечивает эффективный контроль движений в условиях дефицита времени и противодействия соперника.

Во-вторых, обнаруженная четкая иерархия точности (плечевой > локтевой > тазобедренный) является ярким подтверждением «site-specific» эффекта в проприоцепции [4]. Данный феномен полностью объясним с позиции специфики дзюдо. Дистальные сегменты верхних конечностей выполняют наиболее дифференцированную и постоянно контролируемую работу (захваты «кумиката», манипуляции «ги»), требующую высочайшей пространственной точности. В противоположность этому, движения в тазобедренном суставе в дзюдо зачастую носят взрывной, баллистический характер (броски группы «аси-вадза»), где точность конечной позиции может уступать по важности развиваемому импульсу силы. Кроме того, анатомическая сложность и большой объем мышечного массива тазобедренного сустава также затрудняют тонкое восприятие его положения.

Полученные данные о превосходстве спортсменов над нетренированными лицами согласуются с общим трендом развития мышечно-суставной чувствительности под влиянием специализированной тренировки, описанным для представителей различных спортивных специализаций [1, 2]. Однако наша работа углубляет эти представления, показывая, что у единоборцев эта адаптация имеет четкую внутривидовую специфику и суставную избирательность. Более того, развитая проприоцепция является частью целостной сенсомоторной адаптации, которая, как показывают исследования, у дзюдоистов включает и совершенствование постурального контроля [5].

Высокая точность проприоцепции важна не только для спортивного мастерства, но и для профилактики травм. Это особенно актуально для борцов, у которых распространен синдром гипермобильности суставов, являющийся фактором риска в

связи с потенциальным нарушением проприоцептивной афферентации [3]. Таким образом, целенаправленное развитие проприоцепции может служить важным элементом превентивной реабилитации и повышения устойчивости опорно-двигательного аппарата к нагрузкам.

Заключение. Проведенное исследование позволило установить, что проприоцептивная чувствительность у дзюдоистов развита достоверно лучше, чем у нетренированных лиц. Выявлена прямая зависимость между уровнем спортивной квалификации (МС > КМС) и точностью проприоцептивного воспроизведения заданных углов. Наибольшая точность наблюдается в суставах верхних конечностей (плечевой > локтевой), тогда как в тазобедренном суставе ошибка воспроизведения была наибольшей.

Полученные данные свидетельствуют о том, что развитая проприоцепция является важным компонентом целостной сенсомоторной адаптации высококвалифицированных дзюдоистов. Выявленная «site-specific» иерархия точности отражает ведущую сенсомоторную роль дистальных сегментов верхних конечностей в технике дзюдо, что обосновывает необходимость целенаправленного развития проприоцепции в тренировочном процессе. Перспективными направлениями дальнейших исследований являются изучение связи уровня проприоцептивной чувствительности с успешностью выполнения конкретных технических действий, а также ее роли в качестве предиктора и элемента профилактики травм, особенно у дзюдоистов с признаками гипермобильности суставов [2].

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основные направления биомеханического обследования в изучении системы проприорецепции в спорте высоких достижений / Д.А. Андреев, Н.В. Борисова, В.В. Кармазин [и др.] // Вестник восстановительной медицины. – 2013. – № 4(56). – С. 37-40.
2. The value of balance and proprioception measurements for predicting lower extremity injuries in professional judokas / S. Mian Darbandi, M. Zarei, H. Mohammadi, M. Hosseinzadeh // Scientific Reports. – 2023. – Vol. 13. – P. 21726. DOI: 10.1038/s41598-023-49114-0.
3. Афонина, И.П. Проблема проявления гипермобильности суставов у спортсменов-борцов / И.П. Афонина, Т.В. Самборская // Известия Тульского государственного университета. Физическая культура. Спорт. – 2016. – № 2. – С. 93-100.
4. Proprioceptive performance of bilateral upper and lower limb joints: side-general and site-specific effects / J. Han, J. Anson, G. Waddington, R. Adams // Experimental Brain Research. – 2013. – Vol. 226. – No. 3. – P. 313-323. DOI: 10.1007/s00221-013-3446-z.
5. Мельников, А.А. Возрастные особенности регуляции вертикальной позы у юношей-дзюдоистов 7-15 лет / А.А. Мельников, М.В. Васина // Журнал медико-биологических исследований. – 2022. – Т. 10. – № 3. – С. 221-231. DOI: 10.37482/2687-1491-Z110.
6. Judo, better than dance, develops sensorimotor adaptabilities involved in balance control / P. Perrin, D. Deviterne, F. Hugel, C. Perrot // Gait & Posture. – 2002. – Vol. 15. – No. 2. – P. 187-194. DOI: 10.1016/S0966-6362(01)00149-7.

REFERENCES

1. Andreev D.A., Borisova N.V., Karamzin V.V. Polyaev B.A., Polyaev B.B. et al. Main directions in the study of the biomechanical examination of proprioceptive system in the sport of high achievements. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*, 2013, no. 4(56), pp. 37-40. (in Russ.)
2. Mian Darbandi S., Zarei M., Mohammadi H., Hosseinzadeh M. The Value of Balance and Proprioception Measurements for Predicting Lower Extremity Injuries in Professional Judokas. *Scientific Reports*, 2023, vol. 13, p. 21726. DOI: 10.1038/s41598-023-49114-0.
3. Afonina I.P., Samborskaya T.V. Problem symptom joint hypermobility sportsmen-fighters. *Izvestiya Tula State University. Physical Culture. Sport*, 2016, no. 2, pp. 93-100. (in Russ.)
4. Han J., Anson J., Waddington G., Adams R. Proprioceptive Performance of Bilateral Upper and Lower Limb Joints: Side-General and Site-Specific Effects. *Experimental Brain Research*.

2013, vol. 226, no. 3, pp. 313-323. DOI: 10.1007/s00221-013-3446-z.
5. Melnikov A.A., Vasina M.V. Age-related peculiarities of vertical posture regulation in male judokas aged 7-15 years. *Journal of Medical and Biological Research*, 2022, vol. 10, no. 3, pp. 221-231. DOI: 10.37482/2687-1491-Z110. (in Russ.)
6. Perrin P., Deviterne D., Hugel F., Perrot C. Judo, Better than Dance, Develops Sensorimotor Adaptabilities Involved in Balance Control. *Gait & Posture*, 2002, vol. 15, no. 2, pp. 187-194. DOI: 10.1016/S0966-6362(01)00149-7.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Антон Викторович Овченко – соискатель, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар, e-mail: anton_ovch@mail.ru.
Гайк Дереникович Алексанянц – проректор по научной работе, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар, e-mail: alexanyanc@mail.ru.
Олеся Андреевна Медведева – заведующая аспирантурой и докторантурой, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар, e-mail: medvedeva-ol.an@mail.ru.
Сергей Сергеевич Хандожко – аспирант, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар, e-mail: siiriis92@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Anton V. Ovcherenko – Applicant, Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar, e-mail: anton_ovch@mail.ru.
Gajk D. Aleksanyants – Vice-Rector for Research, Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar, e-mail: alexanyanc@mail.ru.
Olesya A. Medvedeva – Head of Postgraduate and Doctoral Studies, Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar, e-mail: medvedeva-ol.an@mail.ru.
Sergej S. Khandozhko – Postgraduate Student, Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar, e-mail: siiriis92@mail.ru.

Для цитирования: Особенности проприоцептивной чувствительности у спортсменов, специализирующихся в дзюдо / А.В. Овченко, Г.Д. Алексанянц, О.А. Медведева, С.С. Хандожко // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_11

For citation: Ovcherenko A.V., Aleksanyants G.D., Medvedeva O.A., Khandozhko S.S. Features of proprioceptive sensitivity in athletes specializing in judo. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_11

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_12
УДК 159.9.07; 613.6; 331.45

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_12
UDC 159.9.07; 613.6; 331.45

РАЗРАБОТКА И ВАЛИДАЦИЯ СКРИНИНГОВОЙ МОДЕЛИ РАННЕГО ВЫЯВЛЕНИЯ РИСКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЗАДАПТАЦИИ У МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

А.А. Пискаев, А.В. Ненашева
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Профессиональная дезадаптация у медицинских работников – актуальная медико-социальная проблема, для решения которой важна разработка объективных методов ее раннего прогнозирования на донозологическом этапе. ***Методы.*** В 6-месячном проспективном когортном исследовании участвовали 58 женщин-медиков 20-25 лет. В исходной точке проводилась комплексная оценка. Через 6 месяцев по композитному критерию выделили группу с развившейся дезадаптацией. ***Результаты.*** У будущих «дезадаптантов» изначально отмечались сниженная активность парасимпатической нервной системы, повышенный индекс напряжения, худшая постуральная устойчивость и более высокий субъективный стресс. Дискриминантный анализ показал, что ключевыми предикторами являются балл по шкале профессионального стресса и мощность высокочастотной компоненты вариабельности сердечного ритма. Трехфакторная модель обеспечила прогностическую точность 88,5%. Определены пороговые значения для скрининга. ***Заключение.*** Интегральный психофизиологический профиль позволяет эффективно прогнозировать риск профессиональной дезадаптации у молодых медиков.

Ключевые слова: профессиональная дезадаптация, медицинские работники, психофизиологический профиль, вариабельность сердечного ритма, раннее выявление (скрининг), прогностическая модель, профессиональный стресс, стабилометрия, миотонометрия, донозологическая диагностика.

DEVELOPMENT AND VALIDATION OF A SCREENING MODEL FOR EARLY DETECTION OF THE RISK OF OCCUPATIONAL MALADJUSTMENT IN MEDICAL STAFF BASED ON A COMPREHENSIVE PSYCHOPHYSIOLOGICAL PROFILE

A.A. Piskaev, A.V. Nenasheva
South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Occupational maladjustment among medical staff is an urgent medical and social problem, for which it is important to develop objective methods for its early prediction at the prenosological stage. ***Methods.*** 58 female physicians aged 20-25 participated in a 6-month prospective cohort study. A comprehensive assessment was carried out at the starting point. After 6 months, a group with developed maladaptation was identified according to the composite criterion. ***Results.*** The subjects prone to maladjustment initially showed reduced activity of the parasympathetic nervous system, an increased stress index, poorer postural stability, and higher subjective stress. Discriminant analysis showed that the key predictors are the score on the occupational stress scale and the power of the high-frequency component of heart rate variability. The three-factor model provided a predictive accuracy of 88.5%. Thresholds for screening were determined. ***Conclusion.*** The integral psychophysiological profile makes it possible to effectively predict the risk of occupational maladjustment in young physicians.

Keywords: occupational maladjustment, medical staff, psychophysiological profile, heart rate variability, early detection (screening), prognostic model, occupational stress, stabilometry, myotometry, prenosological diagnostics.

Введение. Профессиональная деятельность медицинских работников, особенно среднего и младшего звена, характеризуется экстремальными психоэмоциональными нагрузками, высокой ответственностью, ненормированным рабочим графиком и

вынужденным статико-динамическим перенапряжением. Сочетание этих факторов является мощным хроническим стрессором, ведущим к развитию профессиональной дезадаптации (ПД), которая манифестирует в виде синдрома эмоционального выгорания, хронической усталости, мышечно-скелетных расстройств и вегетативной дисфункции [1]. Данные состояния не только снижают качество жизни и профессиональную эффективность самих специалистов, но и представляют значимую социально-экономическую проблему, приводя к росту профессиональных ошибок, текучести кадров и финансовым потерям системы здравоохранения [2].

Ключевым вызовом современной медицины труда и профилактической медицины является переход от терапии уже сформировавшихся патологических состояний к их превенции [3]. Существующие методы оценки риска ПД зачастую основываются на субъективных опросниках, которые обладают ограниченной прогностической ценностью и не отражают ранние, донозологические сдвиги в регуляторных системах организма. В этой связи особый научный и практический интерес представляет поиск объективных, количественных биомаркеров, интегрирующих информацию о состоянии центральной вегетативной регуляции, нейромоторного контроля и мышечного гомеостаза.

Исследования последних лет указывают на то, что вариабельность сердечного ритма (ВСР), являясь неинвазивным маркером активности автономной нервной системы [4], а также показатели постуральной стабильности [5] и мышечного тонуса [6, 7] чувствительны к воздействию хронического стресса. Однако вопрос о том, могут ли эти параметры, зарегистрированные в состоянии относительного клинического благополучия, служить предикторами индивидуального риска развития выраженной ПД в отдаленной перспективе, остается открытым. Создание валидной прогностической модели на основе интеграции психометрических и объективных физиологических данных является актуальной междисциплинарной задачей, решение которой позволит внедрить персонализированные программы раннего вмешательства и охраны здоровья медицинского персонала.

Цель исследования: разработать и провести предварительную валидацию прогностической модели риска развития профессиональной дезадаптации у медицинских работников на основе комплексного анализа психофизиологического статуса, включающего показатели вариабельности сердечного ритма, постуральной устойчивости и миотонических характеристик.

Задачи исследования:

1. Оценить и сравнить исходный (базовый) психофизиологический профиль у медицинских работников с признаками высокого риска ПД и лиц с признаками резилентности к профессиональному стрессу.
2. Выявить ключевые предикторы (психометрические, вегетативные, постуральные, миотонические), статистически значимо ассоциированные с развитием клинически выраженной ПД через 6 месяцев наблюдения.
3. Построить и оценить диагностическую эффективность дискриминантной модели, позволяющей на этапе скрининга стратифицировать медицинских работников по степени риска развития ПД.
4. Определить практические пороговые значения ключевых предикторов для использования в клинико-профилактической работе.

Научная новизна исследования заключается в комплексном, лонгитюдном подходе к прогнозированию ПД, объединяющем субъективную оценку стресса с объективными маркерами дисфункции вегетативной и нейромоторной систем. Впервые для данной профессиональной группы предложена и протестирована количественная модель, основанная на интеграции данных опросника психологического стресса (PSM-25 – «Psychological Stress Measure»), спектрального анализа ВСР (с акцентом на HF-компоненту) и компьютерной стабилометрии.

Методы и организация исследования. Настоящее исследование представляет собой проспективное сравнительное когортное исследование с периодом наблюдения 6 месяцев, направленное на разработку прогностической модели профессиональной

дезадаптации. Исследование проводилось в период с июня 2025 по ноябрь 2025 на базе Южно-Уральского государственного университета (Институт спорта, туризма и сервиса) и клиники восстановительной медицины «Целебное прикосновение», г. Челябинск.

В исследование были включены 58 женщин в возрасте 20-25 лет (средний возраст – 22,8±1,5 года), работающих в сфере здравоохранения на должностях медицинских сестер и фельдшеров стационаров. Все участницы были правшами. Критериями включения являлись: возраст 20-25 лет, стаж работы в медицине от 1 года, отсутствие острых заболеваний на момент включения и хронических заболеваний в стадии декомпенсации (сердечно-сосудистые, эндокринные, неврологические), отсутствие беременности и лактации, а также приема препаратов, влияющих на вегетативную нервную систему (бета-блокаторы, антидепрессанты, анксиолитики), в течение 1 месяца до начала исследования. Критерием исключения служили острые травмы опорно-двигательного аппарата.

На основании исходного скрининга с использованием опросника PSM-25 и оценки вегетативного статуса участницы были распределены в две группы:

1. Основная группа (ОГ, группа риска, n=30): лица с исходным баллом по PSM-25 ≥55 и/или индексом напряжения (SI) по данным ВСР ≥90 усл.ед. Данная группа рассматривалась как когорта с высоким риском развития ПД.

2. Группа сравнения (ГС, группа резилентности, n=28): лица с баллом PSM-25 <55 и SI <90 усл.ед., не предъявляющие жалоб, характерных для хронического стресса, несмотря на схожие профессиональные нагрузки.

Все участницы исследования были ознакомлены с его целями, процедурами и потенциальными рисками. Каждая участница предоставила письменное информированное согласие в соответствии с Хельсинкской декларацией и этическими стандартами, утвержденными локальным этическим комитетом Южно-Уральского государственного университета.

Психометрическое тестирование. Для субъективной оценки уровня стресса использовался валидизированный русскоязычный опросник PSM-25, состоящий из 25 утверждений с 5-балльной шкалой Ликерта (от «никогда» до «очень часто»). Общий балл рассчитывается суммированием ответов (диапазон 0-100), где более высокие значения указывают на более выраженный профессиональный стресс. Дополнительно применялась краткая шкала воспринимаемого стресса PSS-10.

Оценка ВСР. ВСР регистрировалась и анализировалась с использованием компьютерного диагностического комплекса «ОМЕГА-С» (ООО «МБН», Россия), соответствующего рекомендациям Рабочей группы Европейского кардиологического общества и Североамериканского общества электростимуляции и электрофизиологии (1996) [4]. Запись проводилась утром (9:00-11:00), в состоянии относительного покоя, после 10-минутной адаптации в положении лежа на спине, в условиях комфортной температуры (22-24°C) и акустической изоляции. Регистрация короткой (5-минутной) ритмограммы осуществлялась в модифицированном отведении II по Небу с частотой дискретизации 1000 Гц.

Анализировались следующие показатели:

1. Временные: SDNN (мс) – стандартное отклонение всех кардиоинтервалов NN (общая вариабельность); RMSSD (мс) – квадратный корень из среднего значения квадратов разностей последовательных NN интервалов (парасимпатическая активность); pNN50 (%) – процент интервалов RR, отличающихся от соседних интервалов более чем на 50 мс.

2. Спектральные (метод быстрого преобразования Фурье, FFT): TP (мс²) – общая мощность спектра; мощность в низкочастотном (LF, 0,04-0,15 Гц) и высокочастотном (HF, 0,15-0,4 Гц) диапазонах в абсолютных (мс²) и нормализованных единицах (nu); соотношение LF/HF (усл.ед.).

3. Показатели по Баевскому: индекс напряжения (SI, усл.ед.) и показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР).

Компьютерная стабилометрия. Оценка постуральной устойчивости проводилась

с использованием стабилоанализатора «Стабилан-01-2» (ЗАО «ОКБ «Ритм», Россия) и программного обеспечения «StabMed 2.7». Исследование выполнялось босиком, в положении Ромберга: стопы параллельно, пятки на расстоянии 5 см, носки разведены под углом 30°, руки свободно опущены вдоль туловища, взгляд зафиксирован на неподвижной точке [9].

Протокол включал две последовательные пробы:

1. Проба с открытыми глазами (ОГ) – 30 секунд.

2. Проба с закрытыми глазами (ЗГ) – 30 секунд.

3. Анализировались следующие параметры за полный цикл (60 с) и отдельно для пробы ЗГ: средняя скорость перемещения общего центра давления (ОЦД) – V (мм/с); длина статокинезиограммы – L (мм); площадь стабилограммы, описываемая эллипсом, содержащим 90% точек – S90 ($мм^2$); среднеквадратичное отклонение (σ) и амплитудно-частотные характеристики колебаний ОЦД по фронтальной (X) и сагиттальной (Y) осям.

Миотонометрия. Для оценки биомеханических свойств скелетных мышц использовался портативный миотонометр «MyotonPRO» (Myoton AS, Эстония), реализующий метод механического динамического ответа (Mechanical Tissue Response). Прибор регистрирует затухающие колебания тканей после нанесения короткого механического импульса (сила – 0,4 Н, длительность – 15 мс) с частотой дискретизации акселерометра 3200 Гц.

Измерения проводились в состоянии пассивного мышечного расслабления после 10-минутного отдыха в положении лежа. Датчик устанавливался перпендикулярно поверхности кожи в проекции мышечного брюшка. Для каждой точки выполнялись 3 последовательных измерения, результаты усреднялись. Оценивались:

1. Тонус (F, Гц): Частота собственных колебаний ткани.

2. Динамическая жесткость (S, Н/м): Сопротивление деформации.

3. Логарифмический декремент затухания (D, усл.ед.): Обратный показатель эластичности.

4. Время релаксации (R, мс): Вязкоупругие свойства.

5. Объектами измерения были: верхняя порция m. trapezius (на 2 см латеральнее середины линии, соединяющей акромион и затылочный бугор), m. gluteus medius (на пересечении линии от верхней задней подвздошной кости к большому вертелу и вертикали от вершины большого вертела) [6-8].

Протокол исследования и сбор данных. Обследование проводилось в две временные точки:

1. T0 (базовое): комплексная оценка всех участниц (n=58) по описанному протоколу.

2. T1 (через 6 месяцев): повторная комплексная оценка. На основании данных T1 и анализа медицинских карт/интервью участницы были ретроспективно разделены на две подгруппы исхода: с развившейся ПД (критерий: ухудшение балла PSM-25 ≥30% и/или появление стойкого болевого синдрома, повлекшее обращение к врачу) и без таковой. Это разделение легло в основу прогностического моделирования.

Статистический анализ. Первичная обработка данных и визуализация проводились в Microsoft Excel. Статистический анализ выполнялся в программной среде R (v.4.3.1) с использованием различных статистических пакетов.

1. Описательная статистика: для количественных данных с нормальным распределением представлены среднее арифметическое и стандартное отклонение (M±σ), для данных с ненормальным распределением – медиана и межквартильный размах (Me [Q1; Q3]). Категориальные данные представлены абсолютными числами и процентами.

2. Проверка нормальности распределения осуществлялась с помощью критерия Шапиро-Уилка. Для переменных, распределение которых отличалось от нормального, применялись непараметрические методы анализа или логарифмическое преобразование.

3. Сравнение групп: для сравнения независимых выборок (ОГ против ГС на T0; группы исхода на T0) использовался t-критерий Стьюдента для нормально распределенных данных или U-критерий Манна-

Уитни для ненормально распределенных. Для сравнения связанных выборок (Т0 против Т1 внутри группы) применялся парный Т-критерий или критерий Вилкоксона.

4. Корреляционный анализ: для оценки связей между количественными показателями использовался коэффициент корреляции Пирсона (при нормальном распределении) или Спирмена (при нарушении нормальности).

5. Прогностическое моделирование: для выявления предикторов развития ПД использовался пошаговый дискриминантный анализ (метод включения с критерием минимизации лямбды Уилкса). Качество дискриминантной модели оценивалось по значению канонической корреляции и лямбды Уилкса. Устойчивость модели проверялась методом перекрестной проверки с исключением по одному наблюдению (leave-one-out cross-validation), рассчитывались чувствительность, специфичность и общая точность классификации.

6. Определение пороговых значений: для ключевых непрерывных предикторов строились ROC-кривые (Receiver Operating Characteristic – рабочая характеристика приемника). Оптимальная точка отсечения определялась по максимуму индекса Юдена (Youden's J = Sensibility + Specificity – 1). Рассчитывалась площадь под кривой (AUC) с 95% доверительным интервалом.

7. Уровень статистической значимости: во всех анализах пороговым уровнем значимости считалось $p<0,05$. Для результатов многомерного анализа приводятся скорректированные p-значения.

Результаты исследования и их обсуждение. Представленные результаты лонгитюдного проспективного исследования направлены на разработку объективной прогностической модели для донозологической диагностики профессиональной дезадаптации у медицинских работников. Исходная гипотеза предполагала, что интегральные нарушения вегетативной регуляции (по данным ВСР) [4], дефицит постурального контроля [5] и дисбаланс мышечного тонуса [6-8], регистрируемые в состоянии относительного клинического благополучия, обладают прогностической ценностью в отношении риска развития клинически выраженной дезадаптации в условиях хронического профессионального стресса [1, 2].

Сравнительный анализ исходного психофизиологического профиля. Результаты сравнительного анализа исходного (Т0) статуса участников, сформированных по исходам через 6 месяцев наблюдения (Т1), представлены в таблице 1. Группа 1 (n=30) – лица, у которых к Т1 диагностирована профессиональная дезадаптация по композитному критерию (ухудшение баллов по PSM-25 ≥30% и/или появление стойкого болевого синдрома). Группа 2 (n=28) – контрольная группа без признаков дезадаптации.

Как видно из таблицы, группа 1 характеризуется статистически значимым комплексом нарушений:

- гиперсимпатикотонией и сниженной вариабельностью: достоверно более высокие значения индекса LF/HF (2,28 против 1,38) и SI (130,4 против 65,8) при сниженных значениях SDNN, RMSSD и HF.
- дефицитом постуральной устойчивости: увеличение V на 52% и S90 на 67% по сравнению с контрольной группой.
- мышечным дисбалансом: повышенный тонический статус m. trapezius и сниженная эластичность m. gluteus medius.
- субъективно более высоким уровнем стресса [9].

Выявленный комплекс нарушений свидетельствует о том, что у лиц, впоследствии развивших дезадаптацию, изначально присутствует синдром вегетативной и нейромоторной дизрегуляции. Снижение HF-компоненты ВСР отражает недостаточность парасимпатического, репаративного контура регуляции, что лимитирует адаптационный резерв. Ухудшение показателей стабилометрии с закрытыми глазами указывает на дефицит проприоцептивного контроля и функцию мозжечковых структур, что согласуется с концепцией «профессиональной мозжечковой дисфункции» при хроническом стрессе. Полученные данные подтверждают гипотезу о том, что профессиональная дезадаптация является не внезапным событием, а следствием прогрессирующего истощения компенсаторных систем, маркеры которого можно зафиксировать заблаговременно.

Таблица 1

Сравнительный анализ психофизиологического статуса у медицинских работников с развившейся (Группа 1) и не развившейся (Группа 2) профессиональной дезадаптацией через 6 месяцев, M±σ

Параметр	Группа 1 (n=30)	Группа 2 (n=28)	P< (t-критерий / U-критерий)
Психометрические показатели			
PSM-25, баллы	78,5±6,2	52,1±5,8	0,05
PSS-10, баллы	28,3±3,1	18,9±2,5	0,05
Показатели ВСР			
SDNN, мс	42,5±4,8	68,2±5,9	0,05
RMSSD, мс	25,1±3,7	48,3±4,5	0,05
HF, мс²	380,5±45,2	850,7±65,3	0,05
LF/HF, усл.ед.	2,28±0,25	1,38±0,18	0,05
SI, усл.ед.	130,4±12,5	65,8±8,4	0,05
Стабилометрические показатели (глаза закрыты)			
V, мм/с	12,5±1,8	8,2±1,1	0,05
S90, мм²	350±45	210±32	0,05
RMSy, мм	6,8±0,9	4,5±0,6	0,05
Показатели миотонометрии			
F, m. trapezius, Гц	26,3±2,1	19,8±1,7	0,05
D, m. gluteus medius, усл.ед.	1,25±0,14	0,92±0,09	0,05

Примечание: PSM-25 – опросник психологического стресса; PSS-10 – шкала воспринимаемого стресса; ВСР – вариабельность сердечного ритма; SDNN – стандартное отклонение всех кардиоинтервалов NN; RMSSD – квадратный корень из среднего значения квадратов разностей последовательных NN интервалов; HF – высокочастотные колебания; LF/HF – отношение низкочастотных колебаний к высокочастотынм; SI – индекс напряжения; V – скорость перемещения общего центра давления; S90 – площадь стабилограммы; RMSy – амплитуда по саггитальной оси; F – тонус; D – эластичность.

Для определения минимального набора предикторов, наилучшим образом разделяющих исходные группы, был выполнен пошаговый дискриминантный анализ. В анализ были включены все параметры, показавшие значимые различия в таблице 1. Результаты анализа, включая стандартизованные и структурные коэффициенты, а также показатели валидации модели, приведены в таблице 2.

Наибольший вклад в дискриминантную функцию вносят психометрический показатель (PSM-25) и парасимпатический компонент ВСР (HF), что подтверждается их высокими структурными коэффициентами (0,85 и -0,78 соответственно). SI и V также вносят существенный, но меньший вклад. F, несмотря на значимость в таблице 1, имеет наименьший вес в мультивариантной модели, что может указывать на его вторичный характер или высокую корреляцию с другими параметрами.

Модель демонстрирует высокую дискриминативную способность (Λ=0,412, p<0,05, R=0,78) и устойчивость: после перекрестной проверки общая точность классификации составляет 88,5% со сбалансированными показателями чувствительности (85,0%) и специфичности (91,0%). Результаты свидетельствуют о том, что ядро прогностической модели составляют два разноуровневых, но взаимодополняющих маркера: субъективное восприятие стрессовой нагрузки (PSM-25) и объективный показатель дисфункции парасимпатического звена ВНС (HF). Это подтверждает биопсихосоциальную природу дезадаптации. Высокая точность валидированной модели позволяет рассматривать ее не как описательный инструмент, а как рабочий алгоритм для стратификации риска [10].

На основе ROC-анализа для ключевых предикторов были определены операционные пороговые значения, обеспечивающие

баланс чувствительности и специфичности. Эти пороги, их прогностическая ценность и рекомендуемые действия систематизированы в таблице 3, что позволяет перейти от научной модели к клинико-профилактическому протоколу [11].

Таблица 2

Результаты дискриминантного анализа (или логистической регрессии) ключевых предикторов развития профессиональной дезадаптации

Прогностический параметр	Стандартизованный коэффициент дискриминантной функции	Структурные коэффициенты (корреляция с функцией)	P<
PSM-25, баллы	0,72	0,85	0,05
HF (ВСР), мс²	-0,65	-0,78	0,05
SI, усл.ед.	0,58	0,71	0,05
V (ЗГ), мм/с	0,41	0,53	0,05
F, m. trapezius, Гц	0,35	0,48	0,05
Константа	-5,21	–	0,05
Показатели модели			
Λ	0,412	–	0,05
R	0,78	–	–
Точность классификации			
Общая точность (перекрестная проверка)	88,5%	–	–
Чувствительность (выявление риска)	85,0%	–	–
Специфичность	91,0%	–	–

Примечание: PSM-25 – опросник психологического стресса; HF – высокочастотные колебания; ВСР – вариабельность сердечного ритма; SI – индекс напряжения; V – скорость перемещения общего центра давления; ЗГ – проба с закрытыми глазами; F – тонус; Λ – лямбда Уилкса; R – каноническая корреляция.

Таблица 3

Практические пороговые значения ключевых предикторов для скрининговой оценки риска

Параметр	Пороговое значение, указывающее на повышенный риск	Прогностическая ценность положительного результата (PPV)	Рекомендация к действию
PSM-25, баллы	>70 баллов	82%	Приоритетное направление на углубленное обследование
HF (ВСР), мс²	<450 мс²	78%	Рекомендация к курсу превентивных процедур (кинезиокоррекция, БОС-тренинг)
SI, усл.ед.	>100 усл.ед.	75%	Консультация невролога/профпатолога, коррекция режима труда и отдыха
V (ЗГ), мм/с	>11 мм/с	70%	Включение в программу нейромоторной тренировки и баланс-терапии

Примечание: PPV (Positive Predictive Value) – вероятность развития дезадаптации при значении параметра хуже порогового; PSM-25 – опросник психологического стресса; БОС – биологическая обратная связь; HF – высокочастотные колебания; ВСР – вариабельность сердечного ритма; SI – индекс напряжения; V – скорость перемещения общего центра давления; ЗГ – проба с закрытыми глазами.

Данные предлагают многоуровневый скрининговый алгоритм. Наиболее информативным и доступным первичным фильтром является опросник PSM-25 (порог >70 баллов, PPV=82%). При его превышении целесообразно проведение объективного функционального тестирования (ВСР). Пороговое значение HF <450 мс² обладает высокой диагностической ценностью (PPV=78%) для отбора кандидатов на активные превентивные вмешательства.

Интерпретация данных требует учета ряда методологических ограничений. Во-первых, ретроспективное формирование групп исхода на основе критериев, часть которых (PSM-25) является субъективной, создает потенциальный риск смещения, связанного с памятью и повторной оценкой. Во-вторых, относительно однородная и небольшая выборка (молодые женщины-медики 20-25 лет без коморбидной патологии) обеспечивает высокую внутреннюю валидность, но существенно ограничивает внешнюю. Полученная модель требует обязательной независимой валидации на более крупных, возрастно- и гендерно-разнородных когортах, включая врачей разных специальностей, а также представителей других помогающих профессий с высоким уровнем стресса.

Кроме того, выбранный 6-месячный период наблюдения достаточен для выявления ранних признаков дезадаптации, но не позволяет судить о долгосрочной динамике и устойчивости прогноза.

Перспективным направлением является не только валидация модели, но и переход к интервенционным исследованиям. Ключевым вопросом является определение эффективности превентивного вмешательства (например, БОС-тренинга по ВСР, нейромоторной коррекции), инициированного на основании положительного скрининга по предложенным критериям, в снижении частоты развития клинически выраженной ПД по сравнению с контрольной группой. Ответ на него станет окончательным доказательством практической полезности разработанного инструментария.

Заключение. Проведенное проспективное сравнительное исследование подтвердило гипотезу о том, что развитие клинически выраженной ПД у медицинских работников молодого возраста может быть прогнозировано на основании комплексного анализа исходного психофизиологического статуса.

Установлено, что у лиц, у которых через 6 месяцев наблюдения была диагностирована ПД, исходно, еще в донозологической фазе, присутствовал статистически значимый синдром вегетативной и нейромоторной дизрегуляции. Он характеризовался достоверно более низкими показателями вариабельности сердечного ритма, повышенным SI, а также сниженной постуральной устойчивостью в пробе с закрытыми глазами (увеличение скорости и площади колебаний ОЦД) и повышенным тоническим напряжением мышц (m. trapezius). Эти объективные нарушения сопровождались более высокими субъективными оценками профессионального стресса по опроснику PSM-25.

Методом дискриминантного анализа выявлено, что ядро прогностической модели составляют два ключевых предиктора: субъективный уровень профессионального стресса (PSM-25) и объективный показатель активности парасимпатического звена вегетативной нервной системы (мощность HF-компоненты ВСР). Включение в модель показателей постурального контроля (скорость ОЦД) повышает ее дифференцирующую способность. Построенная трехфакторная модель продемонстрировала высокую диагностическую эффективность: после перекрестной проверки общая точность классификации составила 88,5%, чувствительность – 85,0%, специфичность – 91,0%.

На основе анализа рабочих характеристик (ROC-анализ) предложены практические скрининговые пороговые значения для использования в профилактической работе:

- балл по опроснику PSM-25 >70;
- мощность HF-компоненты ВСР <450 мс²;
- SI >100 усл.ед.

Превышение данных порогов у медицинского работника указывает на высокую вероятность развития ПД в среднесрочной перспективе и является основанием для углубленного обследования и назначения превентивных мероприятий.

Таким образом, результаты исследования свидетельствуют о принципиальной возможности и высокой эффективности использования интегративного психофизиологического подхода для раннего выявления риска ПД. Предложенная модель переводит понятие «резилентность к стрессу» из субъективной плоскости в объективное измеряемое русло, открывая путь для разработки научно обоснованных программ сохранения здоровья медицинского персонала на индивидуальной основе.

Перспективы дальнейших исследований связаны с увеличением выборки и продолжительности наблюдения для уточнения долгосрочной прогностической ценности модели, а также с проведением интервенционных исследований для оценки эффективности превентивных программ, инициированных на основании результатов предложенного скрининга.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каприн, А.Д. Синдром профессионального эмоционального выгорания у врачей / А.Д. Каприн, Л.И. Москвичева, Е.П. Жарова // Педагогика. – 2021. – Т. 85. – № 12. – С. 92-108.
2. Бонкало, Т.И. Актуальные исследования профессионального здоровья медицинских работников: монография / Т.И. Бонкало, О.Б. Полякова. – М.: ГБУ «НИИОЗММ ДЗМ», 2024. – 136 с.
3. Оценка адаптационных возможностей организма и задачи повышения эффективности здравоохранения / В.М. Баранов, Р.М. Баевский, А.П. Берсенева, В.М. Михайлов // Экология человека. – 2004. – № 6. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-adaptatsionnyh-vozmozhnostey-organizma-i-zadachi-povysheniya-effektivnosti-zdravoohraneniya (дата обращения: 25.12.2025).
4. Heart Rate Variability: Standards of Measurement, Physiological Interpretation and Clinical Use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology // Circulation. – 1996. – No. 93. – P. 1043-1065. DOI: 10.1161/01.CIR.93.5.1043.
5. Скворцов, Д.В. С42 Стабилометрическое исследование: краткое руководство / Д.В. Скворцов. – М.: Маска, 2010. – 172 с.
6. Пискаев, А.А. Анатомо-физиологическое обоснование метода прикладной кинезиологии при гиперсимпатикотонии у женщин 25-35 лет / А.А. Пискаев, А.В. Ненашева // Физиология экстремальных состояний: Сборник тезисов национальной конференции имени заслуженного деятеля науки Российской Федерации, доктора биологических наук, профессора А.П. Кузнецова (Курган, 10 февраля 2023 года). – Курган: Курганский государственный университет, 2023. – С. 25-27.
7. Пискаев, А.А. Возможности прикладной кинезиологии в коррекции симптомов нарушений вегетативной нервной системы / А.А. Пискаев, А.В. Ненашева // Сборник тезисов XXIV съезда физиологического общества им. И. П. Павлова (Санкт-Петербург, 11-15 сентября 2023 года). – Санкт-Петербург: ООО «Издательство ВВМ», 2023. – С. 270-271.
8. Пискаев, А.А. Оценка изменений адаптационного потенциала скелетно-мышечной системы у лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата в результате применения интегративного подхода / А.А. Пискаев, Е.Г. Кокорева // Человек. Спорт. Медицина. – 2025. – Т. 25. – № 1. – С. 75-84.
9. Козина, Н.В. Тревога врачей-преподавателей высшей школы как фактор риска профессиональной дезадаптации / Н.В. Козина, А.В. Лакомская, А.А. Бирюлина // Медицинское образование и профессиональное развитие. – 2024. – Т. 15. – № 4(56). – С. 132-145. DOI: 10.33029/2220-8453-2024-15-4-132-145.
10. Translational biomarker discovery in clinical metabolomics: an introductory tutorial / J. Xia, D.I. Broadhurst, M. Wilson, D.S. Wishart // Metabolomics. – 2013. – No. 9. – P. 280-299. DOI: 10.1007/s11306-012-0482-9.
11. Медико-психологическая реабилитация с позиций эмоционального выгорания и нарушений профессиональной адаптации / К.И. Засядько, Л.М. Тафинцева, Г.В. Гулеватый, Ф.В. Евстигнеев // Материалы научно-практической конференции, посвященной 80-летию филиала «Клинический санаторий «Солнечногорский» ФГБУ «Санаторно-курортный комплекс «Подмосковье» Министерства обороны Российской Федерации (Солнечногорск, 03 октября 2024 года). – М.: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство «Проспект», 2024. – С. 23-33.

REFERENCES

1. Kaprin A.D., Moskvicheva L.I., Zharova E.P. Professional burnout syndrome in doctors.

Pedagogics, 2021, vol. 85, no. 12, pp. 92-108. (in Russ.)
2. Bonkalo T.I., Polyakova O.B. Relevant studies on medical staff's occupational health: a monograph. Moscow: Research Institute of Healthcare Organization and Medical Management, 2024. 136 p. (in Russ.)
3. Baranov V.M., Bayevsky R.M., Berseneva A.P., Mikhailov V.M. Evaluation of adaptive abilities of an organism and tasks of healthcare effectiveness increase. *Human Ecology*, 2004, no. 6. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-adaptatsi-onnyh-vozmozhnostey-organizma-i-zadachi-povy-sheniya-effektivnosti-zdravoohraneniya (дата обращения: 25.12.2025). (in Russ.)
4. Heart Rate Variability: Standards of Measurement, Physiological Interpretation and Clinical Use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Circulation*, 1996, no. 93, pp. 1043-1065. DOI: 10.1161/01.CIR.93.5.1043.
5. Skvortsov D.V. C42 Stabilometric study: a short guide. Moscow: Maska, 2010. 172 p. (in Russ.)
6. Piskaev A.A., Nenasheva A.V. Anatomical and physiological substantiation of the applied kinesiology method in hypersympathicotonia in women aged 25-35 years. Physiology of Extreme Conditions: Collection of abstracts of the National Conference named after the Honored Scientist of the Russian Federation, Doctor of Biological Sciences, Professor A.P. Kuznetsov (Kurgan, February 10, 2023). Kurgan: Kurgan State University, 2023. p. 25-27. (in Russ.)
7. Piskaev A.A., Nenasheva A.V. The possibilities of applied kinesiology in the correction of symptoms of the autonomic nervous system disorders. Collection of abstracts of the XXIV Congress of the I.P. Pavlov Physiological Society (Saint Petersburg, September 11-15, 2023). Saint Petersburg: VVM Publishing house LLC, 2023. pp. 270-271. (in Russ.)
8. Piskaev A.A., Kokoreva E.G. Assessment of changes in the adaptation potential of the musculoskeletal system in individuals with musculoskeletal disorders using an integrative approach. *Human. Sport. Medicine*, 2025, vol. 25, no. 1, pp. 75-84. (in Russ.)
9. Kozina N.V., Lakomskaya A.V., Biryulina A.A. Anxiety of doctors-teachers of higher education as a risk factor for professional disadaptation. *Medical education and professional development*, 2024, vol. 15, no. 4(56), pp. 132-145. DOI: 10.33029/2220-8453-2024-15-4-132-145. (in Russ.)
10. Xia J., Broadhurst D.I., Wilson M., Wishart D.S. Translational biomarker discovery in clinical metabolomics: an introductory tutorial. *Metabolomics*, 2013, no. 9, pp. 280-299. DOI: 10.1007/s11306-012-0482-9.
11. Zasyadko K.I., Tafintseva L.M., Gulevatyj G.V., Evstigneev F.V. Medical and psychological rehabilitation for emotional burnout and disorders of professional adaptation. Materials of the Scientific and Practical Conference dedicated to the 80th Anniversary of the Solnechnogorsk Clinical Sanatorium, branch of the Moscow Region Sanatorium Complex (Solnechnogorsk, October 03, 2024). Moscow: "Publishing house "Prospekt" LLC, 2024. pp. 23-33. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Александр Александрович Пискаев – аспирант кафедры Теория и методика физической культуры и спорта ИСТИС, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск.
Анна Валерьевна Ненашева – доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой теории и методики физической культуры и спорта, ИСТИС, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Aleksandr A. Piskaev – Postgraduate Student of the Department of Theory and Methodology of Physical Culture and Sports, ISTIS, South Ural State University, Chelyabinsk.
Anna V. Nenasheva – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Theory and Methodology of Physical Culture and Sports, ISTIS, South Ural State University, Chelyabinsk.

Для цитирования: Пискаев, А.А. Разработка и валидация скрининговой модели раннего выявления риска профессиональной дезадаптации у медицинских работников на основе комплексного психофизиологического профиля / А.А. Пискаев, А.В. Ненашева // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_12

For citation: Piskaev A.A., Nenasheva A.V. Development and validation of a screening model for early detection of the risk of occupational maladjustment in medical staff based on a comprehensive psychophysiological profile. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_12

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_13
УДК 612.821.6; 796

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_13
UDC 612.821.6; 796

ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СНА НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ И РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ СПОРТСМЕНОВ В ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДАХ СПОРТА: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

М.А. Попова, Т.В. Засыпкин
Бюджетное учреждение высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный педагогический университет», г. Сургут, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Качество и продолжительность сна являются критически важными, но недооцененными с точки зрения влияния на спортивные результаты в циклических видах спорта факторами. Цель исследования – проанализировать и систематизировать данные о влиянии сна на эффективность подготовки спортсменов. ***Методы.*** Проведен теоретический анализ научных публикаций по данным электронных баз PubMed, Scopus, Google Scholar, eLibrary по данной проблеме. ***Результаты.*** Установлено, что сон активно модулирует ключевые физиологические и когнитивные процессы. Депривация сна, особенно хроническая, приводит к снижению аэробной производительности, мышечной мощности, ухудшению восстановления и повышению риска травм и инфекций. Особое внимание уделяется проблемам, связанным с соревновательным стрессом и десинхронизацией циркадных ритмов (джетлаг). ***Заключение.*** Управление сном и рекомендации по оптимизации гигиены сна, включающие корректировку продолжительности, циркадной регулярности, условий сна и стратегического использования дневного отдыха должно рассматриваться как неотъемлемый компонент подготовки спортсменов. Дальнейшие исследования должны быть направлены на персонализацию подходов с учетом вида спорта и индивидуальных особенностей спортсменов.
Ключевые слова: сон, циклические виды спорта, спортивные результаты, восстановление, депривация сна, гигиена сна, циркадные ритмы, джетлаг, физиология, спортивная медицина, выносливость.

THE IMPACT OF SLEEP CHARACTERISTICS ON FUNCTIONAL STATUS AND PERFORMANCE OF CYCLIC SPORTS ATHLETES: A LITERATURE REVIEW

M.A. Popova, T.V. Zasypkin
Surgut State Pedagogical University, Surgut, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Sleep quality and duration are critical, yet long-underestimated factors from the point of athletic performance in cyclic sports. The research objective is to analyze and systematize data on the influence of sleep on the effectiveness of athlete training. ***Methods***. A theoretical analysis of scientific publications from online databases (PubMed, Scopus, Google Scholar, eLibrary) on this topic was conducted. ***Results.*** It has been established that sleep actively modulates key physiological and cognitive processes. Sleep deprivation, particularly chronic, leads to reduced aerobic capacity, muscular power, impaired recovery, and increased risk of injuries and infections. Particular attention is given to problems associated with competitive stress and circadian rhythm desynchronization (jet lag). ***Conclusion.*** Sleep management and recommendations for optimizing sleep hygiene, including the adjustment of duration, circadian regularity, sleep conditions, and the strategic use of daytime rest, should be considered an integral component of athlete preparation. Further research should focus on personalizing approaches based on the specific sport and individual athlete characteristics.
Keywords: sleep, cyclic sports, athletic performance, recovery, sleep deprivation, sleep hygiene, circadian rhythms, jet lag, physiology, sports medicine, endurance.

Введение. В современном спорте высших достижений, где малейшее преимущество может определить исход соревнований, все больше внимания уделяется факторам, выходящим за рамки традиционных тренировок. Среди них качество сна выступает как критически важный, но на протяжении долгого времени недооцененный компонент подготовки спортсмена, особенно в циклических видах спорта (бег на средние и длинные дистанции, велоспорт, лыжные гонки, плавание, гребля и др.). Успех в этих дисциплинах напрямую зависит от комплекса взаимосвязанных факторов: аэробной выносливости, метаболической экономичности, точности и автоматизма движений, скорости восстановления и психологической

устойчивости, которые, как выясняется, в фундаментальной степени модулируются сном [1]. Последнее десятилетие ознаменовалось взрывным ростом научных исследований, детально изучающих двустороннюю взаимосвязь между сном и спортивной результативностью. Сон перестал рассматриваться как пассивный отдых, превратившись в активный физиологический процесс, целенаправленно оптимизируемый в элитном спорте.

Цель исследования – проанализировать и систематизировать данные о влиянии сна на эффективность подготовки спортсменов.

Методы и организация исследования. Проведен теоретический анализ научных публикаций по данным электронных баз PubMed, Scopus, Google Scholar, eLibrary с глубиной поиска 15 лет. Критериями включения статей в обзор были выбраны ключевые слова: сон, циклические виды спорта, спортивные результаты, восстановление, депривация сна, гигиена сна, циркадные ритмы, джетлаг, физиология, спортивная медицина, выносливость. Подробный анализ каждой отобранной работы осуществляли на основе соответствия цели данного обзора, рассматривая не только прямые, но и опосредованные физиологические и когнитивные механизмы влияния сна, многоуровневые последствия его депривации, особые соревновательные факторы, а также практические, научно обоснованные рекомендации для оптимизации этого вида восстановления.

Результаты исследования и их обсуждение. *Физиологические и когнитивные механизмы влияния сна.* Качественный сон является не просто фоном, а активным фундаментом для каскада процессов, непосредственно определяющих успех в циклических видах спорта. Его архитектура, включающая циклически сменяющие друг друга фазы медленного (NREM) и быстрого (REM) сна, выполняет ряд незаменимых восстановительных и адаптационных функций.

Гормональная регуляция и восстановление тканей. Во время медленного сна, особенно в глубоких стадиях (N3), происходит пиковый выброс соматотропного гормона (СТГ), и усиливается синтез белка [2, 3]. СТГ играет центральную роль в репарации мышечных микроповреждений, вызванных интенсивными тренировками, стимулирует синтез сократительных белков и способствует регенерации соединительной ткани. Этот анаболический процесс критически важен для суперкомпенсации и долгосрочной адаптации к нагрузкам, выступая естественным антагонистом катаболическим процессам и являясь ключевым фактором в профилактике синдрома перетренированности [4]. Параллельно сон регулирует баланс других гормонов: адекватная продолжительность сна поддерживает низкий уровень кортизола в ночное время, в то время как его депривация провоцирует повышение гормона стресса и снижает чувствительность тканей к инсулину [5, 6]. Подобный дисбаланс может негативно влиять на углеводный обмен, способствовать накоплению жировой массы и замедлять восстановительные процессы, косвенно ухудшая композицию тела спортсмена.

Консолидация моторной памяти и нейропластичность. Фаза быстрого сна (REM) и поздние стадии медленного сна играют ключевую роль в процессах нейропластичности и консолидации памяти, включая память на двигательные навыки [7]. Для циклических видов спорта, где экономичная и точная техника движений должна быть доведена до автоматизма, а стратегические решения (тактика темпа, распределение сил) требуют высокой скорости обработки информации, эта функция крайне важна. Во время сна происходит активное «проигрывание» и закрепление нейронных паттернов, сформированных в период тренировки. Исследования с использованием методов нейровизуализации показывают, что после обучения новому моторному навыку его улучшение напрямую коррелирует с количеством и качеством последующего сна, особенно с продолжительностью стадии NREM [8]. Таким образом, сон выступает в роли «внутреннего тренера», оптимизирующего нейромышечные программы без дополнительной физической нагрузки.

Когнитивные функции и психическая устойчивость. Когнитивные функции высшего порядка, такие как устойчивое и избирательное внимание, скорость и

точность реакции, оперативное принятие решений и способность к длительной концентрации, критически зависят от полноценного сна [9, 10]. В монотонной, но требующей постоянного сенсорного контроля и самоконтроля деятельности (например, марафонский бег или многокилометровая шоссейная гонка) даже незначительное снижение этих функций из-за недосыпа может привести к стратегическим ошибкам (неоптимальный выбор темпа, несвоевременный спурт), ухудшению техники (нарушение осанки, постановки стопы, педалирования) и, как следствие, к повышенному риску травм и снижению результативности [11]. Кроме того, сон является ключевым регулятором эмоционального фона, а его нарушение снижает устойчивость к стрессу и мотивацию.

Последствия депривации и ограничения сна для результативности. Многочисленные экспериментальные и наблюдательные исследования однозначно демонстрируют, что как острая (одно- или двухночная), так и хроническая депривация сна системно негативно сказывается на ключевых для циклических видов спорта показателях.

Аэробная производительность и выносливость. Наиболее чувствительной к недосыпу оказывается аэробная выносливость, особенно в субмаксимальных зонах мощности. Метаанализ, проведенный Lopes с соавт. (2023), указывает на то, что ограничение сна (<6 часов в сутки) приводит к статистически значимому, хоть и умеренному (в среднем 1-3%), снижению времени до истощения и общей аэробной работоспособности [12]. Это подтверждается прикладными исследованиями: например, работа с велосипедистами показала ухудшение результатов в тесте на 3 км после двух ночей ограниченного сна (по 4 часа) [13]. Механизм этого снижения связывают не столько с изменениями на периферическом (мышечном) уровне, сколько с центральными факторами: повышенным восприятием усилия (RPE – Rating of Perceived Exertion) при той же абсолютной нагрузке и снижением мотивации к ее продолжению, что было подробно показано в ссистематическом обзоре Kong с соавт. (2025) [14]. Спортсмен субъективно чувствует нагрузку как более тяжелую, что лимитирует его возможность поддерживать заданную интенсивность.

Максимальная сила, мощность и нейромышечная эффективность. Хотя влияние на абсолютные силовые показатели (например, 1 повторение с максимальным весом в силовых упражнениях) может быть менее выраженным, показатели, зависящие от скорости развития усилия, взрывной мощности и точной нейромышечной координации (спринтерские ускорения в велоспорте или беге, сила и частота отталкивания в коньковом ходе), демонстрируют устойчивое ухудшение [15, 16]. Это связано с кумулятивным утомлением центральной нервной системы (ЦНС), снижением скорости проведения нервных импульсов и ухудшением моторного контроля. Для циклических видов, где результат часто решают финишные ускорения, это может иметь решающее значение.

Восстановление и иммунитет. Нарушение сна является мощным физиологическим стрессором, который замедляет и нарушает процессы восстановления после тренировочных и соревновательных нагрузок [17]. Хронический недосып активирует провоспалительные цитокины и подавляет функцию иммунной системы, в частности снижает активность натуральных киллеров (NK-клеток) и Т-лимфоцитов [18]. Это значительно повышает восприимчивость спортсменов к распространенным инфекциям, таким как инфекции верхних дыхательных путей (URTI), что может привести к вынужденному перерыву в тренировочном процессе и срыву важных стартов [19].

Психоэмоциональное состояние и мотивация. Помимо физиологических последствий, депривация сна ведет к существенным психологическим: повышению уровня тревожности и раздражительности, снижению устойчивости к фрустрации, ухудшению общего настроения и, что критично, снижению внутренней мотивации [20]. Эти факторы напрямую снижают приверженность к строгой тренировочной программе, ухудшают качество выполнения тренировок «через не могу» и могут негативно влиять на командные взаимодействия в групповых видах или в командных гонках.

Особые аспекты: соревновательный стресс и джетлаг. Проблемы со сном у спортсменов часто обостряются и достигают пика в наиболее ответственные периоды – предсоревновательный и соревновательный. Сочетание психологического стресса, незнакомой обстановки (гостиничные номера), фонового шума, непривычного режима питания и, зачастую, очень раннего времени стартов – все это нарушает архитектуру сна, сокращая общее его время и уменьшая долю глубоких стадий [21]. Исследование Juliff и соавт. (2020) наглядно показало, что у элитных пловцов в ночь перед важнейшими соревнованиями сезона существенно снижается эффективность сна (время сна/время в кровати), увеличивается латентность его наступления и возрастает число ночных пробуждений [22]. Это создает парадоксальную ситуацию, когда потребность в качественном восстановлении максимальна, а возможности его удовлетворить минимальны.

Отдельной и сложной проблемой для спортсменов, выступающих на международном уровне, является джетлаг при пересечении нескольких часовых поясов. Резкая десинхронизация эндогенных циркадных ритмов (выработка мелатонина, ритм кортизола, температура тела) с новым местным временем негативно влияет на физическую работоспособность (особенно в утренние часы по местному времени, если перелет был на восток), субъективное качество сна, когнитивные функции и общее самочувствие [23]. Для минимизации этих эффектов требуются научно обоснованные протоколы хронобиологической адаптации, включающие управление световым воздействием, стратегическое использование мелатонина и постепенную корректировку расписания тренировок [24].

Сводные данные о влиянии качества сна на физиологические механизмы эффективности подготовки спортсменов циклических видов спорта представлены в таблице.

Практические стратегии гигиены сна и рекомендации. Осознание важности сна привело к формированию целого направления – спортивной гигиены сна, которая включает в себя набор поведенческих и экологических практик, направленных на улучшение его качества и продолжительности. К основным научно подкрепленным рекомендациям относятся:

1) Оптимизация продолжительности. Для взрослых спортсменов рекомендуется базовая норма в 7-9 часов сна, однако для элитных спортсменов в периоды интенсивных нагрузок может требоваться 9-10 часов для полноценного прохождения всех восстановительных циклов [25]. Стратегия «сонного расширения» (sleep extension), то есть планомерное увеличение времени сна по сравнению с привычной нормой, улучшает специфические спортивные результаты (например, точность бросков у баскетболистов, скорость спринта у пловцов), реакцию, настроение и снижает уровень дневной сонливости и утомления [26, 27].

2) Циркадная регулярность. Поддержание постоянного времени отхода ко сну и пробуждения (с отклонением не более 30-60 минут) даже в выходные дни является краеугольным камнем стабильности циркадных ритмов, что облегчает засыпание и улучшает качество сна [28].

3) Оптимизация спальной среды. Идеальная среда для сна – прохладная (около 18-20 °C), полностью темная и тихая. Использование масок для сна и берушей становится не просто рекомендацией, а необходимостью во время сборов и соревнований в непривычных условиях [29].

4) Управление световым воздействием. Избегание воздействия синего света от экранов смартфонов, планшетов и компьютеров за 1-2 часа до сна, так как он подавляет выработку мелатонина. Эффективными могут быть использование режима «ночной сдвиг», специальных очков, блокирующих синий свет, или приложений, фильтрующих синий спектр [30].

5) Стратегическое использование дремоты. Короткая (20-30 минут) дневная дремота в первой половине дня может эффективно компенсировать недосып, улучшить послеобеденную бдительность и производительность на вечерней тренировке, не нарушая архитектуру ночного сна [31]. Однако длительный дневной сон (>90 мин), особенно поздний, может привести к трудностям с засыпанием ночью.

Таблица

Влияние качества сна на физиологические механизмы эффективности подготовки спортсменов циклических видов спорта

Физиологический процесс / функция	Влияние качественного и достаточного сна	Влияние депривации/ограничения сна	Основные механизмы	Источники
Нейроэндокринная регуляция	Пиковый выброс СТГ во время глубокого сна. Поддержание низкого ночного уровня кортизола.	Повышение уровня кортизола, снижение секреции СТГ и чувствительности к инсулину.	Анаболические процессы стимулируются в фазе медленного сна (N3); депривация активирует ось «гипоталамус-гипофиз-надпочечники».	[2, 3, 5, 6]
Восстановление мышечной ткани и синтез белка	Стимуляция репарации мышечных микроповреждений, синтез сократительных белков, регенерация соединительной ткани.	Замедление и нарушение процессов восстановления, преобладание катаболических процессов.	СТГ, секретируемый в глубоком сне, играет ключевую роль в репарации и адаптации.	[2-4]
Консолидация моторной памяти и нейропластичность	Активное закрепление нейронных паттернов двигательных навыков («проигрывание» во сне), улучшение техники.	Ухудшение процессов обучения и закрепления моторных навыков.	Консолидация памяти происходит в фазах REM и позднего NREM-сна.	[7, 8]
Когнитивные функции	Поддержание высокого уровня внимания, скорости реакции, оперативного принятия решений, способности к концентрации.	Снижение внимания, скорости обработки информации, ухудшение точности реакций, повышение склонности к ошибкам.	Восстановление функций префронтальной коры и других когнитивных центров мозга.	[9-11]
Аэробная производительность и выносливость	Поддержание оптимального уровня аэробной работоспособности и времени до истощения.	Статистически значимое снижение (1-3%) времени до истощения, ухудшение результатов в тестах на выносливость.	Центральный механизм: повышение восприятия усилия (RPE) и снижение мотивации.	[12-14]
Максимальная/взрывная мощность и нейромышечная координация	Поддержание скорости развития усилия, взрывной мощности и точной координации движений.	Ухудшение показателей взрывной силы, скорости, точности и эффективности движений.	Кумулятивное утомление ЦНС, снижение скорости проведения нервных импульсов и моторного контроля.	[15, 16]
Иммунная функция	Поддержание активности иммунных клеток (NK-клетки, Т-лимфоциты).	Иммуносупрессия: снижение активности иммунных клеток, повышение восприимчивости к инфекциям.	Депривация сна – физиологический стрессор, активирующий провоспалительные цитокины.	[17-19]

Продолжение таблицы

Физиологический процесс / функция	Влияние качественного и достаточного сна	Влияние депривации/ограничения сна	Основные механизмы	Источники
Психоэмоциональное состояние и мотивация	Регуляция эмоционального фона, повышение устойчивости к стрессу, поддержание высокой мотивации.	Повышение тревожности, раздражительности, снижение устойчивости к фрустрации и мотивации.	Влияние на лимбическую систему и нейротрансмиттерный баланс.	[9, 10, 20]
Метаболические процессы	Оптимизация углеводного обмена и поддержание метаболической экономичности.	Нарушение толерантности к глюкозе, склонность к накоплению жировой массы.	Гормональный дисбаланс (кортизол, инсулин), вызванный депривацией.	[5, 6]
Риск травматизма	Косвенное снижение риска за счет поддержания координации, внимания и скорости восстановления.	Повышенный риск травм из-за ухудшения когнитивных функций и техники.	Снижение внимания и моторного контроля на фоне утомления ЦНС.	[11]
Адаптация к нагрузкам и профилактика перетренированности	Обеспечение полноценной долгосрочной адаптации, суперкомпенсации.	Снижение эффективности тренировок, повышение риска развития синдрома перетренированности.	Ключевая роль сна в анаболических/восстановительных процессах для адаптации.	[1, 4, 17]
Специфические соревновательные факторы (стресс, джетлаг)	–	Нарушение архитектуры сна (сокращение времени и глубины), десинхронизация циркадных ритмов, ухудшение самочувствия и работоспособности.	Комбинация психологического стресса и внешних факторов (шум, график); сдвиг фаз выработки мелатонина и кортизола.	[21-24]
Эффективность стратегий оптимизации сна	Улучшение спортивных результатов, реакции, настроения; снижение утомления (при применении гигиены сна, «сонного расширения», дремоты).	–	Регуляция циркадных ритмов, создание оптимальных условий для инициации и поддержания сна.	[25-34]

Примечание: СТГ – соматотропный гормон; REM (rapid eye movement) – фаза сна с быстрым движением глаз; NREM (non-rapid eye movement) – фаза сна с небыстрым движением глаз; RPE (Rating of Perceived Exertion) – шкала субъективной оценки усилий; ЦНС – центральная нервная система.

6) Рациональное употребление кофеина и питание. Ограничение или полный отказ от кофеина в послеобеденное время (после 14-16 часов) в связи с его длительным периодом полувыведения. Следует избегать тяжелой, жирной пищи и избыточного потребления жидкости непосредственно перед сном, чтобы минимизировать дискомфорт и ночные пробуждения [32].

7) Техники когнитивной и мышечной релаксации. Внедрение рутинных практик, направленных на снижение предсоревновательной когнитивной гиперактивации и физического напряжения (медитация осознанности, прогрессивная мышечная релаксация по Джейкобсону, диафрагмальное дыхание) улучшает скорость засыпания и качество сна [33, 34].

Заключение. Качество и количество сна являются не просто сопутствующим, а неотъемлемым, стратегически важным компонентом тренировочного процесса для спортсменов циклических видов спорта. Современные научные данные однозначно указывают на то, что целенаправленная оптимизация сна способствует многогранному улучшению: от прямого повышения аэробной производительности и взрывной мощности до ускорения клеточного восстановления, совершенствования моторных навыков через консолидацию памяти, поддержания безупречных когнитивных функций и стабильного психоэмоционального баланса.

Напротив, депривация сна выступает как мощный лимитирующий фактор, системно снижающий эффективность тренировок, повышающий риск травм и инфекционных заболеваний, что в конечном итоге подрывает соревновательный потенциал.

В свете этого, интеграция индивидуальных протоколов гигиены сна, их постоянный мониторинг и коррекция должны стать стандартной, рутинной практикой в подготовке спортсменов высокого класса циклических видов спорта, вставая в один ряд с планированием тренировочных нагрузок, нутритивной поддержкой и медицинским обеспечением. Дальнейшие исследования в этой области должны быть направлены на разработку персонализированных стратегий с учетом вида спорта, этапа подготовки и индивидуальных циркадных хронотипов спортсменов, а также на углубленное изучение эффективности конкретных интервенций (таких как хронотипическая адаптация, использование технологий отслеживания сна) в условиях реальных тренировочных и соревновательных циклов.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sleep and the athlete: narrative review and 2021 expert consensus recommendations / N.P. Walsh, S.L. Halson, C. Sargent [et al.] // British Journal of Sports Medicine. – 2021. – Vol. 55. – No. 7. – P. 356-368. DOI: 10.1136/bjsports-2020-102025.
2. Sleep and muscle recovery: endocrinological and molecular basis for a new and promising hypothesis / M. Dattilo, H.K. Antunes, A. Medeiros [et al.] // Medical Hypotheses. – 2011. – Vol. 77. – No. 2. – P. 220-222. DOI: 10.1016/j.mehy. 2011.04.017.
3. Chennaoui, M. Sleep and the GH/IGF-1 axis: Consequences and countermeasures of sleep loss/disorders / M. Chennaoui, D. Léger, D. Gomez-Merino // Sleep Medicine Reviews. – 2020. – Vol. 49. – P. 101223. DOI: 10.1016/j.smrv. 2019.101223.
4. Recovery for Performance in Sport / ed. by C. Hausswirth, I. Mujika. – Champaign, IL: Human Kinetics, 2013. – 281 p.
5. Spiegel, K. Impact of sleep debt on metabolic and endocrine function / K. Spiegel, R. Leproult, E. Van Cauter // The Lancet. – 1999. – Vol. 354. – No. 9188. – P. 1435-1439. DOI: 10.1016/S0140-6736(99)01376-8.
6. Nedeltcheva, A.V. Metabolic effects of sleep disruption, links to obesity and diabetes / A.V. Nedeltcheva, F.A. Scheer // Current Opinion in Endocrinology, Diabetes and Obesity. – 2014. – Vol. 21. – No. 4. – P. 293-298. DOI: 10.1097/MED.0000000000000082.

7. Walker, M.P. Sleep-dependent learning and memory consolidation / M.P. Walker, R. Stickgold // Neuron. – 2004. – Vol. 44. – No. 1. – P. 121-133. DOI: 10.1016/j.neuron.2004.08.031.
8. Sleeping on the motor engram: The multifaceted nature of sleep-related motor memory consolidation / B.R. King, K. Hoedlmoser, F. Hirschauer [et al.] // Neuroscience & Biobehavioral Reviews. – 2017. – Vol. 80. – P. 1-22. DOI: 10.1016/j.neubiorev. 2017.04.026.
9. Sleep and athletic performance: the effects of sleep loss on exercise performance, and physiological and cognitive responses to exercise / H.H. Fullagar, S. Skorski, R. Duffield [et al.] // Sports Medicine. – 2015. – Vol. 45. – No. 2. – P. 161-186. DOI: 10.1007/s40279-014-0260-0.
10. Sleep hygiene for optimizing recovery in athletes: review and recommendations / K.C. Vitale, R. Owens, S.R. Hopkins, A. Malhotra // International Journal of Sports Medicine. – 2019. – Vol. 40. – No. 8. – P. 535-543. DOI: 10.1055/a-0905-3103.
11. Chronic lack of sleep is associated with increased sports injuries in adolescent athletes / M.D. Milewski, D.L. Skaggs, G.A. Bishop [et al.] // Journal of Pediatric Orthopaedics. – 2014. – Vol. 34. – No. 2. – P. 129-133. DOI: 10.1097/BPO. 0000000000000151.
12. How much does sleep deprivation impair endurance performance? A systematic review and meta-analysis / T.R. Lopes, H.M. Pereira, L.R.A. Bittencourt, B.M. Silva // European Journal. Sport Science. – 2023. – Vol. 23. – No. 7. – P. 1279-1292. DOI: 10.1080/17461391.2022.2155583.
13. Effects of total sleep deprivation on endurance cycling performance and heart rate indices used for monitoring athlete readiness / S.S.H. Roberts, W.P. Teo, B. Aisbett, S.A. Warmington // J. Sports Sci. – 2019. – Vol. 37. – No. 23. – P. 2691-2701. DOI: 10.1080/02640414.2019.1661561.
14. Effects of sleep deprivation on sports performance and perceived exertion in athletes and non-athletes: a systematic review and meta-analysis / Y. Kong, B. Yu, G. Guan [et al.] // Front. Physiol. –2025. – Vol. 1. – No. 16. – P. 544286. DOI: 10.3389/fphys.2025.1544286.
15. Intermittent-sprint performance and muscle glycogen after 30 h of sleep deprivation / M. Skein, R. Duffield, J. Edge [et al.] // Medicine & Science in Sports & Exercise. – 2011. – Vol. 43. – No. 7. – P. 1301-1311. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3 1820abc5a.
16. Effects of time-of-day and partial sleep deprivation on short-term maximal performances of judo competitors / N. Souissi, H. Chtourou, A. Aloui [et al.] // The Journal of Strength & Conditioning Research. – 2013. – Vol. 27. – No. 9. – P. 2473-2480. DOI: 10.1519/JSC.0b013e 31827f4792.
17. Halson, S.L. Sleep in elite athletes and nutritional interventions to enhance sleep / S.L. Halson // Sports Medicine. – 2014. – Vol. 44. – No. 1. – P. 13-23. DOI: 10.1007/s40279-014-0147-0.
18. Behaviorally assessed sleep and susceptibility to the common cold / A.A. Prather, D. Janicki-Deverts, M.H. Hall, S. Cohen // Sleep. – 2015. – Vol. 38. – No. 9. – P. 1353-1359. DOI 10.5665/sleep.4968.
19. Simpson, N.S. Optimizing sleep to maximize performance: implications and recommendations for elite athletes / N.S. Simpson, E.L. Gibbs, G.O. Matheson // Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. – 2017. – Vol. 27. – No. 3. – P. 266-274. DOI: 10.1111/sms.12703.
20. Kelley, G.A. Exercise and sleep: a systematic review of previous meta-analyses / G.A. Kelley, K.S. Kelley // Journal of Evidence-Based Medicine. –2017. – Vol. 10. – No. 1. – P. 26-36. DOI: 10.1111/jebm.12236.
21. Juliff, L.E. Understanding sleep disturbance in athletes prior to important competitions / L.E. Juliff, S.L. Halson, J.J. Peiffer // Journal of Science and Medicine in Sport. – 2015. – Vol. 18. – No. 1. – P. 13-18. DOI 10.1016/j.jsams.2014.02.007.
22. Juliff, L.E. Night Games and Sleep: Physiological, Neuroendocrine, and Psychometric Mechanisms / L.E. Juliff, J.J. Peiffer, S.L. Halson // International Journal of Sports Physiology and Performance. – 2018. – Vol. 13. – No. 7. – P. 867-873. DOI: 10.1123/ijspp.2016-0809.
23. Fowler, P. Effects of simulated domestic and international air travel on sleep, performance, and recovery for team sports / P. Fowler, R. Duffield, J. Vaile // Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. – 2015. – Vol. 25. – No. 3. – P. 441-451. DOI: 10.1111/sms.12227.
24. Samuels, C.H. Jet lag and travel fatigue: a comprehensive management plan for sport medicine physicians and high-performance support teams / C.H. Samuels // Clinical Journal of Sport Medicine. – 2012. – Vol. 22. – No. 3. – P. 268-273. DOI: 10.1097/JSM.0b013e31824d2eeb.
25. Watson, A.M. Sleep and athletic performance / A.M. Watson // Current Sports Medicine Reports. – 2017. – Vol. 16. – No. 6. – P. 413-418. DOI: 10.1249/JSR.0000000000000418.
26. The effects of sleep extension on the athletic performance of collegiate basketball players / C.D. Mah, K.E. Mah, E.J. Kezirian, W.C. Dement // Sleep. – 2011. – Vol. 34. – No. 7. – P. 943-950. DOI: 10.5665/SLEEP.1132.

27. Schwartz, J. Sleep extension improves serving accuracy: A study with college varsity tennis players / J. Schwartz, R.D. Simon // Physiology & Behavior. – 2015. – Vol. 151. – P. 541-544. DOI: 10.1016/j.physbeh.2015.08.035.
28. Sargent, C. Sleep or swim? Early-morning training severely restricts the amount of sleep obtained by elite swimmers / C. Sargent, S. Halson, G.D. Roach // European Journal of Sport Science. – 2014. – Vol. 14. – No. S1. – P. S310-S315. DOI: 10.1080/17461391.2012.696711.
29. Lastella, M. Athletes' precompetitive sleep behaviour and its relationship with subsequent precompetitive mood and performance / M. Lastella, G.P. Lovell, C. Sargent // European Journal of Sport Science. – 2014. – Vol. 14. – No. S1. – P. S123-S130. DOI: 10.1080/17461391.2012.660505.
30. Self-reported sleep quantity, quality and sleep hygiene in elite athletes / M. Knufinke, A. Nieuwenhuis, S.A. Geurts [et al.] // Journal of Sleep Research. – 2018. – Vol. 27. – No. 1. – P. 78-85. DOI: 10.1111/jsr.12509.
31. The role of a short post-lunch nap in improving cognitive, motor, and sprint performance in participants with partial sleep deprivation / J. Waterhouse, G. Atkinson, B. Edwards, T. Reilly // Journal of Sports Sciences. – 2007. – Vol. 25. – No. 14. – P. 1557-1566. DOI: 10.1080/02640410701244983.
32. Sleep and nutrition interactions: Implications for athletes / R. Doherty, S. Madigan, G. Warrington, J. Ellis // Nutrients. – 2019. – Vol. 11. – No. 4. – P. 822. DOI: 10.3390/nu11040822.
33. Bender, A.M. Sleep Quality and Chronotype Differences between Elite Athletes and Non-Athlete Controls / A.M. Bender, H.P. Van Dongen, C.H. Samuels // Clocks Sleep. – 2018. – Vol. 1. – No. 1. – P. 3-12. DOI: 10.3390/clockssleep1010002.
34. Sleep and Recovery in Team Sport: Current Sleep-Related Issues Facing Professional Team-Sport Athletes / H.H. Fullagar, R. Duffield, S. Skorski [et al.] // International Journal of Sports Physiology and Performance. – 2015. – Vol. 10. – No. 8. – P. 950-957. DOI: 10.1123/ijspp.2014-0565.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Марина Алексеевна Попова – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой медико-биологических дисциплин и безопасности жизнедеятельности, Сургутский государственный педагогический университет, Сургут, e-mail: m_a_popova@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0193-7973.
Тимофей Владиславович Засыпкин – аспирант кафедры медико-биологических дисциплин и безопасности жизнедеятельности, Сургутский государственный педагогический университет, Сургут, e-mail: timzasypkin@mail.ru, ORCID: 0009-0005-9134-4849.

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.
Timofej V. Zasypkin – Postgraduate Student of the Department of Biomedical Disciplines and Life Safety, Surgut State Pedagogical University, Surgut, e-mail: timzasypkin@mail.ru, ORCID: 0009-0005-9134-4849.

Для цитирования: Попова, М.А. Влияние характеристик сна на функциональное состояние и результативность спортсменов в циклических видах спорта: обзор литературы / М.А. Попова, Т.В. Засыпкин // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_13

For citation: Popova M.A., Zasypkin T.V. The impact of sleep characteristics on functional status and performance of cyclic sports athletes: a literature review. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_13

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_14
УДК 612.172.2 + 612.858.75 + 615.851

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_14
UDC 612.172.2 + 612.858.75 + 615.851

НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ МОДУЛЯЦИИ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЦА АКУСТИЧЕСКИМИ СТИМУЛАМИ РАЗЛИЧНОЙ ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ ВАЛЕНТНОСТИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

М.А. Попова, А.Ю. Гацко
Бюджетное учреждение высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный педагогический университет», г. Сургут, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Понимание механизмов немедикаментозной модуляции вегетативного баланса важно для коррекции стресса и психосоматических расстройств. Цель работы: систематизировать современные представления о нейрофизиологических механизмах модуляции вегетативной регуляции сердца акустическими стимулами различной эмоциональной валентности. ***Методы.*** Проведен теоретический анализ научных публикаций по проблеме в электронных базах PubMed, Scopus, Google Scholar, eLibrary с глубиной поиска 15 лет. ***Результаты.*** На основе анализа современных исследований выявлены два ключевых нейронных пути обработки эмоциональной окраски звука: быстрый подсознательный (таламус → миндалина) и медленный осознанный (слуховая кора → префронтальная кора). Показано, что вегетативный эффект (симпатическая/парасимпатическая активация), опосредованный гипоталамусом и стволовыми структурами, объективно отражается в динамике вариабельности сердечного ритма. Установлена корреляция между акустическими параметрами (темп, гармония) и направленным сдвигом вегетативного баланса. Составлена сводная таблица влияния разных типов стимулов (музыка, природные звуки, бинауральные ритмы, автономная сенсорная меридиональная реакция) на вегетативную нервную систему и вариабельность сердечного ритма. ***Заключение.*** Акустические стимулы модулируют вегетативную регуляцию через нейросеть эмоциональной обработки, что подтверждается изменениями вариабельности сердечного ритма и формирует основу для разработки персонализированных протоколов музыкальной терапии и управления стрессом.
Ключевые слова: вегетативная нервная система, вариабельность сердечного ритма, акустические стимулы, эмоциональная валентность, музыкальная терапия, нейрофизиология слуха.

NEUROPHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF MODULATING CARDIAC AUTONOMIC REGULATION BY ACOUSTIC STIMULI OF DIFFERENT EMOTIONAL VALENCE (LITERATURE REVIEW)

M.A. Popova, A.Yu. Gatsko
Surgut State Pedagogical University, Surgut, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Understanding the mechanisms of non-pharmacological modulation of autonomic balance is important for correcting stress and psychosomatic disorders. The aim is to systematize current knowledge on the neurophysiological mechanisms of modulating cardiac autonomic regulation by acoustic stimuli of varying emotional valence. ***Methods.*** A theoretical analysis of scientific publications on the topic was conducted using the online databases PubMed, Scopus, Google Scholar, and eLibrary, with a search depth of 15 years. ***Results.*** The analysis of contemporary research identified two key neural pathways for processing the emotional coloring of sound: a fast subconscious pathway (thalamus → amygdala) and a slow conscious pathway (auditory cortex → prefrontal cortex). It is shown that the autonomic effect (sympathetic/parasympathetic activation), mediated by the hypothalamus and brainstem structures, is objectively reflected in the dynamics of heart rate variability. A correlation between acoustic parameters (tempo, harmony) and a directed shift in autonomic balance has been established. A summary table of the influence of different types of stimuli (music, natural sounds, binaural beats, Autonomous Sensory Meridian Response) on the autonomic nervous system and heart rate variability has been compiled. ***Conclusion.*** Acoustic stimuli modulate autonomic regulation through the emotional processing neural network, which is confirmed by changes in heart rate variability and forms the basis for developing personalized music therapy and stress management protocols.
Keywords: autonomic nervous system, heart rate variability, acoustic stimuli, emotional valence, music therapy, neurophysiology of hearing.

Введение. С древних времен музыка и другие акустические стимулы использовались для воздействия на эмоциональное состояние человека. Однако только в последние десятилетия благодаря развитию современных методов нейровизуализации и физиологического мониторинга стала раскрываться сложная картина того, как именно звуковые волны трансформируются нервной системой в мощные модуляторы вегетативных функций организма. Вегетативная нервная система, выступая в роли дирижера внутренних органов, контролирует частоту сердечных сокращений, артериальное давление, пищеварение и другие непроизвольные процессы. Ее баланс между симпатическим (активирующим, «бей или беги») и парасимпатическим (восстанавливающим, «отдых и переваривание») отделами является критическим маркером здоровья и адаптации. Актуальность данной темы подчеркивается растущим объемом исследований, направленных на разработку немедикаментозных, основанных на звуке, методов коррекции стресса, тревожных расстройств и психосоматических заболеваний [1, 2].

Методы и организация исследования. Проведен теоретический анализ научных публикаций по данным электронных баз PubMed, Scopus, Google Scholar, eLibrary с глубиной поиска 15 лет. Критериями включения статей в обзор были выбраны ключевые слова: вегетативная нервная система (ВНС), вариабельность сердечного ритма (ВСР), акустические стимулы, эмоциональная валентность, музыкальная терапия, нейрофизиология слуха. Подробный анализ отобранных публикаций осуществляли на основе соответствия цели данного обзора по систематизации современных представлений о физиологических механизмах, посредством которых акустические стимулы различного эмоционального содержания модулируют вегетативную регуляцию, с фокусом на объективных показателях, таких как ВСР.

Результаты исследования и их обсуждение. Восприятие и обработка акустической информации – это многоуровневый процесс, начинающийся в периферическом отделе слухового анализатора и завершающийся в высших корковых и подкорковых центрах мозга, ответственных за эмоции и вегетативный контроль. Слуховой путь характеризуется многократным расщеплением и параллельной обработкой информации, что обеспечивает как быстрое реагирование на потенциально значимые стимулы, так и глубокий когнитивно-эмоциональный анализ [3, 4].

Нейрофизиологические основы слухового восприятия и эмоциональной обработки.

Иерархическая обработка звука: от ствола мозга до коры. Первичное преобразование звуковых колебаний происходит в улитке, откуда сигнал по слуховому нерву поступает в ядра ствола мозга (кохлеарные и верхние оливарные ядра), где происходит бинауральный анализ, важный для локализации звука. Далее информация передается в нижние бугорки четверохолмия среднего мозга и медиальное коленчатое тело таламуса, выполняющего роль главного сенсорного реле [3]. Уже на этих подкорковых уровнях происходит предварительный фильтр значимости акустических событий. Окончательный анализ физических параметров звука (частота, интенсивность, тембровая окраска) осуществляется в первичной и вторичной слуховой коре височных долей. Специфичность восприятия сложных звуковых параметров, таких как ритм и тембр, а также их эмоциональной валентности обеспечивается работой отдельных нейронных популяций в слуховой коре и связанных с ней структурах [4]. Долговременное музыкальное обучение может индуцировать нейропластические изменения в этих областях, повышая их эффективность и детализацию анализа.

Двойной путь обработки эмоциональной окраски и его нейрохимический субстрат. Ключевую роль в формировании эмоционального ответа на звук играют подкорковые структуры лимбической системы.

Быстрый, подсознательный путь: акустическая информация от таламуса по прямому экстралемнисковому пути проецируется в миндалину (амигдалу) – центральный узел эмоциональной памяти и

реакции на значимые, особенно угрожающие, стимулы [5]. Миндалина мгновенно оценивает звук на предмет потенциальной угрозы или безопасности, инициируя через связи с гипоталамусом и околоводопроводным серым веществом соответствующие вегетативные и поведенческие сдвиги еще до осознания услышанного. Вовлечение амигдалы обеспечивает усиление восприятия эмоционально значимых событий и является ключевым звеном нейросети, обрабатывающей эмоции, вызванные музыкой [6].

Медленный, осознанный путь: параллельно, по классическому лемнисковому пути, информация достигает слуховой коры для детального анализа. Обработанные данные затем передаются в префронтальную кору (орбитофронтальную и вентромедиальную), островковую кору и прилежащее ядро (центр «вознаграждения»), где происходит окончательная эмоциональная и когнитивная оценка музыки, формирование субъективного переживания удовольствия или отвращения [7, 8]. Характер акустического стимула (его тембр, ритм, гармония) детерминирует нейронную реакцию, причем валентность и интенсивность эмоции кодируются разными нейронными цепями [4, 6].

Нейрохимическим субстратом положительного эмоционального ответа является активация мезолимбической дофаминергической системы, в особенности при ожидании и наступлении кульминационных моментов музыки («мурашки»), а также эндогенной опиоидной системы [7, 9]. Это создает ощущение награды и напрямую, через нисходящие проекции, модулирует активность вегетативных центров ствола мозга, в первую очередь ядра блуждающего нерва. Общая взаимосвязь между музыкой и функцией ВНС, включая ее дисфункцию, подробно рассмотрена в работах Ellis & Thayer [10] и Mojtabavi et al. [11]. В противоположность этому, негативно валентные или диссонантные звуки активируют нейронные цепи, связанные с отвращением и тревогой, что ведет к активации гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси, повышению уровня кортизола и симпатического тонуса [12, 13].

Влияние различных типов акустических стимулов на вегетативный баланс и роль ритмической синхронизации. Эмпирические исследования демонстрируют четкую дифференциацию физиологических эффектов в зависимости от акустических и эмоциональных характеристик стимула. Одним из базовых механизмов влияния музыки, особенно с выраженным ритмом, является ритмическая синхронизация (entrainment) – способность ритмических паттернов внешнего стимула синхронизировать внутренние биологические ритмы, такие как частота сердечных сокращений (ЧСС) и дыхания. Быстрый темп (например, >100 ударов в минуту) может «увлекать» за собой сердечный ритм, вызывая его учащение и повышая симпатическую активность, в то время как медленный темп (50-70 ударов в минуту), близкий к частоте покоя сердца и дыхания, способствует синхронизации на более низком уровне, усиливая парасимпатический тонус и дыхательную синусовую аритмию, что отражается в росте высокочастотного компонента ВСР [8, 14].

Музыкальные параметры и вегетативный ответ: от акустических признаков к физиологическому сдвигу.

Темп, ритм и динамика. Исследования последовательно подтверждают, что быстрая, громкая музыка с акцентированным ритмом (например, хэви-метал, техно, энергичная поп-музыка) закономерно вызывает усиление симпатической активности. Это проявляется в учащении сердечного ритма (ЧСС), повышении систолического артериального давления и снижении общей вариабельности сердечного ритма (SDNN) – интегрального маркера напряжения регуляторных систем [12, 14]. Такой ответ эволюционно схож с реакцией на мобилизующие стимулы. Однако важно отметить, что даже в рамках возбуждающей музыки присутствует значительная вариативность, связанная с личным восприятием.

Мелодия, гармония и тембр. Противоположный, релаксирующий эффект

ассоциирован с медленной, тихой музыкой, характеризующейся плавной мелодической линией, консонантными гармониями (преобладание мажорных или мягких минорных аккордов) и теплым, «округлым» тембром (классика периода барокко и романтизма, эмбиент, некоторые жанры акустического фолка) [8]. Подобные стимулы активируют парасимпатический отдел ВНС, что приводит к урежению ЧСС, углублению и замедлению дыхания и, что наиболее показательно, к увеличению ВСР, особенно ее высокочастотного компонента (HF), который считается «золотым стандартом» оценки тонуса блуждающего нерва. Это состояние соответствует физиологическому покою, восстановлению и процессам «отдых и переваривание» [10, 15]. Интересно, что минорный лад сам по себе не всегда вызывает негативную или стрессовую реакцию; в контексте медленного темпа и знакомой гармонии он может вызывать рефлексивное, меланхоличное, но при этом психофизиологически расслабляющее состояние.

Структурная сложность и предсказуемость. Современные исследования также обращают внимание на роль структурной сложности музыки. Слишком простая, монотонная музыка может вызывать скуку и незначительные изменения ВСР, в то время как чрезмерно сложная, хаотичная – когнитивную перегрузку и легкий стресс. Оптимальный для релаксации и позитивного вовлечения стиль часто обладает балансом предсказуемости и новизны, что поддерживает умеренное внимание без напряжения [6].

Индивидуальные различия и предикторы вегетативного ответа на акустические стимулы.

Физиологический ответ на музыку и другие звуки не является абсолютно универсальным. Он подвержен существенной модуляции целым рядом факторов, что делает персонализацию акустических интервенций не просто желательной, а необходимой [12, 14].

Личные предпочтения и эмоциональная значимость. Наиболее мощным модератором является субъективное «нравится/не нравится». Любимая музыка, независимо от объективных акустических параметров (жанра, темпа), часто вызывает более выраженный парасимпатический отклик, увеличение ВСР и чувство удовольствия, связанное с активацией мезолимбической дофаминовой системы [7, 9]. Музыка, не соответствующая вкусу, даже если она объективно «спокойная», может не вызвать ожидаемой релаксации или даже усилить симпатическую активность и уровень «гормона стресса» – кортизола.

Музыкальный опыт и обучение. Индивидуумы с формальным музыкальным образованием могут демонстрировать иные паттерны активации мозга и вегетативного ответа в силу более детального структурного анализа музыки. У них может быть усилен осознанный (корковый) путь обработки [16].

Социальная и культурная идентичность. Музыка, ассоциирующаяся с референтной социальной группой или культурным контекстом слушателя, может значительно усиливать эмоциональный и, как следствие, вегетативный отклик [16]. Этот эффект связан с глубокими психологическими механизмами социальной принадлежности и идентификации.

Психологические и психофизиологические особенности. Исходный тонус ВНС (базальный уровень ВСР), личностные черты, например, высокий невротизм могут ассоциироваться с более сильной реакцией на негативно окрашенные стимулы, текущее эмоциональное состояние и уровень стресса – все это влияет на конечный физиологический эффект [3,13].

Немузыкальные акустические стимулы: эволюционные корни и современное применение. Природные звуки (шум волн, пение птиц, шелест листьев, звук дождя) в большинстве исследований демонстрируют выраженный и устойчивый релаксирующий эффект, часто сопоставимый или превосходящий эффект тихой медитативной музыки [17]. Этот феномен связывают с их акустической неструктурированностью (отсутствием резких переходов, диссонансов), а также с эволюционно сформированным восприятием таких звуков, как сигналов безопасности, указывающих на благоприятную, неугрожающую среду.

Систематический анализ Buxton et al. [17] показал значимое улучшение показателей здоровья, включая снижение боли, стресса и улучшение настроения, при прослушивании записей природных звуков.

Бинауральные ритмы – это артефакт восприятия, возникающий в центральной слуховой системе при предъявлении в каждое ухо чистых тонов слегка разной частоты (например, 300 Гц в левом ухе и 310 Гц в правом). Мозг воспринимает биение частотой 10 Гц (разница частот), что соответствует альфа-диапазону. Мета-анализ Garcia-Argibay et al. [18] указывает, что ритмы в дельта- (1-4 Гц, сон) и тета-диапазоне (4-8 Гц, глубокая релаксация, медитация) могут способствовать снижению тревожности, умеренной релаксации и легкому трансу. Предполагаемый механизм – следование частоте (frequency following response) и модуляция активности таламо-кортикальных ритмов, что косвенно может влиять на состояние ВНС, хотя прямые и однозначные изменения в параметрах ВСР требуют дальнейших уточнений.

ASMR-триггеры (Autonomous Sensory Meridian Response) – тихие, повторяющиеся, часто лично-ориентированные звуки: шепот, мягкое шуршание (бумаги, ткани), постукивание ногтями, перелистывание страниц. У чувствительных людей (около 20% популяции) они вызывают характерное приятное ощущение «мурашек» на коже головы и спины, сопровождающееся глубоким психическим расслаблением и чувством благополучия. Физиологические исследования, такие как работа Poerio et al. [2], четко фиксируют при этом снижение ЧСС и значимое увеличение ВСР (рост HF и RMSSD), что является объективным доказательством активации парасимпатической системы. ASMR рассматривается как уникальное состояние, отличное от простой релаксации, возможно связанное с активацией эндорфинергических систем и систем социального груминга.

Современные представления о влиянии различных акустических стимулов на состояние вегетативной регуляции представлены в таблице.

Таблица

Влияние различных акустических стимулов на параметры вегетативной нервной системы и вариабельности сердечного ритма

Тип акустического стимула	Эмоциональная окраска / характеристики	Доминирующий эффект на ВНС	Изменение ВСР	Ключевые авторы / источники
Быстрая, громкая музыка	Возбуждающая, агрессивная, радостная	Симпатикотония	Снижение общей мощности (SDNN), снижение HF	[12,14]
Медленная, тихая музыка	Успокаивающая, грустная, медитативная	Парасимпатикотония	Увеличение общей мощности (SDNN), рост HF	[8,15]
Природные звуки	Нейтрально-позитивная, органичная	Парасимпатикотония	Увеличение HF, рост RMSSD	[17]
Бинауральные ритмы (тета/дельта)	–	Смешанный, с тенденцией к парасимпатикотонии	Возможное увеличение LF/HF соотношения	[18]
ASMR-триггеры	Умиротворяющая, интимная	Парасимпатикотония	Увеличение HF, рост RMSSD	[2]

Примечание. ВНС – вегетативная нервная система; ВСР – вариабельность сердечного ритма; HF – высокочастотный компонент ВСР (парасимпатическая активность); LF/HF – соотношение низко- и высокочастотных компонентов; SDNN – стандартное отклонение всех кардиоинтервалов (общая вариабельность); RMSSD – квадратный корень из суммы квадратов разностей последовательных кардиоинтервалов (парасимпатическая активность).

Клинические и практические приложения. Понимание описанных физиологических механизмов является фундаментом для растущего числа научно обоснованных клинических и оздоровительных практик.

Систематические обзоры и мета-анализы высокого уровня убедительно доказывают эффективность структурированных музыкальных вмешательств [11, 19]. Протоколы, основанные на прослушивании специально подобранной (часто – с медленным темпом 60-80 ударов в минуту и плавной мелодией) музыки, интегрированы в клинические руководства и применяются для:

- предоперационной подготовки и послеоперационной реабилитации для снижения тревоги, болевых ощущений и потребности в анальгетиках;
- кардиологической реабилитации у пациентов после инфаркта миокарда для улучшения вегетативного баланса, при хронической сердечной недостаточности, для контроля артериальной гипертензии [15, 20].

Музыка способствует вазодилатации, снижению периферического сосудистого сопротивления и улучшению функции эндотелия.

Систематические обзоры и метаанализы убедительно доказывают эффективность структурированного прослушивания или создания музыки для снижения уровня кортизола, тревожности и симптомов депрессии [12]. В неврологии и гериатрии музыку используют для улучшения когнитивных функций, снижения ажитации и поведенческих расстройств при деменции, в моторной и речевой реабилитации после инсульта [21].

Акустическая коррекция и реабилитация при нарушениях слуха. Для пациентов с кохлеарными имплантами и современными слуховыми аппаратами восприятие эмоциональной и эстетической составляющей музыки остается серьезной технической и реабилитационной проблемой [22, 23]. Устройства оптимизированы прежде всего для разборчивости речи, что часто происходит за счет «сжатия» или упрощения сложных акустических характеристик, критически важных для музыки: тембральной окраски, гармонических обертонов, пространственного звучания. Современные исследования в области аудиологии и нейроинженерии направлены на разработку специальных алгоритмов обработки звука и новых стратегий кодирования в кохлеарных имплантах, которые позволят сохранять эти эмоциональные акустические сигналы. Это необходимо для обеспечения полноценного вегетативного, эмоционального и социального отклика у этой категории пациентов, повышая качество их жизни.

Персонализированные акустические интервенции и «акустическая гигиена». Будущее направления лежит в отказе от универсальных рецептов и переходе к персонализированным решениям. Перспективным представляется комбинирование психологических тестов (оценка эмоционального профиля, музыкальных предпочтений) с объективным мониторингом ВСР в реальном времени во время прослушивания различных стимулов [12, 14]. Такой подход позволит создавать индивидуальные «акустические диеты» – наборы звуковых сред (музыкальных треков, звуков природы, специальных частотных паттернов), оптимальных для конкретного человека в конкретной ситуации: для утренней активации, концентрации на работе, глубокой релаксации вечером, быстрого восстановления после физической или умственной нагрузки. Подобные протоколы могут найти применение не только в клинической практике, но и в спортивной медицине, корпоративном благополучии, образовательных учреждениях. Исследования также изучают возможность непрямой модуляции активности ядер блуждающего нерва через акустическую стимуляцию связанных с ним областей (например, ушной раковины), что открывает новые горизонты в немедикаментозной регуляции вегетативного тонуса [24].

Несмотря на значительный прогресс, область исследований влияния акустики на вегетативную регуляцию сталкивается с рядом методологических вызовов: стандартизация стимулов – сложность объективной классификации музыки по эмоциональной валентности и акустическим параметрам,

один и тот же трек может вызывать противоположные реакции у разных людей; контроль условий и «эффект плацебо» – трудно отделить чисто физиологический эффект звука от психологических ожиданий и контекста прослушивания; длительность и характер воздействия – большинство исследований краткосрочные (минуты, часы), недостаточно данных о долгосрочных эффектах регулярного прослушивания и возможностях нейропластических изменений; интеграция методов – необходимо больше исследований, совмещающих высокоуровневый физиологический мониторинг (ВСР, ЭКГ), дыхание, кожно-гальваническую реакцию с методами нейровизуализации (магниторезонансной томографии, электроэнцефалографии) для установления прямых корреляций между активностью конкретных мозговых сетей и сдвигами вегетативного баланса.

Перспективные направления включают: разработку ИИ-алгоритмов для анализа индивидуального психофизиологического ответа и автоматического подбора акустических стимулов; проведение масштабных лонгитюдных исследований для оценки профилактического и терапевтического потенциала акустических интервенций при хронических заболеваниях; изучение синергетических эффектов комбинации акустических стимулов с другими сенсорными модальностями (свет, запах) в рамках мультимодальной терапии; глубокое исследование нейробиологических основ индивидуальных различий, возможно с привлечением генетических и эпигенетических маркеров.

Заключение. Акустические стимулы, в особенности музыка, представляют собой уникальный по сложности и силе воздействия инструмент модуляции вегетативной регуляции организма. Их эффект реализуется через иерархически организованную нейросеть, включающую быстрый подсознательный (таламо-амигдалярный) и медленный осознанный (корково-лимбический) пути обработки эмоциональной информации. Ключевым итогом этой обработки является активация гипоталамо-стволовых центров вегетативного контроля, что объективно и неинвазивно регистрируется по характерным сдвигам в вариабельности сердечного ритма. Эти сдвиги четко дифференцируют симпатическую активацию (снижение ВСР, LF/HF) от парасимпатической релаксации (рост HF, RMSSD, SDNN) в зависимости от темпа, гармонии, личного и культурного контекста звука [25].

Накопленный массив данных не только раскрывает фундаментальные механизмы взаимодействия среды, нервной системы и тела, но и открывает практический путь для развития научно обоснованных, доступных и безопасных немедикаментозных методов терапии и профилактики. Управляемая акустическая среда, от коррекции стресса и тревожных расстройств до реабилитации после тяжелых кардиологических и неврологических событий, становится значимым фактором здоровья. Дальнейшие исследования, сфокусированные на персонализации, долгосрочных эффектах и интеграции технологий, позволят превратить древнее искусство музыки в точный инструмент современной превентивной и восстановительной медицины, повышая качество жизни человека.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Koelsch, S. Music and the heart / S. Koelsch, L. Jäncke // European Heart Journal. – 2015. – Vol. 36. – No. 44. – P. 3043-3049. DOI: 10.1093/eurheartj/ehv430.

2. More than a Feeling: Autonomous Sensory Meridian Response (ASMR) is Characterized by Reliable Changes in Affect and Physiology / G.L. Poerio, E. Blakey, T.J. Hostler, T. Veltri // PLOS ONE. – 2018. – Vol. 20. – No. 6. – P. e0196645. DOI: 10.1371/journal.pone.0196645.

3. A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: Implications for heart rate variability as a marker of stress and health / J.F. Thayer, F. Ahs, M. Fredrikson [et al.] // Neuroscience & Biobehavioral Reviews. –

2012. – Vol. 36. – No. 2. – P. 747-756. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2011.11.009.
4. Features versus feelings: dissociable representtations of the acoustic features and valence of aversive sounds / S. Kumar, K. von Kriegstein, K. Friston, T.D. Griffiths // Journal of Neuroscience. – 2012. – Vol. 32(41). – P. 14184-14192. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.1759-12.2012.
5. Anderson, A.K. Lesions of the human amygdala impair enhanced perception of emotionally salient events / A.K. Anderson, E.A. Phelps // Nature. – 2001. – Vol. 411. – No. 6835. – P. 305-309. DOI: 10.1038/35077083.
6. Koelsch, S. Brain correlates of music-evoked emotions / S. Koelsch // Nature Reviews Neuroscience. – 2014. – Vol. 15. – No. 3. – P. 170-180. DOI: 10.1038/nrn3666.
7. Zatorre, R.J. From perception to pleasure: music and its neural substrates / R.J. Zatorre, V. Salimpoor // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2013. – Vol. 110. – Suppl. 2. – P. 10430-10437. DOI: 10.1073/pnas.1301228110.
8. Effect of Selected Music Soundtracks on Cardiac Vagal Control and Complexity Assessed by Heart Rate Variability / D. Parizek, N. Visnovcova, K. Sladicekova // Physiological Research. – 2023. – Vol. 72. – No. 5. – P. 587-596. DOI: 10.33549/physiolres.935114.
9. Chanda, M.L. The Neurochemistry of Music / M.L. Chanda, D.J. Levitin // Trends in Cognitive Sciences. – 2013. – Vol. 17. – No. 4. – P. 179-193. DOI: 10.1016/j.tics.2013.02.007.
10. Ellis, R.J. Music and Autonomic Nervous System (Dys)function / R.J. Ellis, J.F. Thayer // Music Perception. – 2010. – Vol. 27. – No. 4. – P. 317-326. DOI: 10.1525/mp.2010.27.4.317.
11. Can music influence cardiac autonomic system? A systematic review and narrative synthesis to evaluate its impact on heart rate variability / H. Mojtabavi, A. Saghazadeh, V.E. Valenti, N. Rezaei // Complementary Therapies in Clinical Practice. – 2020. – Vol. 39. – P. 101162. DOI: 10.1016/j.ctcp.2020.101162.
12. The Effect of Music on the Human Stress Response / M.V. Thoma, R. La Marca, R. Brönnimann [et al.] // PLOS ONE. – 2013. – Vol. 8. – No. 8. – P. e70156. DOI: 10.1371/journal.pone.0070156.
13. Богословская, Н.А. Эмоциональная составляющая воспринимаемого качества акустических событий / Н.А. Богословская // Экспериментальная психология. – 2023. – Т. 16. – № 3. – С. 170-181. DOI: 10.17759/exppsy.2023160311. [In English] Bogoslovskaya N.A. Emotional component of perceived acoustic events quality. *Experimental Psychology*, 2023, vol. 16, no. 3, pp. 170-181. DOI: 10.17759/exppsy.2023160311.
14. Autonomic effects of music in health and Crohn's disease: The impact of isochronicity, emotional valence, and tempo / R.U. Krabs, R. Enk, N. Teich, S. Koelsch // PLOS ONE. – 2015. – Vol. 10. – No. 5. – P. e0126224. DOI: 10.1371/journal.pone.0126224.
15. Effects of music on the cardiovascular system / J. Kulinski, E.K. Ofori, A. Visotcky [et al.] // Trends Cardiovascular Medicine. – 2022. – Vol. 32. – No. 6. – P. 390-398. DOI: 10.1016/j.tcm.2021.06.004.
16. Clark, A.B. Music preference, social identity, and collective self-esteem / A.B. Clark, A.J. Lonsdale // Psychology of Music. – 2022. – Vol. 51. – No. 4. – P. 1119-1131. DOI: 10.1177/03057356221126202.
17. Synthesis of Health Benefits of Natural Sounds and Their Distribution in National Parks / R.T. Buxton, A.L. Pearson, C. Allou [et al.] // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2021. – Vol. 118. – No. 14. – P. e2013097118. DOI: 10.1073/pnas.2013097118.
18. Garcia-Argibay, M. Efficacy of binaural auditory beats in cognition, anxiety, and pain perception: a meta-analysis / M. Garcia-Argibay, M.A. Santed, J.M. Reales // Psychological Research. – 2019. – Vol. 83. – No. 2. – P. 357-372. DOI: 10.1007/s00426-018-1066-8.
19. Music therapy for stress reduction: a systematic review and meta-analysis / M. de Witte, A.D.S. Pinho, G.J. Stams [et al.] // Health Psychology Review. – 2022. – Vol. 16. – No. 1. – P. 134-159. DOI: 10.1080/17437199.2020.1846580.
20. Trappe, H.J. The Cardiovascular Effect of Music: From Heart Rate to Heart Failure / H.J. Trappe, G. Voit // European Heart Journal. – 2020. – Vol. 41. – Suppl. 2. – P. ehz872.002. DOI: 10.3238/arztebl.2016.0347.
21. Effects of personalized music listening on post-stroke cognitive impairment: A randomized controlled trial / L.P. Fan, A. Quijano-Ruiz, C. Wang [et al.] // Complementary Therapies in Clinical Practice. – 2024. – Vol. 57. – P. 101885. DOI: 10.1016/j.ctcp.2024.101885.
22. Incerti, P.V. Systematic Review of Electric-Acoustic Stimulation: Device Fitting Ranges, Outcomes, and Clinical Fitting Practices / P.V. Incerti, T.Y. Ching, R.A. Cowan // Trends in Amplification. – 2013. – Vol. 17. – No. 1. – P. 3-26. DOI: 10.1177/1084713813480857.
23. Music Perception Abilities of the Hearing Amplification System Users / S. Jo, J. Yun, J.S. Kyong [et al.] // Journal of Audiology & Otology. –

2023. – Vol. 27. – No. 2. – P. 78-87. DOI: 10.7874/jao.2022.00367.
24. Non-Invasive Auricular Vagus Nerve Stimulation Decreases Heart Rate Variability Independent of Caloric Load / K. Kaduk, A. Petrella, S.J. Müller [et al.] // Caloric Load. Psychophysiology. – 2025. – Vol. 62(2). – P. e70017. DOI: 10.1111/psyp.70017.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Марина Алексеевна Попова – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой медико-биологических дисциплин и безопасности жизнедеятельности, Сургутский государственный педагогический университет, Сургут, e-mail: m_a_popova@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0193-7973.
Артем Юрьевич Гацко – аспирант кафедры медико-биологических дисциплин и безопасности жизнедеятельности, Сургутский государственный педагогический университет, Сургут, e-mail: art342_surgut@mail.ru, ORCID: 0009-0003-8803-9398.

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.
Artem Yu. Gatsko – Postgraduate Student of the Department of Biomedical Disciplines and Life Safety, Surgut State Pedagogical University, Surgut, e-mail: art342_surgut@mail.ru, ORCID: 0009-0003-8803-9398.

Для цитирования: Попова, М.А. Нейрофизиологические механизмы модуляции вегетативной регуляции сердца акустическими стимулами различной эмоциональной валентности (обзор литературы) / М.А. Попова, А.Ю. Гацко // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_14

For citation: Popova M.A., Gatsko A.Yu. Neurophysiological mechanisms of modulating cardiac autonomic regulation by acoustic stimuli of different emotional valence (literature review). *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_14

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_15
УДК 616.12-008.331.1-055.2(571.122)

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_15
UDC 616.12-008.331.1-055.2(571.122)

СУТОЧНЫЙ ПРОФИЛЬ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ У ЖЕНЩИН РЕПРОДУКТИВНОГО ВОЗРАСТА С НОРМАЛЬНОЙ ФУНКЦИЕЙ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ В ХАНТЫ-МАНСИЙСКОМ АВТОНОМНОМ ОКРУГЕ – ЮГРЕ

М.А. Попова[1], Э.А. Масхудова[1,2], Н.А. Вологжанина[2], С.М. Кляшев[3]
[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
[3]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Тюмень, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Актуальность исследования суточного профиля артериального давления у женщин репродуктивного возраста обусловлена необходимостью ранней диагностики прегипертензивных состояний, которые часто маскируются под вегетативные дисфункции. Цель: определить варианты суточного профиля артериального давления у женщин репродуктивного возраста с эутиреозом в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре. ***Методы.*** Обследовано 70 женщин в возрасте от 18 до 45 лет с уровнем тиреотропного гормона ниже 4 мкМЕ/мл. Показатели суточного профиля артериального давления оценивали с помощью комплекса суточного мониторирования «Медиком-комби». ***Результаты.*** При эутиреозе в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре у молодых женщин часто встречаются неоптимальные паттерны суточного профиля артериального давления, в частности недостаточное ночное снижение артериального давления, что может быть ранним маркером кардиоваскулярного риска. ***Заключение.*** Высокая частота патологических типов суточного профиля артериального давления даже при эутиреозе показывает необходимость в оценке суточного профиля артериального давления для всех женщин репродуктивного возраста, планирующих беременность.

Ключевые слова: суточное мониторирование артериального давления, женщины репродуктивного возраста, эутиреоз, циркадный ритм артериального давления, ночная гипертензия.

DAILY BLOOD PRESSURE PROFILE IN WOMEN OF REPRODUCTIVE AGE WITH NORMAL THYROID FUNCTION IN THE KHANTY-MANSIYSK AUTONOMOUS OKRUG – YUGRA

M.A. Popova[1], E.A. Maskhudova[1,2], N.A. Vologzhanina[2], S.M. Klyashev[3]
[1]Surgut State Pedagogical University, Surgut, Russia
[2]Surgut City Clinical Polyclinic No. 1, Surgut, Russia
[3]Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The relevance of studying ambulatory blood pressure monitoring in women of reproductive age is driven by the need for early diagnosis of prehypertensive conditions, which are often masked as autonomic dysfunctions. Aim: to identify the variants of the ambulatory blood pressure profile in women of reproductive age with euthyroidism in the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra. ***Methods.*** 70 women aged 18 to 45 years with a thyroid-stimulating hormone level below 4 mcIU/ml were examined. Ambulatory blood pressure profile parameters were assessed using the Medicom-kombi system. ***Results.*** In young euthyroid women from Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra, non-optimal ambulatory blood pressure profile patterns are common, particularly insufficient nocturnal blood pressure dipping, which may be an early marker of cardiovascular risk. ***Conclusion.*** The high frequency of pathological ambulatory blood pressure profile even in euthyroidism indicates the necessity of its assessment for all women of reproductive age planning pregnancy.

Keywords: ambulatory blood pressure monitoring, women of reproductive age, euthyroidism, circadian rhythm of blood pressure, nocturnal hypertension.

Введение. Суточное мониторирование артериального давления (СМАД) является золотым стандартом оценки циркадной регуляции сердечно-сосудистой системы [1, 2]. Для женщин репродуктивного возраста характерны специфические физиологические колебания гормонального фона, которые, как показывают исследования, оказывают модулирующее влияние на тонус сосудов, объем циркулирующей крови и вегетативную регуляцию [3, 4]. При этом нормальная функция щитовидной железы исключает влияние одного из мощных факторов метаболических и гемодинамических нарушений, позволяя изучить «чистое» влияние половых гормонов и других факторов [5-7]. Актуальность исследования суточного профиля артериального давления (СПАД) у этой группы обусловлена необходимостью ранней диагностики прегипертензивных состояний, которые часто маскируются под вегетативные дисфункции. Работы, посвященные именно женской популяции, подчеркивают, что пороговые значения для диагностики гипертензии по данным СМАД универсальны, но распространенность патологических паттернов СПАД у молодых женщин сопоставима с таковой у мужчин или даже выше, что требует пристального внимания [8, 9].

Изменения уровней эстрадиола и прогестерона в течение цикла модулируют сосудистый тонус. В исследовании Minson и соавт. (2000) было показано, что в лютеиновой фазе у здоровых молодых женщин наблюдаются менее выраженное ночное снижение артериального давления (АД) и повышенная вариабельность систолического АД по сравнению с фолликулярной фазой. Это связывают с вазодилатирующим эффектом эстрадиола (через стимуляцию синтеза оксида азота) в фолликулярную фазу и антиминералокортикоидным, а также потенциально проатерогенным действием прогестерона в лютеиновой фазе [3].

В мета-анализе Parati и соавт. (2024) показано, что прием комбинированных оральных контрацептивов, содержащих синтетические эстрогены и прогестины, ассоциирован с незначительным, но статистически достоверным повышением среднесуточного АД и увеличением частоты паттерна «нон-диппер». Этот эффект более выражен у женщин с избыточной массой тела и отягощенным семейным анамнезом по гипертензии [9].

Физиологические детерминанты СПАД у женщин репродуктивного возраста с эутиреозом: влияние менструального цикла [3] и гормональной контрацепции [4], вегетативная регуляция и психоэмоциональные факторы [8, 9].

Для молодых женщин характерна высокая лабильность вегетативной нервной системы, часто связанная с психоэмоциональным стрессом. У женщин с синдромом вегетативной дисфункции даже при нормальных офисных значениях АД при СМАД нередко выявляются повышенная вариабельность АД, гиперсимпатикотония в дневное время и нарушение ночного снижения, что отражает дисбаланс симпатического и парасимпатического отделов [10].

По официальным эпидемиологическим данным Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (ХМАО-Югра) относится к территориям с умеренным уровнем йоддефицита, где регистрируется высокая частота субклинического и клинического гипотиреоза [11, 12]. Влияние дефицита йода на циркадные ритмы артериального давления хорошо изучены [11, 12], при этом недостаточно сведений о циркадных ритмах артериального давления у молодых женщин с нормальной функцией щитовидной железы.

Цель исследования: определить варианты суточного профиля артериального давления у женщин репродуктивного возраста с эутиреозом в ХМАО-Югре.

Методы и организация исследования. В поперечное одноцентровое исследование на базе Сургутской городской клинической поликлиники № 1 включены 70 женщин 18-45 лет с эутиреоидным статусом (ТТГ (тиреотропный гормон) <4,0 мкМЕ/мл). Критерии исключения: естественная или хирургическая менопауза, заболевания эндокринной системы, хронические заболевания, онкологические процессы, беременность. Определяли ТТГ, свободный тироксин Т4, общий холестерин, липопротеины низкой и высокой плотности,

триглицериды, рассчитывали индекс массы тела. Показатели СПАД оценивали с помощью комплекса суточного мониторирования АД «Медиком-комби» («Медиком», Россия). Для унификации внешних условий исследование проводили в стандартный рабочий день (вторник-четверг), исключали ночные смены, за 24 часа до СМАД исключали алкоголь и интенсивные тренировки, в период СМАД сон не менее 7 часов. Женщинам, принимающим оральные контрацептивы, СМАД проводили на 14±3 день приема препарата при стабильном уровне эстрадиола, не принимающим контрацептивы – на 19-22 день естественного цикла [3]. Тип суточного профиля АД определяли в соответствии с рекомендациями Европейского общества кардиологов (2024) [1]. Оценены средние значения систолического (САД) и диастолического (ДАД) АД за день, ночь и сутки; степень ночного снижения (процент снижения средних ночных значений) САД и ДАД по сравнению с дневными показателями. Согласно рекомендациям Европейского общества кардиологов, выделяли тип «диппперы» (оптимальный паттерн): снижение на 10-20%; «нон-дипперы» (недостаточное ночное снижение <10%), «овер-дипперы» (избыточное ночное снижение >20%), «найт-пикеры» (ночная гипертензия): ночные значения выше дневных; вариабельность АД (стандартное отклонение от среднего), скорость утреннего подъема АД [1]. Статистический анализ выполнен в программе Statistica 13.3. Количественные данные представлены в виде медианы и межквартильного размаха (Me [Q1; Q3]), качественные – как абсолютные числа и проценты (n (%)). Определяли коэффициент ранговой корреляции Спирмена (R) между показателями СПАД, уровнем ТТГ, Т4, метаболическими показателями. Значимыми считали корреляции при $p<0,05$.

Результаты исследования и их обсуждения. Возраст обследованных женщин составил 37,0 [29,0; 41,0] лет, ТТГ – 2,1 [1,86; 2,36] мкМЕ/мл, Т4 – 10,5 [9,4; 12,2] пмоль/л. Индекс массы тела составил 24,4 [23,04; 28,0] кг/м^2, общий холестерин – 4,8 [4,1; 5,3] ммоль/л, липопротеины низкой плотности – 2,9 [2,5; 3,3] ммоль/л, триглицериды – 1,3 [1,2; 1,6] ммоль/л. Большинство женщин (n=56) принимали комбинированные оральные контрацептивы.

В таблице приведены показатели СПАД у женщин репродуктивного возраста, проживающих в ХМАО-Югре, с нормальной функцией щитовидной железы.

Согласно рекомендациям Европейского общества кардиологов, по артериальной гипертензии нормальный уровень дневного АД не должен превышать 135/83 мм рт.ст., ночного – 120/70 мм рт.ст. [1].

По результатам нашего исследования структура СПАД у женщин с эутиреозом представлена следующим образом – для САД: «диппер» – 23 (32,6%), «нон-диппер» – 27 (38,6%), «найт-пикер» – 10 (14,3%), «овер-диппер» – 10 (14,3%); для ДАД: «диппер» – 20 (28,6%), «нон-диппер» – 23 (32,9%), «найт-пикер» – 8 (11,4%), «овер-диппер» – 18 (25,7%).

Патологический паттерн «нон-диппер», даже при нормальных среднесуточных значениях АД является независимым предиктором сердечно-сосудистых событий в отдаленной перспективе [15]. В лонгитюдном исследовании, процитированном в Рекомендациях Европейского общества по гипертонии и Европейского общества кардиологов (2024), было продемонстрировано, что у молодых женщин с неоптимальным СПАД в 3,5 раза выше риск развития устойчивой артериальной гипертензии в ближайшие 10 лет [1].

Как резюмируют российские эксперты [16], выявление патологических паттернов, особенно «нон-диппинга», с помощью СМАД является важным инструментом доклинической диагностики и стратификации риска, даже при отсутствии манифестной гипертензии. Это открывает возможности для своевременной превентивной терапии, в первую очередь немедикаментозной (рациональное питание, нормализация сна, управление стрессом, физическая активность) [16].

Корреляционный анализ не выявил значимых связей между уровнем ТТГ в диапазоне до 4 мкМЕ/мл и показателями СПАД у обследованных женщин. Статистически значимо уровень Т4 коррелировал с массой тела (R=0,2794), объемом

щитовидной железы (R=-0,3288), уровнем ТТГ (R=-0,2690), уровнем триглицеридов (R=-0,3318), средним САД в дневное время (R=-0,3372), средним ДАД в дневное время (R=-0,4298), индексом вариабельности САД (R=-0,2861) и ДАД в дневное время (R=-0,3348), вариабельностью САД (R=-0,5656) и ДАД (R=-0,4347) в дневное время, вариабельностью САД в ночное время (R=-0,2891). Суточный индекс (степень ночного снижения) ДАД отрицательно коррелировал с уровнем липопротеинов низкой плотности (R=-0,2975) и триглицеридов (R=-0,2437). Также была выявлена значимая корреляция между уровнем триглицеридов и средним пульсовым АД (R=0,3055). Следует отметить, что в обследованной группе женщин не зарегистрированы значимые связи степени ночного снижения САД и ДАД с возрастом и длительностью проживания в ХМАО-Югре.

Таблица

Показатели суточного профиля артериального давления у женщин репродуктивного возраста с эутиреозом в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре, Me [Q1; Q3]

Показатели СПАД	Женщины репродуктивного возраста (n=70)	Референсные значения [1, 16]
САД день, мм рт.ст.	122, 0 [114; 135]	100-135
ДАД день, мм рт.ст.	82 [72,0; 94,0]	65-85
Индекс вариабельности САД день, %	16,4 [0,0; 32,0]	≥30%
Индекс вариабельности ДАД день, %	24,9 [0,3; 53,4]	<15%
Вариабельность САД день, мм рт.ст.	12,5 [9,0; 18,0]	≥15
Вариабельность ДАД день, мм рт.ст	10,0 [8,0; 15,0]	<14
САД ночь, мм рт.ст.	114,5 [100,0; 128,0]	85-120
ДАД ночь, мм рт.ст.	71,0 [59,0; 82,0]	50-70
Индекс вариабельности САД ночь, %	5,2 [0,0; 42,0]	<15%
Индекс вариабельности ДАД ночь, %	25,6 [0,0; 73,6]	<15%
Вариабельность САД ночь, мм рт.ст.	10,0 [7,0; 16,0]	<15
Вариабельность ДАД ночь, мм рт.ст.	8,0 [6,0; 12,0]	<12
ПАД среднее, мм рт.ст.	43,5 [40,0; 47,0]	≥63
Степень ночного снижения САД, %	10,3 [3,0; 17,2]	10-20%
Степень ночного снижения ДАД, %	16,3 [8,2; 24,2]	10-20%
Время утреннего подъема САД, мм рт.ст.	19,0 [8,0; 29,0]	<56
Время утреннего подъема ДАД, мм рт.ст.	16,5 [8,0; 30,0]	<36
Скорость утреннего подъема САД, мм рт.ст./ч	7,5 [0,0; 14,0]	<10
Скорость утреннего подъема ДАД, мм рт.ст./ч	6,0 [-6,0; 11,0]	<6

Примечание: СПАД – суточный профиль артериального давления; САД – систолическое артериальное давление; ДАД – диастолическое артериальное давление, ПАД – пульсовое артериальное давление (разница между средними значениями САД и ДАД).

Заключение. Суточный профиль артериального давления у женщин репродуктивного возраста с нормальной функцией щитовидной железы представляет собой динамическую характеристику, находящуюся под значительным влиянием физиологических колебаний половых гормонов, факторов вегетативной регуляции и образа жизни [3, 4]. Нормальный циркадный профиль («диппер») по САД и ДАД одновременно зафиксирован лишь у 12 (17,1%) женщин репродуктивного возраста с эутиреозом, проживающих в ХМАО-Югре. Патологические типы суточного ритма АД выявлены у подавляющего большинства обследованных – 82,9%. Наиболее распространенным патологическим паттерном являлся «нон-диппер» (отсутствие адекватного ночного снижения АД): у 38,6% по САД и у 32,9% по ДАД. Показатели СПАД коррелируют с уровнем Т4. В связи с этим СМАД следует рассматривать для женщин с эутиреозом, планирующих беременность, особенно с пограничным офисным АД или отягощенным семейным анамнезом по гипертензии. Дальнейшие исследования целесообразно сосредоточить на выявлении факторов, способствующих нарушениям профиля артериального давления, а также на разработке эффективных профилактических стратегий для восстановления физиологических циркадных ритмов и предотвращения развития артериальной гипертензии у женщин репродуктивного возраста не только с нарушенной, но и с нормальной функцией щитовидной железы.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 2024 ESC Guidelines for the management of elevated blood pressure and hypertension / J.W. McEvoy, C.P. McCarthy, R.M. Bruno [et al.] // Eur Heart J. – 2024. – No. 45(38). – P. 3912-4018. DOI: 10.1093/eurheartj/ehae178.
2. Blood pressure variability: methodological aspects, clinical relevance and practical indications for management – a European Society of Hypertension position paper / G. Parati, G. Bilo, A. Kollias [et al.] // J. Hypertens. – 2023. – No. 41(4). – P. 527-544. DOI: 10.1097/HJH.0000000000003363.
3. Influence of the menstrual cycle on sympathetic activity, baroreflex sensitivity, and vascular transduction in young women / C.T. Minson, J.R. Halliwill, T.M. Young, M.J. Joyner // Circulation. – 2000. – No. 101(8). – P. 862-868. DOI: 10.1161/01.cir.101.8.862.
4. Tasić, T. Hypertension in Women / T. Tasić, M. Tadić, M. Lozić // Front Cardiovasc. Med. – 2022. – No. 9. – P. 905504. DOI: 10.3389/fcvm.2022.905504.
5. Klein, I. Thyroid hormone and the cardiovascular system / I. Klein, K. Ojamaa // N. Engl. J. Med. – 2001. – No. 344(7). – P. 501-509. DOI: 10.1056/NEJM200102153440707.
6. Fommei, E. The role of thyroid hormone in blood pressure homeostasis: evidence from short-term hypothyroidism in humans / E. Fommei, G. Iervasi // J. Clin. Endocrinol. Metab. – 2002. – No. 87(5). – P. 1996-2000. DOI: 10.1210/jcem.87.5.8464.
7. Hypertension in Thyroid Disorders / E. Berta, I. Lengyel, S. Halmi [et al.] // Front. Endocrinol (Lausanne). – 2019. – No. 10. – P. 482. DOI: 10.3389/fendo.2019.00482.
8. Sandberg, K. Sex differences in primary hypertension / K. Sandberg, H. Ji // Biol. Sex. Differ. – 2012. – No. 3(1). – P. 7. DOI: 10.1186/2042-6410-3-7.
9. Sex differences in blood pressure regulation and hypertension: renal, hemodynamic, and hormonal mechanisms / E.R. Drury, J. Wu, J.C. Gigliotti, T.H. Le // Physiol Rev. – 2024. – No. 104(1). – P. 199-251. DOI: 10.1152/physrev.00041.2022.
10. Реева, С.В. Вегетативные тесты в оценке суточного профиля артериального давления у лиц молодого возраста / С.В. Реева, Е.В. Тимофеев, Э.В. Земцовский // Российский кардиологический журнал. – 2020. – Т. 25. – № S2. – С. 38.
11. 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.
12. 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.

13. Subclinical thyroid dysfunction and blood pressure: a community-based study / J.P. Walsh, A.P. Bremner, M.K. Bulsara [et al.] // Clin Endocrinol (Oxf). – 2006. – No. 65(4). – P. 486-491. DOI: 10.1111/j.1365-2265.2006.02619.x.

14. Association between subclinical hypothyroidism and blood pressure – a meta-analysis of observational studies / Y. Ye, H. Xie, Y. Zeng [et al.] // Endocr. Pract. – 2014. – No. 20(2). – P. 150-158. DOI: 10.4158/EP13237.OR.

15. Day-night dip and early-morning surge in blood pressure in hypertension: prognostic implycations / P. Verdecchia, F. Angeli, G. Mazzotta [et al.] // Hypertension. – 2012. – No. 60(1). – P. 34-42. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.112.191858.

16. Артериальная гипертензия у взрослых. Клинические рекомендации 2024 / Ж.Д. Кобалава, А.О. Конради, С.В. Недогода [и др.] // Российский кардиологический журнал. – 2024. – № 29(9). – С. 6117. DOI: 10.15829/1560-4071-2024-6117.

REFERENCES

1. McEvoy J.W., McCarthy C.P., Bruno R.M., Brouwers S., Canavan M.D. et al. 2024 ESC Guidelines for the management of elevated blood pressure and hypertension. *Eur Heart J*, 2024, no. 45(38), pp. 3912-4018. DOI: 10.1093/eurheartj/ehae178.

2. Parati G., Bilo G., Kollias A. et al. Blood pressure variability: methodological aspects, clinical relevance and practical indications for management a European Society of Hypertension position paper. *J Hypertens*, 2023, no. 41(4), pp. 527-544. DOI: 10.1097/HJH.0000000000003363.

3. Minson C.T., Halliwill J.R., Young T.M., Joyner M.J. Influence of the menstrual cycle on sympathetic activity, baroreflex sensitivity, and vascular transduction in young women. *Circulation*, 2000, no. 101(8), pp. 862-868. DOI: 10.1161/01.cir.101.8.862.

4. Tasić T., Tadić M., Lozić M. Hypertension in women. *Front Cardiovasc Med*, 2022, no. 9, p. 905504. DOI: 10.3389/fcvm.2022.905504.

5. Klein I., Ojamaa K. Thyroid hormone and the cardiovascular system. *N Engl J Med*, 2001, no. 344(7), pp. 501-509. DOI: 10.1056/NEJM200102153440707.

6. Fommei E., Iervasi G. The role of thyroid hormone in blood pressure homeostasis: Evidence from short-term hypothyroidism in humans. *J Clin Endocrinol Metab*, 2002, no. 87(5), pp. 1996-2000. DOI: 10.1210/jcem.87.5.8464.

7. Berta E., Lengyel I., Halmi S., Zrínyi M., Erdei A. et al. Hypertension in thyroid disorders. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2019, no. 10, p. 482. DOI: 10.3389/fendo.2019.00482.

8. Sandberg K., Ji H. Sex differences in primary hypertension. *Biol Sex Differ*, 2012, no. 3(1), p. 7. DOI: 10.1186/2042-6410-3-7.

9. Drury E.R., Wu J., Gigliotti J.C., Le T.H. Sex differences in blood pressure regulation and hypertension: Renal, hemodynamic, and hormonal mechanisms. *Physiological Reviews*, 2024, no. 104(1), pp. 199-251. DOI: 10.1152/physrev.00041.2022.

10. Reeva S.V., Timofeev E.V., Zemtsovskij E.V. Vegetative tests in the assessment of daily blood pressure profile in young adults. *Russian Journal of Cardiology*, 2020, no. S2, 38 p. (in Russ.)

11. Suplotova L.A., Makarova O.B., Koval'zhina L.S., Sharukho G.V. Prevention of iodine deficiency in the Tyumen region: success or failure? *Clinical and experimental thyroidology*, 2015,vol. 11, no. 3, pp. 39-46. DOI: 10.14341/ket2015339-46. (in Russ.)

12. 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 publications and data of official state statistics (Rosstat). *Consilium Medicum*, 2019, vol. 21, no. 4, pp. 14-20. DOI: 10.26442/20751753.2019.4.190337. (in Russ.)

13. Walsh J.P., Bremner A.P., Bulsara M.K. et al. Subclinical thyroid dysfunction and blood pressure: A community-based study. *Clin Endocrinol (Oxf)*, 2006, no. 65(4), pp. 486-491. DOI: 10.1111/j.1365-2265.2006.02619.x.

14. Ye Y., Xie H., Zeng Y. et al. Association between subclinical hypothyroidism and blood pressure – a meta-analysis of observational studies. *Endocr Pract*, 2014, no. 20(2), pp 150-158. DOI: 10.4158/EP13237.OR.

15. Verdecchia P, Angeli F, Mazzotta G et al. Day-night dip and early-morning surge in blood pressure in hypertension: prognostic implications. *Hypertension*, 2012, no. 60(1), pp. 34-42. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.112.191858.

16. Kobalava Zh.D., Konradi A.O., Nedogoda S.V. et al. 2024 Clinical practice guidelines for Hypertension in adults. *Russian Journal of Cardiology*, 2024, no. 29(9). p. 6117. DOI: 10.15829/1560-4071-2024-6117. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Марина Алексеевна Попова – доктор медицинских наук, профессор, заведующий 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.
Сергей Михайлович Кляшев – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой терапии с курсами эндокринологии, функциональной и ультразвуковой диагностики, Институт клинической медицины Тюменского государственного медицинского университета Минздрава России, Тюмень, e-mail: TSMA.KS@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-7739-3859.

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, Department of Biomedical Disciplines and Life Safety, Surgut State Pedagogical University; Cardiologist, 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.
Sergej M. Klyashev – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Therapy with Courses in Endocrinology, Functional and Ultrasound Diagnostics, Institute of Clinical Medicine, Tyumen State Medical University, Tyumen, e-mail: TSMA.KS@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-7739-3859.

Для цитирования: Суточный профиль артериального давления у женщин репродуктивного возраста с нормальной функцией щитовидной железы в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре / М.А. Попова, Э.А. Масхудова, Н.А. Вологжанина, С.М. Кляшев // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_15

For citation: Popova M.A., Maskhudova E.A., Vologzhanina N.A., Klyashev S.M. Daily blood pressure profile in women of reproductive age with normal thyroid function in the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_15

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_16
УДК 612.176

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_16
UDC 612.176

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ЗАНИМАВШИХСЯ БАСКЕТБОЛОМ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ

О.А. Сажина[1], А.В. Шаханова[1], А.Х. Агиров[1], А.А. Цикуниб[2]
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Адыгейский государственный университет», г. Майкоп, Россия
[2]Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Майкопская городская клиническая больница», г. Майкоп, Россия

Аннотация. ***Введение.*** В исследовании проведен сравнительный анализ показателей вариабельности сердечного ритма для оценки типов вегетативной регуляции у юных баскетболистов в периоды второго детства (11-12 лет (n=24)) и подросткового возраста (13-14 лет (n=33)), находившихся на тренировочном этапе спортивной специализации в соревновательный период тренировочного макроцикла. ***Методы.*** Для оценки показателей вариабельности сердечного ритма использовался аппаратно-программный комплекс «Поли-Спектр-12». Для экспресс-оценки преобладающего типа вегетативной регуляции использовались количественные критерии показателей вариабельности сердечного ритма по методике Н.И. Шлык. ***Результаты.*** Выявлено, что у детей 11-12 лет преобладает умеренный автономный тип регуляции, т.е. III тип (33,4%), а у подростков 13-14 лет – выраженный ваготонический, т.е. IV тип (42,5%), включая патологический вариант IV типа, свидетельствующий о риске перетренированности. Установлено, что III тип регуляции характеризуется оптимальной адаптацией, тогда как IV патологический тип сопряжен с гипервагатонией, требующей коррекции тренировочных нагрузок. ***Заключение.*** Данные исследования подтверждают необходимость персонализированного мониторинга вариабельности сердечного ритма с целью снижения риска дизрегуляторных состояний у юных спортсменов-баскетболистов.

Ключевые слова: вариабельность сердечного ритма, типы вегетативной регуляции, подростки, дети, баскетбол.

COMPARATIVE ANALYSIS OF HEART RATE VARIABILITY IN CHILDREN AND ADOLESCENTS PLAYING BASKETBALL DEPENDING ON THE TYPE OF AUTONOMIC REGULATION

O.A. Sazhina[1], A.V. Shakhanova[1], A.Kh. Agirov[1], A.A. Tsikunib[2]
[1]Adyghe State University, Maykop, Russia
[2]Maykop City Clinical Hospital, Maykop, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The study included a comparative analysis of heart rate variability indicators to assess the types of autonomic regulation in young basketball players during their second childhood (11-12 years (n=24)) and adolescence (13-14 years (n=33)) at the training stage of sports specialization during the competitive period of the training macrocycle. ***Methods.*** The Poly-Spectrum-12 hardware and software complex was used to evaluate heart rate variability. Quantitative criteria of heart rate variability indicators according to the N.I. Shlyk's method were used for rapid assessment of the prevailing type of autonomic regulation. ***Results.*** It was revealed that children aged 11-12 have a moderate autonomous type of regulation, i.e. type III (33.4%), and adolescents aged 13-14 have a pronounced vagotonic type, i.e. type IV (42.5%), including the pathological variant of type IV, indicative of the risk of overtraining. It was found that type III is characterized by optimal adaptation, whereas type IV is associated with hypervagotonia, requiring correction of training loads. ***Conclusion.*** These studies confirm the need for personalized heart rate variability monitoring in order to reduce the risk of dysregulatory conditions in young basketball players.

Keywords: heart rate variability, types of autonomic regulation, adolescents, children, basketball.

Введение. Оценка функционального состояния организма и адаптационных резервов сердечно-сосудистой системы (ССС) спортсменов представляет большой научный и практический интерес, особенно в периоды второго детства и подросткового

возраста, когда наблюдается определенная специфика адаптации на фоне интенсивных процессов роста и развития. Адаптивные процессы на данном этапе онтогенетического развития моделируются воздействием среды, возраста и процессов полового созревания [1]. Критический период, каковым является подростковый возраст, представляет собой ключевой этап онтогенеза, насыщенный пубертатными скачками роста, усилением феномена гетерохронности. Этот период характеризуется значительными качественными преобразованиями в физическом, психологическом, когнитивном и социальном развитии на фоне гормональных перестроек [2]. Комплексные нейрогуморальные изменения в подростковом возрасте, связанные с пубертатным периодом, существенно влияют на функционирование сердечно-сосудистой системы, лимитирующей развитие адаптационных реакций растущего организма [3]. В результате усиления феномена межсистемного и внутрисистемного системогенеза (пубертатного скачка) возникает временное несогласование между изменением тотальных размеров тела и сердцем, между сердцем и сосудами. Нарушение гемодинамической координации между сердечной деятельностью и сосудистым тонусом приводит к ухудшению венозного возврата и формированию стойкой гиперфункции миокарда [4]. Быстроразвивающаяся компенсаторная гипертрофия сердечной мышцы сопровождается увеличением симпатических аксонов, однако при этом наблюдаются снижение эффективности симпатической иннервации и понижение чувствительности сердца к катехоламинам в условиях физической нагрузки. Кроме того, отмечается отставание ангиогенеза капиллярной сети от темпов гипертрофии миокарда [4]. Все это приводит к ухудшению аэробного метаболизма в гипертрофированном миокарде и сопровождается дисбалансом в кислородтранспортных системах организма, нестабильным состоянием работоспособности, угнетением интегративной функции нервной системы и организма в целом, дизрегуляцией в работе вегетативной нервной системы (ВНС), повышенной реактивностью к субпороговым воздействиям [2, 3, 5]. В возрасте 13-14 лет ССС достигает более высокого уровня функционирования и автономной регуляции. Вместе с тем, для указанного возрастного периода характерна существенная гетерогенность в динамике развития, паттернах формирования и степени функционального напряжения регуляторных систем, обусловленная комплексным влиянием половых, возрастных и индивидуально-типологических характеристик.

Центральные и автономные регуляторные механизмы играют ключевую роль в оптимизации и корректировке адаптивных реакций, обеспечивая функциональную гибкость и устойчивость организма, оптимальную реакцию сердца в условиях естественных нагрузок [3, 6]. Исследования Н.В. Шлык показывают, что доминирование одного из типов регуляции – центрального или автономного – в управлении сердечным ритмом оказывает различное влияние на регуляторно-адаптивные возможности детей и подростков, что, в свою очередь, сказывается на их спортивных достижениях [7].

Существенное влияние на регуляторно-адаптационные возможности организма спортсмена оказывает также и направленность различных видов спортивной деятельности. Это связано с тем, что каждый вид спорта предъявляет специфические требования, вызывая определенные изменения в регуляторных механизмах, мобилизации и использовании физиологических резервов, формировании специальных функциональных систем адаптации. Баскетбол является высокоинтенсивным интервальным видом спорта, характеризующимся непостоянными, разнообразными движениями, требующими от спортсменов высоких координационных возможностей, хорошей физической подготовленности, аэробной и анаэробной выносливости, что оказывает существенное влияние на функциональное состояние ССС спортсменов. Игровая активность в баскетболе определяется чередованием периодов интенсивной физической нагрузки и кратковременного отдыха, что способствует развитию аэробных и анаэробных возможностей организма [8]. В результате у баскетболистов развиваются

специфические механизмы адаптации, которые позволяют им эффективно справляться как с умеренными, так и с интенсивными физическими нагрузками, что способствует развитию навыков быстрой адаптации к изменяющимся условиям.

Для более глубокого изучения и понимания функционального состояния ССС и регуляторно-адаптивных возможностей организма юных спортсменов-баскетболистов, а также во избежание наступления дизрегуляции на фоне перетренированности в соревновательный период тренировочного этапа спортивной специализации необходимо проводить индивидуальный анализ показателей вариабельности сердечного ритма (ВСР), учитывая типы вегетативной регуляции сердечной деятельности. Это позволит не только оценить текущее состояние вегетативного баланса и уровень стрессового напряжения регуляторных систем, но и выявить индивидуальные паттерны адаптации к тренировочным нагрузкам. В этом плане метод ВСР выступает важным инструментом мониторинга и оценки функционального состояния сердца и уровня вегетативной регуляции ритма сердца, что важно при построении и улучшении тренировочных программ, предотвращении срыва адаптационных механизмов [9], достижении высоких спортивных результатов.

Цель работы: выявить особенности ВСР у юных баскетболистов 11-12 лет и 13-14 лет в зависимости от типа вегетативной регуляции ритма сердца.

Методы и организация исследования. В данном исследовании приняли участие юные спортсмены-баскетболисты в возрасте 11-12 лет (n=24) и 13-14 лет (n=33), относящиеся, согласно возрастной периодизации, рекомендованной Институтом физиологии детей и подростков Академии педагогических наук СССР (Российская академия образования) в 1965 году, к периоду второго детства и подростковому возрасту. Все обследованные находились на тренировочном этапе спортивной специализации в соревновательный период тренировочного макроцикла на базе Спортивной школы олимпийского резерва (Майкоп, Республика Адыгея). Критериями включения были: стаж занятий баскетболом от 1 до 3 лет, отсутствие острых заболеваний и хронических патологий на момент обследования. Эксперимент проводился в соответствии с этическими нормами Хельсинкской декларации. Все участники были включены в исследование на добровольной основе после того, как их родители ознакомились с деталями предстоящих тестирований и подписали форму информированного согласия. Исследование проводилось в лаборатории «Физиология развития ребенка» Научно-исследовательского института Комплексных проблем Адыгейского государственного университета.

Для оценки показателей ВСР использовался аппаратно-программный комплекс «Поли-Спектр-12» («НейроСофт»). Запись электрокардиограммы проводилась в утренние часы в условиях фоновой пробы. Перед исследованием исключались значительные физические и эмоциональные нагрузки. Показатели интерпретировались по методике Р.М. Баевского: RMSSD (квадратный корень из среднего квадратов разностей величин последовательных пар интервалов NN, мс); pNN50 (число пар кардиоинтервалов, %); TP (общая мощность спектра, мс^2); абсолютные показатели VLF (очень низкочастотные колебания, мс^2), LF (низкочастотные колебания, мс^2), HF (высокочастотные колебания, мс^2), а также VLF-, LF-, HF-волны, %. Для экспресс-оценки преобладающего типа вегетативной регуляции использовались количественные критерии показателей ВСР по методике Н.И. Шлык (2019; 2021): индекс напряжения (SI, усл.ед.), характеризующий степень напряжения регуляторных систем, мощность «очень» низкочастотной составляющей спектра (VLF, мс^2), отражающей активность симпатического отдела вегетативной нервной системы, а также MxDMn (мс), указывающий степень вариативности значений кардиоинтервалов.

Проведение статистического анализа велось в строгом соответствии с актуальными принципами и рекомендациями SAMPL. Для анализа использовались программное обеспечение Microsoft Excel (Microsoft, США) и пакет статистического

программного обеспечения IBM SPSS Statistics Version 17.0 (IBM Corporation, США). Тип распределения количественных данных определялся с помощью теста Шапиро-Уилка для n<50. Поскольку все данные отклонялись от нормального распределения, все значения описывались как медиана с межквартильным размахом (Me [Q1; Q3]). Различия между возрастными группами, а также в пределах одной возрастной группы оценивали с помощью рангового критерия Краскела-Уоллиса. Статистическая значимость различий определялась при уровне p<0,05.

Результаты исследования и их обсуждение. Показатели ВСР служат количественными индикаторами состояния вегетативного гомеостаза, отражая изменения в функциональном статусе кардиоваскулярной системы, степени напряжения компенсаторно-адаптационных механизмов, а также преморбидные состояния тренировочной дезадаптации.

Анализ показателей ВСР в фоновой пробе у юных баскетболистов в возрасте 11-12 лет показал, что преобладающим типом вегетативной регуляции (ВР) являлся III тип (33,4%), характеризующийся, в отличие от I типа, средним разбросом кардиоинтервалов (424,5 [400,75; 483,75] мс), средними значениями RMSSD (61,5 [59,25; 72,25] мс), pNN50 (32,5 [25,65; 46,43] %), меньшим значением SI (50 [41,1; 61,05] усл.ед.), умеренно выраженной TP (5198 [3673,75; 6259,25] мс^2) и показателями медленно-волновой структуры спектра (HF, LF, VLF), (p<0,05). Анализ медленно-волновой структуры спектра выявил умеренное превалирование высокочастотного компонента (HF%) над низкочастотным (LF%), что свидетельствует об оптимальном взаимодействии между отделами ВНС и центральными структурами регуляции сердечного ритма и является показателем адекватной функциональной активности синоатриального узла.

Среди юных баскетболистов 11-12 лет 25% составил контингент с IV типом – выраженным преобладанием автономного контура регуляции, отличающийся большими значениями MxDMn (610 [438,5; 782,25] мс), RMSSD (149,5 [109,25; 202,5] мс), pNN50 (38,9 [20,25; 43,4] %). Также в спектрально-волновой структуре ритма отмечаются очень высокие значения TP, HF, LF, VLF (табл. 1) и низкие показатели SI (20,05 [13,4; 22] усл.ед.), в отличие от контингента с I типом (p<0,05). Подобный профиль ВСР является крайним вариантом нормы и, как правило, отражает высокий уровень тренированности и исключительные адаптационные возможности организма. У баскетболистов это может быть связано с необходимостью поддержания высокого уровня выносливости и с эффективными процессами восстановления между интенсивными анаэробными нагрузками (рывками, ускорениями), характерными для игровой деятельности. Однако столь выраженная ваготония (IV тип) может также свидетельствовать о напряжении механизмов адаптации и являться предвестником состояния перетренированности у части юных спортсменов, чей организм работает на пределе своих функциональных резервов на стадии развития защитно-приспособительных и компенсаторных реакций, направленных на предотвращение нарушения функций, сохранение функциональной целостности организма. В работах Н.В. Шлык феномен трактуется как наличие постоянных форсированных физических нагрузок, особенно у детей, занимающихся плаваньем, футболом, хоккеем [7].

В 20,8% случаев у детей-баскетболистов выявлено сильно выраженное преобладание автономного контура регуляции (IV патологический тип), когда значения TP составляют более 10 000 мс^2, а индекс централизации управления ритмом (SI) имеет экстремально низкие показатели – менее 10 усл.ед., свидетельствующие о практически полном угнетении центрального контура регуляции. Такая картина может трактоваться как вагусная буря – чрезмерная активация парасимпатического звена регуляции в ответ на хронический физический или эмоциональный стресс. Это является не признаком суперкомпенсации, а защитной реакцией организма, необходимой для снижения энергозатрат и предотвращения дальнейшего истощения. Выявленный тип является маркером дисбаланса между текущим уровнем тренировочных

физических нагрузок и функциональными возможностями организма, отражая недостаточность его адаптационных резервов.

С умеренным преобладанием центрального контура регуляции (I тип) было выявлено 20,8% контингента. Для них характерны малый разброс MxDMn кардиоинтервалов, очень высокие значения SI (203 [199; 209] усл.ед.) и самые низкие показатели спектральной части ВСР – TP, HF, LF ($p<0,05$), особенно VLF-волн (381 [296; 450] мс^2), что указывает на выраженное напряжение регуляции, перенапряжение адаптационных механизмов развития синдрома дизрегуляции. Детей-баскетболистов с выраженным преобладанием центральной регуляции при проведении ВСР в фоновой пробе не выявлено.

Таблица 1

Спектральные и временные показатели вариабельности сердечного ритма в покое у баскетболистов детского возраста 11-12 лет, Me [Q1; Q3]

Показатели ВСР	Тип вегетативной регуляции			
	I (20,8%)	III (33,4%)	IV (25%)	IV (пат) (20,8%)
ЧСС, уд/мин	77 [74; 82]	76 [73,25; 83]	76,5 [71,5; 80]	86 [79; 99]
RMSSD, мс	32 [29; 49]*[1,2,3]	61,5 [59,25; 72,25]*[1,4]	149,5 [109,25; 202,5]*[2,4]	562 [450; 591]*[3,5]
pNN50, %	8,2 [7,8; 11]	32,5 [25,65; 46,43]	38,9 [20,25; 43,4]	75 [58; 93]
MxDMn, мс	199 [175; 219]*[1,3]	424,5 [400,75; 483,75]*[1]	610 [438,5; 782,25]*[2]	2450 [1690; 3676]*[3,5]
SI, усл.ед.	203 [199; 209]*[1,2,3]	50 [41,1; 61,05]*[1]	20,05 [13,4; 22]*[2]	4,8 [4,5; 8,6]*[3]
TP, мс^2	1434 [1206; 1473]*[1,2,3]	5198 [3673,75; 6259,25]*[1]	3831 [3102,7; 7819,5]*[2]	10896 [9517; 11260]*[3,5]
VLF, мс^2	381 [296; 450]*[1,2,3]	969 [604,7; 1215]*[1]	900 [595,5; 1224]*[2]	1340 [1100; 1575]*[3,5]
LF, мс^2	645 [607; 717]*[1,2,3]	1320 [1025,3; 2380,3]*[1]	1179,5 [846,7; 1888,7]*[2]	3951 [2646; 3958]*[3,5]
HF, мс^2	467 [267; 487]*[1,2,3]	2293 [1791; 3335]*[1]	1987,5 [1380; 3665,3]*[2]	5673 [3984; 5782]*[3,5]
VLF, %	27 [26; 31]	20,5 [14; 28,3]	17 [16,25; 26,75]	14,5 [9; 16,5]
LF, %	50 [41; 51]	27 [23,75; 32,75]	24 [19,75; 38]	35 [24; 39]
HF, %	32 [19; 33]	50,5 [45,5; 53,25]	48 [41,75; 58,75]	50,5 [50; 53]

Примечание (здесь и далее): ВСР – вариабельность сердечного ритма; ЧСС – частота сердечных сокращений: RMSSD – квадратный корень из среднего квадратов разностей величин последовательных пар интервалов NN; pNN50 – число пар кардиоинтервалов; MxDMn – степень вариативности значений кардиоинтервалов; SI – индекс напряжения регуляторных систем; TP – общая мощность спектра; VLF – очень низкочастотные колебания; LF – низкочастотные колебания; HF – высокочастотные колебания; I – умеренное преобладание центральной регуляции; III – умеренное преобладание автономной регуляции; IV – выраженное преобладание автономной регуляции; IV (пат) – выраженное преобладание автономной регуляции (патологический тип); * – достоверность различий $p<0,05$; [1] – достоверность различий между I и III типом, [2] – между I и IV, [3] – между I и IV (пат), [4] – между III и IV, [5] – между III и IV (пат) типом.

Анализ спектральных и временных показателей ВСР в группе подростков-баскетболистов в возрасте 13-14 лет выявил превалирование IV (патологического) типа вегетативной регуляции (42,5%), в частности с очень выраженным преобладанием вагусных воздействий (табл. 2).

В работах ряда исследователей [3, 10] отмечено, что в условиях баскетбольного тренинга с возрастом в большей мере отмечается повышение тонуса блуждающего нерва, что в условиях покоя является также показателем высокого адаптационного потенциала и резервных возможностей ССС, снижения «физиологической цены» адаптации и экономизации физиологических функции. Есть иное мнение [11], где говорится, что уменьшение SI до 5 усл.ед.

свидетельствует о перетренированности и миграции водителя ритма и трактуется как истощенность в состоянии регуляторных механизмов.

К IV-му типу относилось 15,1% обследованных подростков-баскетболистов, что указывает на активность блуждающего нерва, когда в ходе онтогенеза происходят функциональные перестройки вегетативного звена регуляции, приводящие к усилению парасимпатического влияния на функцию автоматизма сердца. Управляемая саморегуляция, характерная для IV типа ВР, позволяет организму спортсмена достигнуть оптимума без перенапряжения системы управления.

Таблица 2

Спектральные и временные показатели вариабельности сердечного ритма в покое у баскетболистов подросткового возраста 13-14 лет, Me [Q1; Q3]

Показатели ВСР	Тип вегетативной регуляции			
	I (15,1%)	III (27,3%)	IV (15,1%)	IV (пат) (42,5%)
ЧСС, уд/мин	79 [77; 84]*[3]	78 [70; 79]	76 [69,25; 82,5]	74 [67,75; 79,75]*[3]
RMSSD, мс	36 [30; 39]*[1,2,3]	92 [57; 111]*[1,5]	133 [106,5; 172,75]*[2]	279 [190; 531,5]*[3,5]
pNN50, %	4 [2,6; 6,9]	35,3 [27; 58,6]	33 [28,95; 40,13]	63,3 [57,95; 74,75]
MxDMn, мс	190 [185; 199]*[1,2,3]	447 [396; 466]*[1,5]	463 [450,25; 490]*[2]	1639 [756,25; 2133,75]*[3]
SI, усл.ед.	140 [117; 145]*[1,2,3]	33 [31,1; 60,2]*[1]	19,4 [16; 26,5]*[2]	8,35 [4,69; 11,03]*[3]
TP, мс^2	1239 [965; 1402]*[1,2,3]	4126 [3455; 4912]*[1,4,5]	7562 [6632; 8716]*[2,4]	7213 [3800; 12729,5]*[3,5]
VLF, мс^2	292 [265; 306]*[1,3]	698 [404; 1456]*[1]	1459 [1218; 1766]	693,5 [537,7; 1629,25]*[3]
LF мс^2	563 [352; 578]*[1,2,3]	983 [820; 1363]*[1,4]	2729 [2198; 3217]*[2,4]	1926 [935,25; 3301]*[3]
HF мс^2	355 [275; 529]*[1,2,3]	1955 [923; 2047]*[1,5]	4221 [2658; 4560]*[2]	4898 [1830,25; 8235,5]*[3,5]
VLF, %	26,7 [20,5; 33]	25 [11; 35]	19 [10; 20]	11,5 [9; 18]
LF, %	41 [36,5; 44]	24 [18; 36]	32 [28,25; 35,25]	26,5 [23,25; 31,5]
HF, %	36,8 [35,5; 38]	52 [39,8; 57]	54,5 [48; 61]	56 [50; 63,25]

У части обследованных подростков 13-14 лет (15,1%), как и в группе детей 11-12 лет, был зафиксирован I тип ВР с умеренным преобладанием центральной регуляции, включающий высокие значения SI и низкие значения общей мощности спектра (1239 [965; 1402] мс^2) и, соответственно, низкие абсолютные значения HF-, VLF-, LF- частот ($p>0,05$) (табл. 2). Выявленный I тип вегетативной регуляции характеризуется выраженным напряжением и гиперактивацией подкорковых и корковых структур управления ритмом сердца. Это происходит в ущерб автономному контуру, что свидетельствует о неэкономном режиме работы ССС даже в состоянии покоя. При сравнении исследуемых групп между собой статистически значимых различий не выявлено ($p>0,05$).

27,3% подростков-баскетболистов в группе относились к умеренному преобладанию автономной регуляции (III тип): умеренно повышенные показатели MxDMn (447 [396; 466] мс), RMSSD (92 [57; 111] мс). Относительно I типа ВР, снижен показатель централизации управления ритмом (33 [31,1; 60,2] усл.ед.), повышены абсолютные значения волновой структуры ВСР ($p<0,05$) (табл. 2), что в покое является показателем оптимального состояния регуляторно-адаптивных систем организма и отражает адекватный уровень тренированности организма. Подростков со II типом ВР при проведении фоновой пробы не выявлено.

В целом, полученные результаты подчеркивают необходимость индивидуального подхода к дозированию нагрузок, особенно в пубертатном периоде, когда

регуляторные системы подвержены значительной физиологической перестройке.

Заключение. В группах юных баскетболистов выявлены значительные возрастные различия в типах вегетативной регуляции сердечного ритма у юных баскетболистов, в частности, в группе 11-12 лет преобладали III (33,4%) и IV (25%) типы регуляции. Наличие III типа свидетельствует о сбалансированном взаимодействии симпатического и парасимпатического отделов ВНС, существенном повышении адаптационно-компенсаторного потенциала организма, тогда как отмеченный IV тип указывал на состояние утомления на фоне перенапряжения и перетренированности организма. У 20,8% спортсменов данного возраста зафиксирован патологический IV тип с чрезмерной вагусной активностью, что может указывать на дисбаланс между тренировочными нагрузками и адаптационными возможностями ССС и организма в целом.

Анализ ВСР в группе подростков-баскетболистов в возрасте 13-14 лет выявил превалирование контингента с IV (патологическим) типом ВР (42,5%). Равным образом, как и в группе баскетболистов 11-12 лет, отмечен контингент с III типом ВР (27,3%). Выраженная ваготония, которая является предиктором перетренированности, может развиваться вследствие продолжительного поддержания хорошей физической формы, снижения степени централизации управления ритмом и повышения экономизации хронотропной функции сердца.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шаханова, А.В. Возрастная динамика вариабельности сердечного ритма юных спортсменов 10-15 летнего возраста на примере футбола и баскетбола / А.В. Шаханова, А.А. Кузьмин // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. – 2008. – № 4. – С. 90-95.
2. Критические и сенситивные периоды в онтогенезе человека / В.П. Рыбаков, Т.С. Пронина, Н.И. Орлова, Л.П. Николаева // Российский физиологический журнал им. Сеченова. – 2004. – Т. 90. – № 8. – С. 398.
3. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем: метод. рекомендации / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов, Л.В. Чирейкин [и др.] // Вестник аритмологии. – 2001. – Т. 24. – С. 69.
4. Калюжная, Р.А. Актуальные вопросы возрастной физиологии / Р.А. Калюжная // Вопросы физиологии сердечно-сосудистой системы школьников. – М., 1980. – С. 3-17.
5. Анализ вегетативной регуляции сердечного ритма на различных этапах индивидуального развития человека / О.В. Коркушко, В.Б. Шатило, Т.В. Шатило, Е.В. Короткая // Физиология человека. – 1991. – Т. 17. – № 2. – С. 31-39.
6. Платонов, В.Н. Теории адаптации и функциональных систем в развитии системы знаний в области подготовки спортсменов / В.Н. Платонов // Наука в олимпийском спорте. – 2017. – № 1. – С. 29-47.
7. Шлык, Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов / Н.И. Шлык. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2009. – С. 259.
8. Корягин, В.М. Подготовка высококвалифицированных баскетболистов / В.М. Корягин. – Львов: Изд-во Край, 1998. – С. 192.
9. Галеев, А.Р. Вариабельность сердечного ритма у здоровых детей в возрасте 6-16 лет / А.Р. Галеев, Л.Н. Игишева, Э.М. Казин // Физиология человека. – 2002 – Т. 28. – № 4. – С. 54-58.
10. Шаханова, А.В. Студенческий спорт, адаптация, кардиореспираторная система / А.В. Шаханова, С.С. Гречишкина. – Майкоп: АГУ, 2015. – С. 155.
11. Шлык, Н.И. Вариабельность сердечного ритма и методы ее определения у спортсменов в тренировочном процессе: методическое пособие / Н.И. Шлык. – Ижевск: Удмуртский университет, 2022. – 80 с.

REFERENCES

1. Shakhanova A.V., Kuzmin A.A. Age-related dynamics of heart rate variability in young athletes aged 10-15 years on the example of football and basketball. *Bulletin of the Adyghe State University. Series 4: Natural-Mathematical and Technical Sciences*, 2008, no. 4, pp. 90-95. (in Russ.)

2. Rybakov V.P., Pronina T.S., Orlova N.I., Nikolaeva L.P. Critical and sensitive periods in human ontogeny. *Russian Journal of Physiology named after I.M. Sechenov*, 2004, vol. 90, no. 8, p. 398. (in Russ.)
3. Baevsky R.M., Ivanov G.G., Chirejkin L.V. et al. Analysis of heart rate variability using various electrocardiographic systems: methodological recommendations. *Journal of Arrhythmology*, 2001, vol. 24, p. 69. (in Russ.)
4. Kalyuzhnaya R.A. Topical issues of age-related physiology. Issues of Physiology of the Cardiovascular System in Schoolchildren. Moscow, 1980. pp. 3-17. (in Russ.)
5. Korkushko O.V., Shatilo V.B., Shatilo T.V., Korotkaya E.V. Analysis of autonomic regulation of heart rhythm at different stages of individual human development. *Human Physiology*, 1991, vol. 17, no. 2, pp. 31-39. (in Russ.)
6. Platonov V.N. Theories of adaptation and functional systems in the development of knowledge in the field of preparation of athletes. *Science in Olympic Sports*, 2017, no. 1, pp. 29-47. (in Russ.)
7. Shlyk N.I. Heart rate and type of regulation in children, adolescents and athletes. Izhevsk: Publishing house of the Udmurt University, 2009. p. 259. (in Russ.)
8. Koryagin V.M. Training of highly qualified basketball players. Lviv: Publishing house “Krai”, 1998. p. 192. (in Russ.)
9. Galeev A.R., Igisheva L.N., Kazin E.M. Heart rate variability in healthy children aged 6-16 years. *Human Physiology*, 2002, vol. 28, no. 4, pp. 54-58. (in Russ.)
10. Shakhanova A.V., Grechishkina S.S. Student sports, adaptation, cardiorespiratory system. Maikop: Publishing house of the Adyghe State University, 2015. p. 155. (in Russ.)
11. Shlyk N.I. Heart rate variability and methods for its determination in athletes during the training process: methodological manual. Izhevsk: Publishing house of the Udmurt University, 2022. 80 p. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Ольга Александровна Сажина – старший преподаватель кафедры физиологии, Адыгейский государственный университет, Майкоп, e-mail: sazholg28@mail.ru.
Ангелина Владимировна Шаханова – доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии, заведующий кафедрой физиологии, Адыгейский государственный университет, Майкоп, e-mail: ishahanova@icloud.com.
Аслан Хангиреевич Агиров – доктор медицинских наук, профессор кафедры физиологии, Адыгейский государственный университет, Майкоп.
Анджела Ахмедовна Цикуниб – врач акушер-гинеколог, заведующая акушерским отделением патологии беременности Перинатального центра, Майкопская городская клиническая больница, Майкоп, e-mail: A-Tsikunib@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Olga A. Sazhina – Senior Lecturer of the Department of Physiology, Adyghe State University, Maykop, e-mail: sazhinaolga28@mail.ru.
Angelina V. Shakhanova – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Physiology, Head of the Department of Physiology, Adyghe State University, Maykop, e-mail: ishahanova@icloud.com.
Aslan Kh. Agirov – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Physiology, Adyghe State University, Maykop.
Angela A. Tsikunib – Obstetrician-Gynecologist, Head of the Obstetric Department of Pregnancy Pathology at the Perinatal Center, Maykop City Clinical Hospital, Maykop, e-mail: A-Tsikunib@mail.ru.

Для цитирования: Сравнительный анализ вариабельности сердечного ритма у занимавшихся баскетболом детей и подростков в зависимости от типа вегетативной регуляции / О.А. Сажина, А.В. Шаханова, А.Х. Агиров, А.А. Цикуниб // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_16

For citation: Sazhina O.A., Shakhanova A.V., Agirov A.Kh., Tsikunib A.A. Comparative analysis of heart rate variability in children and adolescents playing basketball depending on the type of autonomic regulation. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_16

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_17
УДК 612.3

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_17
UDC 612.3

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК, СОСТАВА ТЕЛА И ПИТАНИЯ НА РЕПРОДУКТИВНУЮ СИСТЕМУ СПОРТСМЕНОК (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

М.Ю. Сафронова, Р.В. Тамбовцева
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет спорта (ГЦОЛИФК)», г. Москва, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Актуальность проблемы женской спортивной триады обусловлена приводящими к гиперандрогении и повышению кортизола высокообъемными нагрузками в силовых и аэробных видах спорта. ***Методы.*** Проведен анализ 85 литературных источников из международных (PubMed) и отечественных (eLibrary, КиберЛенинка) научных баз данных. ***Результаты.*** Выявлено, что для спортсменок высокого класса характерен атлетический соматотип, ассоциированный с маскулинизацией. Установлена корреляция между низким процентом жировой массы и нарушением овариально-менструального цикла, при этом ключевым фактором признан энергетический дефицит, а не только масса тела. ***Заключение.*** Доминирующей причиной репродуктивных дисфункций у спортсменок является дисбаланс между энергопотреблением и энергозатратами.
Ключевые слова: энергетический баланс, репродуктивная система, менструальная функция, физическая нагрузка, овариально-менструальный цикл, женская спортивная триада, питание, аменорея, олигоменорея, соматотип, гиперандрогения, маскулинизация.

INFLUENCE OF PHYSICAL ACTIVITY, BODY COMPOSITION AND NUTRITION ON THE REPRODUCTIVE SYSTEM OF FEMALE ATHLETES (LITERATURE REVIEW)

M.Yu. Safronova, R.V. Tambovtseva
Russian University of Sport “GTSOLIFK”, Moscow, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The relevance of the problem of the female athlete triad is driven by the high-volume loads, which lead to hyperandrogenism and increased cortisol levels, in strength and aerobic sports. ***Methods.*** An analysis of 85 literature sources from international (PubMed) and Russian (eLibrary, CyberLeninka) scientific databases was conducted. ***Results.*** It was revealed that an athletic somatotype associated with masculinization is specific for elite female athletes. A correlation was established between a low percentage of body fat and menstrual cycle disorders, with energy deficiency identified as the key factor, rather than body mass alone. ***Conclusion.*** The dominant cause of reproductive dysfunction in female athletes is an imbalance between energy intake and energy expenditure.
Keywords: energy balance, reproductive system, menstrual function, physical activity, ovarian-menstrual cycle, female sports triad, nutrition, amenorrhea, oligomenorrhea, somatotype, hyperandrogenism, masculinization.

Введение. Интерес к проблеме репродуктивной дисфункции у спортсменок возник давно. Еще в 1927 году было предложено ввести гинекологический контроль за женщинами, занимающимися физкультурой. Одновременно началось изучение функциональных возможностей женского организма под влиянием физических нагрузок. В 1953-1955 годах появились работы, посвященные анализу спортивных результатов женщин в разные фазы менструального цикла [1, 2].

Обращаясь к прошлому, можно отметить, что исследования влияния физических упражнений на скелетно-мышечную систему, а также вопросы, связанные с поддержанием массы тела и питанием, начались вскоре после обнаружения связанных с занятиями спортом нарушений репродуктивной функции. После первых сообщений, констатировавших значительное преобладание нарушений менструального цикла у спортсменок по сравнению с обычными женщинами, другие многочисленные исследования, направленные преимущественно на проявления аменореи и задержку менархе у бегуний на длинные дистанции и балетных танцовщиц,

подтвердили эти данные в конце 1970-х – начале 1980-х гг. Внимание исследователей было сфокусировано на потенциальном вкладе состава тела, особенностей тренировочного режима, характера питания, физических и психологических нагрузок в этиологию обусловленных физическими нагрузками нарушений менструального цикла. В 1987 г. было опубликовано сообщение о взаимосвязи между «нарушениями питания» и аменореей у балетных танцовщиц [3], а в 1991 г. была высказана мысль о том, что спортсменки в показательных или требующих аэробной выносливости видах спорта подвержены повышенному риску развития нарушений питания, вторичной аменореи и снижения плотности костной ткани. Вскоре после этого была определена женская спортивная триада, в которую входят заболевание, включающее ограничение питания, нарушения менструального цикла и деминерализация скелета, и впоследствии описана в Заявлении о позиции (Position Stand), опубликованном Американским колледжем спортивной медицины в 1997 г. [4].

Цель: провести системный научно-теоретический анализ для выявления и обоснования ведущих патогенетических механизмов, лежащих в основе нарушений репродуктивной функции у высококвалифицированных спортсменок скоростно-силовых видов спорта с фокусом на определение роли энергетического дисбаланса в подавлении активности гипоталамо-гипофизарно-яичниковой оси.

Методы и организация исследования. Настоящее исследование было направлено на комплексный анализ и научно-теоретическое обоснование причин нарушения репродуктивной функции у спортсменок, специализирующихся в скоростно-силовых видах спорта, с позиции современного понимания нейрогуморальной регуляции менструального цикла.

Методологической основой работы выступили систематический аналитический обзор и теоретический анализ данных научной литературы. Исследование проводилось в три последовательных этапа, что позволило обеспечить полноту, глубину и достоверность полученных результатов.

Первый этап (поисково-подготовительный) был нацелен на формирование репрезентативной базы данных релевантных литературных источников. Поиск публикаций осуществлялся с использованием международных (PubMed) и отечественных (eLibrary, КиберЛенинка) электронных баз данных. Критериями включения являлись: релевантность заявленной теме, тип публикации (оригинальные исследования, обзоры, мета-анализы), публикация в рецензируемых журналах. В результате была сформирована итоговая библиографическая база, включающая 85 проанализированных источников.

Второй этап (аналитический) заключался в детальном изучении, критической оценке и обобщении полученных данных. Для этого применялись следующие методы:

- сравнительный анализ для сопоставления данных различных исследований, выявления существующих противоречий в понимании патогенеза нарушений;
- патофизиологический анализ для построения логических цепочек от факторов спортивной деятельности (физический стресс, психоэмоциональное напряжение, энергетический дефицит) к дисфункции гипоталамо-гипофизарно-яичниковой оси и клиническим проявлениям;
- систематизация для классификации основных этиологических факторов (например, низкий процент жира, нарушение энергетического баланса, оксидативный стресс, гиперкортизолемия) и механизмов их влияния на нейрогуморальную регуляцию [5-9].

Третий этап (синтезирующий и обобщающий) был направлен на интеграцию разрозненных данных в целостную теоретическую модель.

На основе проведенного анализа были сформулированы научно-теоретические обоснования ключевых причин нарушения репродуктивной функции у спортсменок скоростно-силовых видов спорта, определены наиболее значимые звенья патогенеза и выделены приоритетные направления для профилактики данных состояний.

Таким образом, использованная методология, основанная на всестороннем анализе значительного массива научной литературы, обеспечивает теоретическую

обоснованность и глубину проведенного исследования, а также достоверность выводов, касающихся механизмов развития репродуктивной дисфункции у данного контингента спортсменок.

Результаты исследования и их обсуждение. *Нейрогормональная регуляция овариально-менструального цикла (ОМЦ), структура репродуктивной системы и виды репродуктивной патологии.* Дисфункция репродуктивной системы у спортсменок может быть обусловлена повреждениями на различных уровнях оси «гипоталамус-гипофиз-яичники», а также патологией органов-мишеней [1]. Значительное число исследований указывает, что ключевым триггером таких нарушений выступает изменение функциональной активности надпочечников под влиянием интенсивных тренировок. Высокие физические нагрузки провоцируют усиленную секрецию надпочечниковых андрогенов, оказывающих маскулинизирующее воздействие. Маскулинизация расценивается как одна из наиболее распространенных патологий в спортивной гинекологии, при этом вопросы ее этиологии и формирования мужского соматотипа остаются дискуссионными [10-13].

Атлетический (интерсексуальный) соматотип статистически значимо чаще встречается среди элитных спортсменок по сравнению с общей популяцией. Его распространенность достигает 70-90% в легкой атлетике, 71% среди лыжниц, 98% у гимнасток, 44% у пловчих, 75% в группе спортсменок смешанной специализации и 67% среди футболисток [10]. Приведенные данные свидетельствуют о фенотипической маскулинизации, выражающейся в мужском типе телосложения [14, 15].

Согласно исследованиям Э.Р. Румянцевой, стрессорные нагрузки значительной интенсивности приводят к существенному повышению уровня кортизола и тестостерона, что отражает активацию секреции адренокортикотропного гормона (АКТГ) аденогипофизом и последующую стимуляцию коры надпочечников. Поскольку АКТГ является основным регулятором не только глюкокортикоидов, но и андрогенов, его избыток подавляет гонадотропную функцию гипофиза, снижая выработку фолликулостимулирующего гормона (ФСГ) и лютеинизирующего гормона (ЛГ), что в конечном итоге ведет к уменьшению концентрации эстрадиола в крови [13]. Гормональный дисбаланс проявляется нарушением менструального цикла по типу олиго- или аменореи, а в случае незрелой репродуктивной системы – к задержке полового развития [16, 17].

Однако, несмотря на то, что клинические проявления маскулинизации часто связывают с надпочечниковой гиперандрогенией, ее патогенез нельзя считать окончательно установленным. Как отмечают А.А. Виру и П.А. Кырге (1983), постнагрузочное повышение уровня андрогенов является кратковременным (2-3 часа), что делает маловероятным формирование стойких морфофункциональных изменений, таких как мужской соматотип или нарушения менструальной функции [10]. Т.С. Соболева проводит аналогию с пренатальным периодом, где для маскулинизации половых центров требуется длительная (несколько недель) экспозиция высоких концентраций тестостерона, что несопоставимо с транзиторной посттренировочной гиперандрогенией. Более того, в физиологических дозах андрогены могут стимулировать секрецию гонадотропинов [1, 2].

Альтернативная точка зрения, представленная в работах Т.С. Соболевой и Н.А. Калининой [11, 18], заключается в том, что высокая частота признаков маскулинизации и гиперандрогении у спортсменок силовых видов спорта является не следствием тренировок, а результатом целенаправленного спортивного отбора девочек с врожденным атлетическим соматотипом, для которого характерно сочетание клинических признаков гиперандрогении, встречающихся и в общей популяции. Именно андрогены обеспечивают им морфологическое сходство с мужчинами и преимущество в развитии скоростно-силовых качеств. Malina R.M. (1994) подчеркивает значительную роль наследственных факторов, а спортивный отбор рассматривает как селекцию специфических генетических маркеров, имеющих преимущество в конкретном виде спорта [19]. Это подтверждается наличием идентифицированных генетических детерминант,

поскольку спортивная деятельность максимально проявляет врожденное разнообразие физических способностей человека [15].

Синдром гиперандрогении клинически представлен преимущественно адреногенитальным синдромом (АГС) и синдромом поликистозных яичников (СПКЯ). Адреногенитальный синдром – наследственная патология, широко распространенная в популяции (1:500), характеризующаяся дефицитом ферментов, участвующих в синтезе кортизола. Это приводит к накоплению промежуточных продуктов метаболизма и усилению синтеза андрогенов. Частота гетерозиготного носительства дефектного гена достигает 1:35 [10]. Манифестация заболевания у нетренирующихся девушек обычно происходит после менархе или в фертильном периоде под влиянием провоцирующих факторов (стресс, беременность). У спортсменок таким фактором выступает физическая нагрузка. Активация коры надпочечников через механизм компенсаторного дефицита кортизола запускает каскад реакций, ведущих к гиперандрогении и маскулинизации, что подтверждается исследованиями С.А. Левенец и соавт. (1985), выявившими у спортсменок с задержкой полового развития снижение кортизола и эстрогенов на фоне повышения андрогенов с преобладанием высокоактивных фракций [10].

По данным Е.М. Вихляевой (2002), в патогенезе СПКЯ, диагностируемого более чем в 60% случаев нарушений менструального цикла и также обусловленного гиперандрогенией, важная роль отводится центральным структурам. Нередко прослеживается хронологическая связь начала заболевания со стрессовыми ситуациями (физические и психические перегрузки, изменение образа жизни). Для пациенток характерны повышение базального уровня ЛГ и нарушение пульсирующего ритма секреции гонадотропинов, а также увеличение индекса ЛГ/ФСГ более чем в 1,5 раза, что является одним из диагностических критериев [20, 21].

Ключевым этиологическим фактором в развитии СПКЯ считается повышенная секреция андрогенов в период адренархе, который предшествует менархе. Окончательное созревание гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы происходит во время пубертата. В этот период избыток андрогенов надпочечникового происхождения подвергается периферической конверсии в эстрон. Данный эстроген по принципу положительной обратной связи усиливает секрецию ЛГ, одновременно подавляя высвобождение ФСГ по механизму отрицательной связи. ЛГ стимулирует избыточный синтез андрогенов в тканях яичника, которые, в свою очередь, также трансформируются в эстрон, создавая самоподдерживающийся патологический цикл [1, 17].

Стойкая гиперсекреция ЛГ, как абсолютная, так и относительная, индуцирует пролиферативные изменения в структурах яичника – белочной оболочке, мозговом веществе, тека-клетках и клетках хилуса. Это приводит к прогрессирующему увеличению продукции овариальных андрогенов и клиническим проявлениям вирилизации. Сопутствующий относительный дефицит ФСГ нарушает процессы фолликулогенеза, что клинически выражается в гипоэстрогении, ановуляции и различных нарушениях менструального цикла, от олигоменореи до аменореи. Дебют заболевания часто синхронен с менархе или периодом окончательного формирования функции коры надпочечников, что позволяет предположить непосредственную роль нарушений их функциональной активности в патогенезе СПКЯ [1, 17].

Возраст начала тренировок признается значимым фактором риска. Наиболее уязвимым является интервал от менархе до установления стабильного овуляторного цикла. Начало интенсивных занятий после 12 лет ассоциируется с наибольшей частотой менструальной дисфункции, достигающей 50%. У таких спортсменок становление регулярного цикла может задерживаться на 2-5 лет, в то время как у начавших тренироваться в 7-11 лет этот показатель не отличается от контрольных групп. Наибольшая задержка установления цикла (в среднем на 9 месяцев) наблюдается у девочек, приступивших к тренировкам в 12-13 лет, что объясняется незавершенностью формирования связей в системе гипоталамус-

гипофиз-яичники в этот критический период. Согласно данным Б.А. Никитюка (1984), раннее начало занятий (с 7-9 лет) при адекватном дозировании нагрузок является наиболее физиологичным и не препятствует своевременному пубертату [22].

Одной из дискуссионных причин формирования маскулинного фенотипа считается пренатальное воздействие эстрогенов. Эмбрион и плод изначально развиваются по женскому типу, что является базовой генетической программой, и для ее реализации требуются крайне низкие концентрации половых гормонов. Исследования П.А. Вундера (1969, 1973, 1980) продемонстрировали, что экзогенное введение эстрогенов и прогестерона с целью сохранения беременности может нарушить процесс половой дифференцировки мозга. Следствием этого является нарушение циклической функции гипоталамуса, который регулирует не только репродуктивные (гонадальные), но и соматические (экстрагонадальные) процессы, включая линейный рост, размеры внутренних органов и их регуляцию (В.Б. Розен с соавт., 1990). Работы В.Н. Бабичева (1981) и П.А. Вундера подтвердили, что изменение гормонального фона пренатально приводит не только к морфологической, но и к поведенческой маскулинизации. Девочки, подвергшиеся такому воздействию, демонстрировали маскулинные черты поведения, предпочитая мужские социальные роли и виды активности (феномен «tomboy») [10, 14].

Таким образом, для развития мужского соматотипа у женщин необходимы определенные генетические и гормональные предпосылки. Ретроспективные исследования указывают, что спортсменки, рожденные матерями с маскулинной конституцией, часто наследуют не только телосложение, но и такие фенотипические маркеры, как высокая масса при рождении и маскулинный тип дерматоглифов [10]. Можно предположить, что маскулинный фенотип формируется в условиях повышенного уровня андрогенов, возможно, уже в препубертате. Такие девочки изначально обладают преимуществами для спортивной деятельности в силу более высоких физических кондиций [14].

Критика гипотезы стресса и роль энергетического баланса. Согласно гипотезе стресса, физическая нагрузка, активируя надпочечники, нарушает гипоталамическую секрецию гонадотропин-рилизинг-гормона (ГнРГ) через механизмы отрицательной обратной связи, опосредованные кортизолом, или центральным путем. Синтез кортизола стимулируется АКТГ, который образуется из общего предшественника – проопиомеланокортина (ПОМК). При протеолизе ПОМК образуются не только АКТГ, но и β-эндорфин. Предполагается, что повышение уровня эндогенных опиоидов может индуцировать гиперпролактинемию, а пролактин, в свою очередь, оказывает супрессивное действие на секрецию ГнРГ [10, 12, 23].

Классические работы H. Selye (1950) отводили центральную роль в стресс-реакции глюкокортикоидам, а не андрогенам, поскольку именно кортизол мобилизует ресурсы для адаптации к различным стрессорам (холод, боль, физическое напряжение) [10]. Пионерские эксперименты на животных, где интенсивный принудительный бег или плавание вызывали анэструс и атрофию яичников, связывали этот эффект со стресс-индуцированным повышением кортизола, который подавлял гипоталамическую секрецию ГнРГ и пульсацию ЛГ [24-27]. Умеренное повышение уровня кортизола у спортсменок с аменореей и сохранным циклом [28-30] также рассматривалось в пользу этой гипотезы. Однако прямое перенесение данных с животных на человека методологически некорректно, так как в экспериментах уровень кортизола повышался в сотни раз, тогда как у спортсменок с аменореей его увеличение составляет лишь 10-30% [30-32]. Влияние столь незначительных колебаний кортизола на гипоталамус остается предметом дискуссий [23, 33, 34].

Важным контраргументом является тот факт, что потребление глюкозы во время физической нагрузки нивелирует рост уровня кортизола как в лабораторных условиях, так и *in vivo*, что демонстрирует его зависимость от энергетического гомеостаза [1, 35, 36]. Поскольку кортизол является ключевым регулятором уровня

глюкозы в крови, его повышенная концентрация может трактоваться как физиологический ответ на хронический энергодефицит, а не на стресс как таковой [37, 38]. Исследования показывают, что недостаток энергии активирует гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковую ось, приводя к повышению кортизола и кортикотропин-рилизинг-гормона (КРГ), который, в свою очередь, подавляет секрецию ГнРГ и нарушает паттерн секреции ЛГ [1, 2, 39-41].

Иллюстрацией сложности интерпретации роли стресса служит исследование Judd S.J. и соавт. (1995), в котором у пациенток с нервной анорексией применение антагониста КРГ (алпразолама) сопровождалось снижением уровня кортизола на 24% и одновременным увеличением частоты (на 35%) и амплитуды (на 85%) пульсаций ЛГ [1, 10, 40, 42]. Полученные данные не позволяют однозначно трактовать психологический стресс как первостепенный фактор активации гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси. Более вероятно, что наблюдаемая гиперкортизолемия являлась вторичным метаболическим ответом на снижение уровня доступной энергии и гипогликемию [1, 10, 40, 42, 43].

Следовательно, если активация надпочечниковой оси и нарушает работу генератора импульсов ГнРГ у спортсменок, то опосредованно – через сигналы, отражающие энергетический дефицит. В целом, физиологические механизмы ингибирования гипоталамо-гипофизарной системы, будь то через опиоидные пептиды или петлю отрицательной обратной связи с участием кортизола, остаются в значительной степени гипотетическими и требуют дальнейшего изучения [44-46].

Энергетический дефицит как ключевой фактор. Широкое распространение в немедицинской среде получила гипотеза, связывающая развитие спортивной аменореи с низкой массой тела и недостаточным процентом жировой ткани [42, 47]. С позиций современной эндокринологии, синтез эстрогенов в яичниках представляет собой двухклеточный процесс: тека-клетки фолликулов, экспрессирующие рецепторы к ЛГ, синтезируют андрогены (в основном андростендион), которые затем транспортируются в гранулезные клетки. В гранулезных клетках, несущих рецепторы к ФСГ, происходит активация ароматазного комплекса и конверсия андрогенов в эстрогены [4, 28]. При этом существенный вклад в общий пул эстрогенов вносит их периферическая ароматизация в адипоцитах, коре надпочечников, печени и коже [4, 28]. Продемонстрировано, что снижение индекса массы тела и доли жировой массы ниже индивидуальных пороговых значений коррелирует с гипогонадотропной недостаточностью, менструальной дисфункцией, бесплодием и невынашиванием беременности [48, 49]. Согласно данным А.С. Солодкова и Е.Б. Сологуб, при снижении содержания жира ниже 16% массы тела нарушается продукция эстрогенов, что опосредованно подавляет секрецию гипоталамических рилизинг-гормонов и угнетает репродуктивную ось [24]. Таким образом, жировая ткань рассматривается как значимый экстрагонадный источник эстрогенов, необходимых для поддержания нормального менструального цикла [42, 47, 50].

В 1970-х годах Frisch R.E. и соавт. [42, 47] постулировали наличие положительной корреляции между процентом жировой ткани и овуляторной функцией, указав, что менархе наступает по достижении примерно 17% жира, а для поддержания регулярных овуляторных циклов необходим критический порог в 22%. Распространенность аменореи среди крайне худых женщин служила основанием для установления причинно-следственной связи. Однако данная теория вступает в противоречие с клиническими наблюдениями, согласно которым многие спортсменки сохраняют регулярные овуляторные циклы при содержании жира менее 17%, несмотря на интенсивные тренировки [36, 51, 52].

Более поздние исследования [30] не только не подтвердили строгой взаимосвязи между менархе, аменореей и составом тела, но и не выявили временной корреляции между динамикой этих параметров [32, 53, 54]. Важно отметить, что изменения в профиле репродуктивных гормонов могут возникать вследствие краткосрочных колебаний в потреблении нутриентов без существенных изменений массы тела [51,

55]. В связи с этим, клинические рекомендации, основанные исключительно на поддержании или наборе веса для восстановления менструальной функции, не могут считаться надежными [40, 56].

Термин «нарушения менструального цикла, обусловленные физической нагрузкой» (exercise-induced menstrual disturbances, EIMD) имплицитно указывает на прямую причинно-следственную связь между физическими упражнениями и дисфункцией. В противоположность этому, накопленные экспериментальные данные свидетельствуют, что ведущим патогенетическим фактором является неадекватная энергетическая ценность рациона, не компенсирующая расходы на тренировочную деятельность [36, 51, 52]. Таким образом, ключевой причиной выступает состояние энергетического дефицита, а не стрессорное воздействие нагрузок или низкий процент жира как таковой [57, 58].

Функция пищевого поведения высокочувствительна к краткосрочным изменениям в доступности нутриентов и скорости их утилизации. В экспериментах фармакологическое ингибирование окисления глюкозы (2-диоксиглюкоза, 2DG) и жирных кислот вызывало быстрое усиление потребления пищи у сытых животных, что не могло быть обусловлено изменениями состава тела в столь короткий промежуток времени. Введение 2DG в четвертый желудочек мозга провоцировало быстрое снижение уровня ЛГ у овец и мышей, подтверждая роль краткосрочного метаболизма питательных веществ в регуляции репродуктивной функции [36, 52, 59].

При выраженном или пролонгированном голодании организм переходит в гипометаболическое состояние, одним из проявлений которого служит изменение паттерна пульсирующей секреции ЛГ, ведущее к дефектам лютеиновой фазы, ановуляции и аменорее [51, 60].

На основании анализа научной литературы можно сформулировать рабочую гипотезу: недостаточное питание нарушает менструальный цикл, первично подавляя гипоталамическую секрецию ГнРГ. Это влечет за собой изменение частоты и амплитуды импульсов ЛГ и ФСГ, что, в конечном итоге, угнетает преовуляторный выброс ЛГ, подавляет овуляцию, увеличивает продолжительность цикла (за счет фолликулярной фазы) и снижает уровни эстрадиола и прогестерона [33, 39, 41, 61]. Хотя и хроническое недоедание, и чрезмерный расход калорий вносят вклад, критическое значение имеет именно баланс между потреблением и расходом энергии, а не их абсолютные величины [36, 51, 52, 62].

Роль состава тела как первичного фактора ставится под сомнение экспериментами на животных, где нормальный пульсирующий ритм секреции ЛГ восстанавливался в течение нескольких часов после возобновления полноценного питания, задолго до каких-либо изменений массы или состава тела [63, 64]. Клиническим подтверждением служит наблюдение за женщинами с морбидным ожирением, у которых после билиопанкреатического шунтирования и стремительной потери веса (со 130 до 97 кг, индекс массы тела – с 47 до 35) развилась аменорея, несмотря на сохранение избыточной массы тела [46, 65].

Еще простой пример: спортсменки с аменореей и регулярным менструальным циклом обладают достаточно близкими значениями состава тела и наличие или отсутствие нарушений ОМЦ скорее зависит от их питания [45, 66].

Таким образом, в гипотезе состава тела корреляционная связь принимается за причинную, поскольку у спортсменок как низкий процент жирового компонента, так и нарушения менструального цикла являются последствиями недостаточного энергопотребления [4, 22].

В одной из оригинальных гипотез, предложенных Schneider & Wade в 1996 г., говорится о том, что энергия, поступающая в организм с пищей, расходуется в шести основных направлениях: терморегуляция, обеспечение метаболизма клеток, иммунитет, физическая активность, рост и размножение. Избыточный расход энергии лишь в одном из направлений (например, при повышении физической активности) без ее восполнения приводит к энергетическому голоданию и угнетению направлений, не являющихся жизненно необходимыми с

целью сохранения энергии для поддержания жизненно важных функций организма в данный момент. У женщин в состоянии голода и дефицита энергии в первую очередь происходит угнетение нормальной работы репродуктивной системы как достаточно энергоемкой, так как известно, что для выполнения ее основных функций, а именно беременности и лактации, требуются большие затраты энергии. В этих условиях происходят изменения в концентрации гормонов, непосредственно не относящихся к репродуктивной системе: снижение трийодтиронина (Т3), инсулина, лептина, повышение грелина. Кроме того, у них отмечается резистентность к соматотропному гормону (СТГ) наряду с повышенным уровнем кортизола, снижение уровня глюкозы до нижней границы нормы [4, 28, 46, 59].

Все эти отклонения являются универсальными, отображают общую реакцию организма на энергодефицитное состояние и заключаются в более экономном расходовании энергетических запасов за счет снижения скорости метаболизма. Перечисленные гормональные изменения могут быть выявлены как при ограничении питания, например, при нервной анорексии, так и при невосполнении энергетических затрат, израсходованных на высокую физическую активность [33, 48, 49, 61, 67, 68].

В исследовании Е.А. Зыряновой, А.В. Смоленского были обследованы 97 спортсменок различных видов спорта. Все обследуемые были разделены на 2 группы. В первую группу вошли спортсменки с нарушениями менструального цикла (МЦ) на момент исследования (n=25), во вторую – с регулярным овуляторным МЦ (n=72). При подсчете суточной калорийности количество потребляемых калорий в первой и во второй группах отличалось незначительно и составило 1779±0,02 и 2200±0,01 ккал соответственно. При наличии довольно большого разброса значений рекомендуемых норм калорийности суточного рациона для спортсменок необходимо отметить, что уровень потребления калорий как в первой, так и во второй группе не входил в диапазон этих значений и оказался заметно ниже. При анализе количества часов, затраченных на тренировки, было выявлено, что спортсменки из первой группы посвящали тренировкам больше времени: 18,3±0,02 ч, тогда как во второй группе этот показатель был ниже – 11,0±0,2 ч в неделю. В ходе исследования был подтвержден тот факт, что спортсменки с нарушениями ОМЦ при более высоких физических нагрузках потребляли меньшее количество калорий [48, 49].

Анализ современной литературы показывает, что центральная нервная система (ЦНС) может получать информацию о наличии питательных веществ различными путями при помощи четырех периферических детекторов энергетического статуса. Гормональную передачу информации в ЦНС о наличии энергии могут осуществлять четыре периферические ткани: жировая, β-клетки поджелудочной железы, желудок и тонкий кишечник, [5, 8, 20].

Жировая ткань может передавать информацию в мозг посредством изменения циркулирующего гормона лептина [36, 52, 59]. Лептин, синтез и секреция которого происходит в жировой клетчатке, первоначально рассматривался в качестве носителя информации о жировых запасах организма. Но дальнейшими исследованиями было установлено, что концентрация лептина играет роль физиологического сигнала о достаточности энергетических ресурсов организма для выполнения репродуктивной функции и передает информацию о количестве потребляемой пищи, в частности углеводов [4, 22]. У женщин с аменореей лечение экзогенным лептином восстанавливает уровень лютеинизирующего гормона, эстрадиола, количества доминантных фолликулов [52, 66].

Гормон поджелудочной железы инсулин также может отражать количество энергетических субстратов и, как правило, совпадает с уровнем лептина. Действительно, было высказано предположение, что гипоталамус реагирует на циркулирующие уровни инсулина и регулирует потребление пищи соответственно. Высокие уровни инсулина могут свидетельствовать об избытке калорий, тогда как его низкие концентрации – о недостатке энергии [1, 4, 28].

В современной литературе все большее внимание уделяется роли пептида грелина в генезе репродуктивных нарушений. Синтезируемый преимущественно слизистой желудка и тонкого кишечника в условиях голода грелин способен преодолевать гематоэнцефалический барьер. В аркуатном ядре гипоталамуса он активирует нейроны, экспрессирующие орексигенные пептиды – агути-подобный белок (AgRP) и нейропептид Y (NPY), которые стимулируют аппетит и снижают энерготраты [69, 70]. Существует предположение, что через воздействие на эти нейрональные популяции грелин опосредованно модулирует пульсирующую секрецию ГнРГ. Клиническим подтверждением данной гипотезы служит значительное повышение концентрации грелина в крови у пациенток с нервной анорексией и функциональной гипоталамической аменореей по сравнению со здоровыми женщинами [8, 43, 71].

В рамках 3-месячного рандомизированного контролируемого исследования Scheid J.L. и De Souza M.J. (2013) установили, что комбинация диетического калоража с физическими нагрузками закономерно повышает уровень циркулирующего грелина и дестабилизирует менструальный цикл [72]. Последующие работы выявили, что у интенсивно тренирующихся женщин с хроническим энергодефицитом наблюдается снижение амплитуды и частоты пульсаций лютеинизирующего гормона, что коррелирует с повышенными концентрациями грелина. Фармакологические изыскания демонстрируют супрессивное влияние грелина на репродуктивную функцию: инъекции ацетилированного грелина снижают частоту выбросов ЛГ, а его внутрижелудочковое введение подавляет пульсацию ЛГ у овариэктомированных крыс [15, 73]. Таким образом, формируется концепция о совместном ингибирующем влиянии повышенного грелина и сниженного лептина на секрецию ЛГ у молодых спортсменок [8, 71, 72].

Наряду с изучением периферических маркеров энергетического баланса современных исследователей интересуют нейтральные механизмы регуляции активности нейронов, секретирующих ГнРГ, в зависимости от доступности глюкозы. Выделяют два ключевых пути: через блуждающий нерв и через самое заднее поле (area postrema) [4, 22]. Афферентные сигналы от периферических детекторов энергетического статуса (рецепторов растяжения желудка, хеморецепторов желудочно-кишечного тракта, гормонов грелина и холецистокинина) передаются в ЦНС по вагусному нерву [74-76].

Особый интерес представляет area postrema – структура четвертого желудочка с проницаемым гематоэнцефалическим барьером, идеально адаптированная для мониторинга химического состава крови и ликвора. При отрицательном энергобалансе эта зона инициирует катехоламинергические и NPY-ергические проекции в передний мозг. Высвобождаемые норадреналин и NPY могут непосредственно влиять на нейроны ГнРГ либо действовать опосредованно через КРГ, образуя синаптические контакты с этими нейронами. Поскольку КРГ является мощным ингибитором секреции ГнРГ, усиление его выброса под влиянием NPY и катехоламинов при недостаточности питания закономерно снижает ритмичную секрецию ЛГ, что подтверждено в работах H. Tsukamura (1994), K.I. Maeda (1994) и S. Tsukahara (1999) [44-46]. Суммируя все вышесказанное, детекторы энергетического статуса лежат в области заднего мозга и передают информацию в передний мозг через NPY/катехоламинергические проекции, которые могут подавлять секрецию ЛГ непосредственно через синапсы нейронов ГнРГ либо косвенно, через КРГ-проекции [36, 52]. Таким образом, обнаружен вполне убедительный механизм, связывающий недостаток энергии в организме с подавлением регулярности менструальных циклов у женщин, занимающихся спортом [4, 10, 41].

Экспериментальное подтверждение энергетической гипотезы. В экспериментальном исследовании Loucks A.B. и соавторов (1998) была предпринята попытка дифференцировать влияние физической нагрузки и энергетического дефицита на паттерн пульсирующей секреции ЛГ [44-46]. Полученные результаты продемонстрировали, что физиологический стресс,

связанный непосредственно с выполнением упражнений, не оказывал существенного влияния на частоту выбросов ЛГ и концентрацию трийодтиронина (Т3). В то же время именно энергетический дефицит приводил к достоверному снижению как частоты пульсаций ЛГ, так и уровня Т3. Поскольку Т3 рассматривается в качестве ключевого маркера энергетического статуса организма, его снижение отражает активацию механизмов энергосбережения для поддержания гомеостаза [33, 39, 41, 61].

Неожиданным результатом данного исследования стало выявление менее выраженного негативного воздействия энергодефицита на показатели ЛГ и метаболических гормонов в группе женщин, подвергавшихся физическим нагрузкам, по сравнению с группой, где дефицит энергии достигался исключительно за счет диетических ограничений. Авторы выдвинули гипотезу о возможном протективном эффекте физических упражнений, который может быть обусловлен более экономным использованием глюкозы и активацией альтернативных источников энергии в скелетной мускулатуре в условиях энергетического дефицита [1, 2, 40, 42].

Эти выводы нашли убедительное подтверждение в экспериментах на приматах [9, 77]. У восьми обезьян, выполнявших ежедневные беговые тренировки без увеличения калорийности рациона, развилась аменорея, сопровождавшаяся снижением уровней эстрадиола, прогестерона, ЛГ и ФСГ. Последующее увеличение потребления энергии на 138-181% при сохранении прежнего объема тренировок привело к восстановлению менструального цикла и нормализации показателей Т3, гонадотропинов и половых стероидов [9, 60, 77]. Данные результаты подтверждают первостепенную роль доступности энергии, а не тренировочного стресса, в регуляции функции гипоталамо-гипофизарно-яичниковой оси [9, 15, 78].

Важность адекватного восполнения энерготрат была продемонстрирована в другом исследовании, где у женщин, сочетавших физические упражнения с ограничением калорийности питания, нарушения продолжительности лютеиновой и фолликулярной фаз менструального цикла встречались значительно чаще, чем у тех, кто тренировался без диетических ограничений [15, 39, 40, 42].

Фундаментальным доказательством гипоталамического уровня нарушений служат исследования на молодых мужчинах, в которых снижение концентраций ЛГ и тестостерона на 50%, вызванное голоданием, полностью предотвращалось пульсирующим введением экзогенного ГнРГ [4, 9, 22, 78, 79]. Это свидетельствует о том, что энергетический дефицит нарушает именно гипоталамическую секрецию ГнРГ, а не функцию гипофиза [80].

Дальнейшие исследования выявили дозозависимый эффект доступной энергии на пульсацию ЛГ [19, 39, 41]. Было установлено, что при снижении уровня доступной энергии ниже порога ≈30 ккал/кг тощей массы/день происходит подавление частоты и увеличение амплитуды пульсаций ЛГ. Многочисленные исследования определяют критический порог доступной энергии в диапазоне 20-30 ккал/кг тощей массы/день, при котором сохраняется нормальная пульсирующая секреция ЛГ и уровень Т3 [19, 33, 37-39, 41, 61, 67, 68, 81].

Клинические наблюдения подтверждают, что увеличение потребления энергии и улучшение энергетического баланса приводит к восстановлению нормальной менструальной функции [15, 32, 39-42]. Согласно данным исследования [15, 27], сроки восстановления менструального цикла после коррекции энергодефицита составляют от 13 до 24 недель.

Факторы риска, связанные с видом спорта. Как отмечалось ранее, данные различных исследований свидетельствуют о наличии неустойчивости менструальной функции у 25-41% спортсменок. Однако существенное значение имеет специфика спортивной дисциплины. Согласно работам советского антрополога Б.А. Никитюка (1984), наибольшая частота жалоб на нерегулярность, болезненность и обильность менструаций наблюдалась среди занимающихся спортивной гимнастикой (67%), меньшая – у представительниц художественной гимнастики (31%) и наименьшая – у пловчих (16%). Схожие показатели были

отмечены у балерин (28%) [31, 47, 82]. Автор подчеркивает, что именно гимнастки значимо чаще, чем спортсменки других специализаций, сообщают о нарушениях менструального цикла. Эти расстройства Б.А. Никитюк связывает с высокими тренировочными нагрузками, характерными для современного спорта, одновременно указывая, что для спортивной гимнастики типично соблюдение строгих диетических ограничений [47, 82]. Таким образом, в группу повышенного риска по развитию репродуктивной дисфункции входят спортсменки тех видов спорта, где предъявляются специфические требования к массе тела, пропагандируется низкий вес и «худощавое» телосложение. Эпидемиологические данные подтверждают более высокую распространенность нарушений менструальной функции в этой группе (24,8%) по сравнению со спортсменками, для которых вес не является критическим фактором (13,1%) [72].

Многочисленные научные работы ассоциируют индуцированные физическими нагрузками менструальные нарушения, в частности аменорею, с преднамеренным ограничением калорийности питания, направленным на достижение низкого веса и процентного содержания жира, требуемых в конкретном виде спорта [9, 30, 35, 37, 50, 54, 60, 77]. Важно отметить, что не каждая спортсменка с нарушениями цикла осознанно ограничивает себя в еде. Многие исследования, изучавшие эндокринные аспекты нарушений, связанных с физической нагрузкой, включали участниц без диагностированных расстройств пищевого поведения в анамнезе [31, 32]. Если спортсменка, не практикуя сознательных ограничений, тем не менее находится в состоянии энергодефицита, возникает закономерный вопрос о соответствии физиологических сигналов голода и сытости реальным энергетическим потребностям. Существует гипотеза, что интенсивные физические нагрузки способны изменять чувствительность к этим физиологическим сигналам [4, 22, 55, 78].

Результаты исследований на людях [15, 27, 60] и экспериментальных животных [63, 64] демонстрируют связь сроков полового созревания с нутритивным статусом [32], в частности с уровнем лептина [25, 51, 59, 66]. Обоснованным выглядит предположение, что энергетический статус может влиять на такие явления, как более позднее наступление менархе и задержка полового развития, если начало активных спортивных занятий приходится на препубертатный период. Основываясь на доказательствах причинной роли доступности энергии в генезе менструальных нарушений, можно рассматривать концентрацию лептина в качестве потенциального маркера, отражающего как нутритивный, так и менструальный статус у женщин-спортсменок [40, 59, 71, 83].

В качестве дополнительного патогенетического фактора нарушений ОМЦ можно рассматривать отсутствие дифференцированного подхода в тренировочном процессе. Зачастую спортсменки тренируются с одинаковой интенсивностью независимо от фазы менструального цикла и субъективного самочувствия. Игнорирование биологической цикличности, обусловленной овариальной функцией, при планировании нагрузок может вносить вклад в нарушение здоровья, снижение спортивных результатов и преждевременное завершение карьеры [14, 15, 75, 84].

Заключение. Таким образом, вопреки идее, что менструальные нарушения напрямую связаны со стрессом от физических тренировок, разнообразные экспериментальные подходы позволили получить доказательства того, что недостаточное потребление калорий, а точнее состояние низкой доступности энергии, т.е., дисбаланс между потребляемой энергией с пищей и энергией, расходуемой на физическую нагрузку, является причинным фактором возникновения репродуктивных расстройств [4, 8, 9, 15, 19, 22, 32, 33, 36, 39, 41, 48, 49, 51, 52, 56, 58, 60-62, 67, 68, 73, 77, 81].

Наиболее вероятный патогенез нарушений включает в себя развитие энергетического дефицита, который через сложную систему периферических (лептин, инсулин, грелин) и центральных (area postrema, NPY, КРГ) сигналов подавляет активность гипоталамического генератора импульсов ГнРГ. Это приводит к изменению паттерна

секреции гонадотропинов, нарушению фолликулогенеза и стероидогенеза, что клинически проявляется спектром нарушений от дефекта лютеиновой фазы до аменореи. Полученные данные подчеркивают критическую важность адекватного восполнения энерготрат для сохранения репродуктивного здоровья спортсменок [3, 25, 26, 34, 40, 52, 57, 63, 65, 66, 68, 74, 76, 83-85].

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабичев, В.Н. Нейрогормональная регуляция овариального цикла / В.Н. Бабичев. – М.: Медицина, 1984. – 240 с.
2. Похоленчук, Ю.Т. Современный женский спорт / Ю.Т. Похоленчук, Н.В. Свечникова. – Киев: Здоров'я, 1987. – 189 с.
3. Brooks-Gunn, J. The relation of eating problems and amenorrhea in ballet dancers / J. Brooks-Gunn, M.P. Warren, L.H. Hamilton // Med. Sci. Sports Exerc. – 1987. – Vol. 19. – No. 1. – P. 41-44.
4. The IOC consensus statement: beyond the Female Athlete Triad – Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S) / M. Mountjoy, J. Sundgot-Borgen, L. Burke [et al.] // Br. J. Sports Med. – 2014. – Vol. 48. – No. 7. – P. 491-497. DOI: 10.1136/bjsports-2014-093502.
5. Даценко, И.И. Профилактическая медицина. Общая гигиена с основами экологии: учебник / И.И. Даценко, Р.Д. Габович. – К.: Здоровье, 2004. – 694 с.
6. Никулин, Б.В. Биохимический контроль в спорте: науч.-метод. пособие / Б.А. Никулин, И.И. Родионова. – М.: Советский спорт, 2011. – 232 с.
7. Саксонов, Н.Н. Энергетические траты тяжелоатлета: лекция для студентов-заоч. интов физ. культуры, слушателей курсов усовершенствования, тренеров и преподавателей тяж. атлетики / Н.Н. Саксонов. – М.: ГЦОЛИФК, 1980. – 21 с.
8. Fasting ghrelin levels in physically active women: relationship with menstrual disturbances and metabolic hormones / M.J. De Souza, H.J. Leidy, E. O'Donnell [et al.] // J. Clin. Endocrinol. Metab. – 2004. – Vol. 89. – No. 7. – P. 3536-3542. DOI: 10.1210/jc.2003-032007.
9. Evidence for a causal role of low energy availability in the induction of menstrual cycle disturbances during strenuous exercise training / N.I. Williams, D.L. Helmreich, D.B. Parfitt [et al.] // J. Clin. Endocrinol. Metab. – 2001. – Vol. 86. – No. 11. – P. 5184-5193. DOI: 10.1210/jcem.86.11.8024.
10. Горулев, П.С. Женская тяжелая атлетика. Проблемы и перспективы: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по спец. 032101 (022300) – Физическая культура и спорт / П.С. Горулев, Э.Р. Румянцева. – М.: Советский спорт, 2006. – 161 с.
11. Калинина, Н.А. Диагностика и профилактика нарушений репродуктивной системы спортсменок / Н.А. Калинина // Теория и практика физической культуры. – 2004. – № 1. – С. 49-51.
12. Панков, Г.А. Влияние скоростно-силовых нагрузок на физическое здоровье женщины / Г.А. Панков // Адаптивная физическая культура. – 2007. – № 3(31). – С. 26-30.
13. Румянцева, Э.Р. Взаимосвязи между гормональной и иммунной системами при долговременной адаптации организма женщин к скоростно-силовым воздействиям в тяжелой атлетике: (системно-синергетический и функциональный подход): автореф. дис. … д-ра биол. наук / Эльвира Римовна Румянцева. – Челябинск, 2005. – 51 с.
14. Ильин, Е.П. Дифференциальная психофизиология мужчины и женщины / Е.П. Ильин. – СПб.: Питер, 2003. – 366 с.
15. Warren, M.P. The effects of exercise on pubertal progression and reproductive function in girls / M.P. Warren // J. Clin. Endocrinol. Metab. – 1980. – Vol. 51. – No. 5. – P. 1150-1157. DOI: 10.1210/jcem-51-5-1150.
16. Коцан, И.Я. Психофизиологические аспекты полового диморфизма в спорте / И.Я. Коцан // ХГАДИ (ХХПИ). – 2002. – № 2. – С. 27-35.
17. Серов, В.Н. Гинекологическая эндокринология / В.Н. Серов, В.Н. Прилепская, Т.В. Овсянникова. – М.: МЕДпресс-информ, 2017. – 512 с.
18. Соболева, Т.С. О проблемах женского спорта / Т.С. Соболева // Теория и практика физической культуры. – 1999. – № 6. – С. 56-63.
19. Malina, R.M. Physical growth and biological maturation of young athletes / R.M. Malina // Exerc. Sport Sci. Rev. – 1994. – Vol. 22. – P. 389-433.
20. Биохимия: учебник / под ред. Е.С. Северина. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2024. – 768 с.
21. Neuroendocrine aberrations in women with functional hypothalamic amenorrhea / S.L. Berga, J.F. Mortola, L. Girton [et al.] // J. Clin. Endocrinol. Metab. – 1989. – Vol. 68. – No. 2. – P. 301-308. DOI: 10.1210/jcem-68-2-301.

22. Врублевский, Е.П. Индивидуализация подготовки женщин в скоростно-силовых видах легкой атлетики: автореф. дис. …д-ра пед. наук / Евгений Павлович Врублевский. – Волгоград, 2008. – 56 с.
23. Уилмор, Дж.Х. Физиология спорта / Дж.Х. Уилмор, Д.Л. Костилл. – Киев: Олимп. лит., 2001. – 502 с.
24. Солодков, А.С. Физиология человека: общая, спортивная, возрастная: учеб. для высших учеб. заведений физ. культуры / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – М.: Спорт, 2025. – 624 с.
25. Axelson, J.F. Forced swimming alters vaginal estrous cycles, body composition, and steroid levels without disrupting lordosis behavior or fertility in rats / J.F. Axelson // Physiol. Behav. – 1987. – Vol. 41. – No. 5. – P. 471-479. DOI: 10.1016/0031-9384(87)90083-7.
26. Influence of excessive exercise on the structure and function of rat organs / K. Asahina, F. Kitahara, M. Yamanaka, T. Akiba // Jpn. J. Physiol. – 1959. – Vol. 9. – P. 322-326. DOI: 10.2170/jjphysiol.9.322.
27. Manning, J.M. Suppression of puberty in rats by exercise: effects on hormone levels and reversal with GnRH infusion / J.M. Manning, F.H. Bronson // Am. J. Physiol. – 1991. – Vol. 260. – No. 4. – P. 717-723. DOI: 10.1152/ajpregu.1991.260.4.R717.
28. Эндокринная система, спорт и двигательная активность / ред. У.Дж. Кремер, А.Д. Рогол. – К.: Олимпийская литература, 2008. – 600 с.
29. Increased cortisol production in women runners / A.L. Villanueva, C. Schlosser, B. Hopper [et al.] // J. Clin. Endocrinol. Metab. – 1986. – Vol. 63. – No. 1. – P. 133-136. DOI: 10.1210/jcem-63-1-133.
30. Sanborn, C.F. Athletic amenorrhea: lack of association with body fat / C.F. Sanborn, B.H. Albrecht, W.W. Wagner Jr // Med. Sci. Sports Exerc. – 1987. – Vol. 19. – No. 3. – P. 207-212.
31. Induction of menstrual disorders by strenuous exercise in untrained women / B.A. Bullen, G.S. Skrinar, I.Z. Beitins [et al.] // N. Engl. J. Med. – 1985. – Vol. 312. – No. 21. – P. 1349-1353. DOI: 10.1056/NEJM198505233122103.
32. High serum cortisol levels in exercise-associated amenorrhea / J.H. Ding, C.B. Sheckter, B.L. Drinkwater [et al.] // Ann. Intern. Med. – 1988. – Vol. 108. – No. 4. – P. 530-534. DOI: 10.7326/0003-4819-108-4-530.
33. Borer, K.T. Advanced exercise endocrinology / K.T. Borer. – Champaign: Human Kinetics, 2013. – 264 p.
34. Laughlin, G.A. Hypoleptinemia in women athletes: absence of a diurnal rhythm with amenorrhea / G.A. Laughlin, S.S. Yen // J. Clin. Endocrinol. Metab. – 1997. – Vol. 82. – No. 1 – P. 318-321. DOI: 10.1210/jcem.82.1.3840.
35. Is there an association between athletic amenorrhea and endothelial cell dysfunction? / A. Zeni-Hoch, R.L. Dempsey, G.F. Carrera [et al.] // Med. Sci. Sports Exerc. – 2003. – Vol. 35. – No. 3. – P. 377-383. DOI: 10.1249/01.MSS.0000053661.27992.75.
36. Loucks, A.B. Energy availability in athletes / A.B. Loucks, B. Kiens, H.H. Wright // J. Sports Sci. – 2011. – Vol. 29. – Suppl. 1. – P. S7-15. DOI: 10.1080/02640414.2011.588958.
37. Bone mineral density after resumption of menses in amenorrheic athletes / B.L. Drinkwater, K. Nilson, S. Ott, C.H. Chesnut 3rd // JAMA. – 1986. – Vol. 256. – No. 3. – P. 380-382.
38. Loucks, A.B. Energy balance and body composition in sports and exercise / A.B. Loucks // J. Sports Sci. – 2004. – Vol. 22. – No. 1. – P. 1-14. DOI: 10.1080/0264041031000140518.
39. Treatment of athletic amenorrhea with a diet and training intervention program / C.A. Dueck, K.S. Matt, M.M. Manore, J.S. Skinner // Int. J. Sport Nutr. – 1996. – Vol. 6. – No. 1. – P. 24-40. DOI: 10.1123/ijsn.6.1.24.
40. Alterations in the hypothalamic–pituitary–ovarian and the hypothalamic–pituitary–adrenal axes in athletic women / A.B. Loucks, J.F. Mortola, L. Girton, S.S. Yen // J. Clin. Endocrinol. Metab. – 1989. – Vol. 68. – No. 2. – P. 402-411. DOI: 10.1210/jcem-68-2-402.
41. Loucks, A.B. Luteinizing hormone pulsatility is disrupted at a threshold of energy availability in regularly menstruating women / A.B. Loucks , J.R. Thuma // J. Clin. Endocrinol. Metab. – 2003. – Vol. 88. – No. 1. – P. 297-311. DOI: 10.1210/jc.2002-020369.
42. Energy and nutrient status of amenorrheic athletes participating in a diet and exercise training intervention program / S.A. Kopp-Woodroffe, M.M. Manore, C.A. Dueck [et al.] // Int. J. Sport Nutr. – 1999. – Vol. 9. – No. 1. – P. 70-88. DOI: 10.1123/ijsn.9.1.70.
43. Hypercortisolemia is associated with severity of bone loss and depression in hypothalamic amenorrhea and anorexia nervosa / E.A. Lawson, D. Donoho, K.K. Miller [et al.] // J. Clin. Endocrinol. Metab. – 2009. – Vol. 94. – No. 12. – P. 4710-4716. DOI: 10.1210/jc.2009-1046.
44. Perkins, R.B. Aetiology, previous menstrual function and patterns of neuro-endocrine disturbance as prognostic indicators in hypothalamic amenorrhoea / R.B. Perkins, J.E. Hall, K.A. Martin // Hum. Reprod. – 2001. – Vol. 16. – No. 10. – P. 2198-2205. DOI: 10.1093/humrep/16.10.2198.
45. Jackson, A.S. Generalized equations for predicting body density of women / A.S. Jackson, M.L. Pollock, A. Ward // Med. Sci. Sports Exerc. – 1980. – Vol. 12. – No. 3. – P. 175-181.

46. Loucks, A.B. Low energy availability, not stress of exercise, alters LH pulsatility in exercising women / A.B. Loucks, M. Verdun, E.M. Heath // J. Appl. Physiol (1985). – 1998. – Vol. 84. – No. 1. – P. 37-46. DOI: 10.1152/jappl.1998.84.1.37.
47. Frisch, R.E. Menstrual cycles: fatness as a determinant of minimum weight for height necessary for their maintenance or onset / R.E Frisch, J.W. McArthur // Science. – 1974. – Vol. 185. – No. 4155. – P. 949-951. DOI: 10.1126/science.185.4155.949.
48. Зырянова, Е.А. Особенности построения рационального питания женщин-спортсменок (энергетическое голодание как причина нарушений женской репродуктивной системы при физических нагрузках) / Е.А. Зырянова, А.В. Смоленский, И.А. Григорянц // Теория и практика физической культуры. – 2007. – № 8. – С. 66-68.
49. Bouchard, C. Physical Activity, Fitness, and Health: International Proceedings and Consensus Statement / C. Bouchard, R.J. Shephard, T. Stephens. – Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, 1994. – 1055 p.
50. Bronson, F.H. The energetic regulation of ovulation: a realistic role for body fat / F.H. Bronson, J.M. Manning // Biol. Reprod. – 1991. – Vol. 44. – No. 6. – P. 945-950. DOI: 10.1095/biolreprod44.6.945.
51. Blundell, J.E. Effects of exercise on appetite control: loose coupling between energy expenditure and energy intake / J.E. Blundell, N.A. King // Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord. – 1998. – Vol. 22(suppl. 2). – P. S22-S29.
52. Hill, J.W. Hypothalamic pathways linking energy balance and reproduction / J.W. Hill, J.K. Elmquist, C.F. Elias // Am. J. Physiol. Endocrinol. Metaboli. – 2008. – Vol. 294. – No. 5. – P. E827-832. DOI: 10.1152/ajpendo.00670.2007.
53. Scott, E.C. Critical fat, menarche, and the maintenance of menstrual cycles: a critical review / E.C. Scott, F.E. Johnston // J. Adolesc. Health Care. – 1982. – Vol. 2. – No. 4. – P. 249-260. DOI: 10.1016/s0197-0070(82)80059-4.
54. Loucks, A.B. Athletic amenorrhea: a review / A.B. Loucks, S.M. Horvath // Med. Sci. Sports Exerc. – 1985. – Vol.17. – No. 1. – P. 56-72.
55. Hubert, P. Uncoupling the effects of energy expenditure and energy intake: appetite response to short-term energy deficit induced by meal omission and physical activity / P. Hubert, N.A. King, J.E. Blundell // Appetite. – 1998. – Vol. 31. – No. 1. – P. 9-19. DOI: 10.1006/appe.1997.0148.
56. Mitka, M. Do flawed data on caloric intake from NHANES present problems for researchers and policy makers? / M. Mitka // JAMA. – 2013. – Vol. 310. – No. 20. – P. 2137-2138. DOI: 10.1001/jama.2013.281865.
57. Fagerberg, P. Negative Consequences of Low Energy Availability in Natural Male Bodybuilding: A Review / P. Fagerberg // Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab. – 2017. – Vol. 28. – No. 4. – P. 385-402. DOI: 10.1123/ijsnem.2016-0332.
58. Functional hypothalamic amenorrhea: hypoleptinemia and disordered eating / M.P. Warren, F. Voussoughian, E.B. Geer [et al.] // J. Clin. Endocrinol. Metab. – 1999. – Vol. 84. – P. 873-877. DOI: 10.1210/jcem.84.3.5551.
59. Wade, G.N. Control of fertility by metabolic cues / G.N. Wade, J.E. Schneider, H.Y. Li // Am. J. Physiol. – 1996. – Vol. 270. – No. 1. – P. E1-E9. DOI: 10.1152/ajpendo.1996.270.1.E1.
60. Williams, N.I. Low energy availability and reproductive disturbances: a review of clinical and hormonal effects / N.I. Williams // J. Dance Med. Sci. – 1998. – Vol. 2. – No. 1. – P. 19-31.
61. Physiological, metabolic, and performance implications of a prolonged hill walk: influence of energy intake / P.N. Ainslie, I.T. Campbell, K.N. Frayn [et al.] // J. Appl. Physiol. (1985). – 2003. – Vol. 94. – No. 3. – P. 1075-1083. DOI: 10.1152/japplphysiol.00683.2002.
62. Hill, R.J. Energy intake and energy expenditure in elite lightweight female rowers / R.J. Hill, P.S.W. Davies // Med. Sci. Sports Exerc. – 2002. – Vol. 34. – No. 11. – P. 1823-1829. DOI: 10.1097/00005768-200211000-00020.
63. Hatfield, F.C. Fitness: The complete Guide: Offical Text for ISSA's Certified Fitness Trainer Program (Edition 8.6.6) / F.C. Hatfield. – Carpinteria: ISSA, 2013. – 735 p.
64. Bronson, F.H. Food-restricted, prepubertal, female rats: rapid recovery of luteinizing hormone pulsing with excess food, and full recovery of pubertal development with gonadotropin-releasing hormone / F.H. Bronson // Endocrinology. – 1986. – Vol. 118. – No. 6. – P. 2483-2487. DOI: 10.1210/endo-118-6-2483.
65. Hypogonadotropic hypogonadism in obese women after biliopancreatic diversion / C. Di Carlo, S. Palomba, M. De Fazio [et al.] // Fertil. Steril. – 1999. – Vol. 72. – No. 5. – P. 905-909. DOI: 10.1016/s0015-0282(99)00358-1.
66. Leptin is a metabolic gate for the onset of puberty in the female rat / C.C. Cheung, J.E. Thornton, J.L. Kuijper [et al.] // Endocrinology. – 1997. – Vol. 138. – P. 855-858. DOI: 10.1210/endo.138.2.5054.
67. Vaamonde, D. Exercise and Human Reproduction: Induced Fertility Disorders and Possible Therapies / D. Vaamonde, S.S. du Plessis, A. Agarwal. – New York: Springer, 2016. – 351 p.
68. Laughlin, G.A. Nutritional and endocrine-metabolic aberrations in amenorrheic athletes / G.A. Laughlin, S.S. Yen // J. Clin. Endocrinol. Metab. –

1996. – Vol. 81. – No. 12. – P. 4301-4309. DOI: 10.1210/jcem.81.12.8954031.
69. Severity of energy-related menstrual disturbances increases in proportion to indices of energy conservation in exercising women / M.J. De Souza, D.K. Lee, J.L. VanHeest [et al.] // Fertil. Steril. – 2007. – Vol. 88. – No. 4. – P. 971-975. DOI: 10.1016/j.fertnstert.2006.11.171.
70. Obesity Pathogenesis: An Endocrine Society Scientific Statement / M.W. Schwartz, R.J. Seeley, L.M. Zeltser [et al.] // Endocr. Rev. – 2017. – Vol. 38. – No. 4. – P. 267-296. DOI: 10.1210/er.2017-00111.
71. Hilton, L.K. Low energy availability, not exercise stress, suppresses the diurnal rhythm of leptin in healthy young women / L.K. Hilton, A.B. Loucks // Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab. – 2000. – Vol. 278. – No. 1. – P. E43-E49. DOI: 10.1152/ajpendo.2000.278.1.E43.
72. Torstveit, M.K. Participation in leanness sports but not training volume is associated with menstrual dysfunction: a national survey of 1276 elite athletes and controls / M.K. Torstveit, J. Sundgot-Borgen // Br. J. Sports Med. – 2005. – Vol. 39. – No. 3. – P. 141-147. DOI: 10.1136/bjsm.2003.011338.
73. Furuta, M. Intracerebroventricular administration of ghrelin rapidly suppresses pulsatile luteinizing hormone secretion in ovariectomized rats / M. Furuta, T. Funabashi, F. Kimura // Biochem. Biophys. Res. Commun. – 2003. – Vol. 288. – No. 4. – P. 780-785. DOI: 10.1006/bbrc.2001.5854.
74. Schneider, J.E. Inhibition of reproduction in service of energy balance / J.E. Schneider, G.N. Wade / In: Reproduction in Context: Social and Environmental Influences on Reproductive Physiology and Behavior. – Cambridge: MIT Press, 2000. – 534 p.
75. Wikström-Frisén, L. Training and hormones in physically active women with and without oral contraceptive use / L. Wikström-Frisén. – Umeå: Umeå University, 2016. – 82 p.
76. Resting metabolic rate and energy balance in amenorrheic and eumenorrheic runners / M. Myerson, B. Gutin, M.P. Warren [et al.] // Med. Sci. Sports Exerc. – 1991. – Vol. 23. – P. 15-22.
77. Longitudinal changes in reproductive hormones and menstrual cyclicity in cynomolgus monkeys during strenuous exercise training: abrupt transition to exercise-induced amenorrhea / N.I Williams, A.L. Caston-Balderrama, D.L. Helmreich [et al.] // Endocrinology. – 2001. – Vol. 142. – No. 6. – P. 2381-2389. DOI: 10.1210/endo.142.6.8113.
78. Cameron, J.L. Suppression of pulsatile luteinizing hormone and testosterone secretion during short term food restriction in the adult male rhesus monkey (Macaca mulatta) / J.L. Cameron, C. Nosbisch // Endocrinology. – 1991. – Vol. 128. – No. 3. – P. 1532-1540. DOI: 10.1210/endo-128-3-1532.
79. De Souza, M.J. Menstrual disturbances in athletes: a focus on luteal phase defects / M.J. De Souza // Med. Sci. Sports Exerc. – 2003. – Vol. 35. – No. 9. – P. 1553-1563. DOI: 10.1249/01.MSS.0000084530.31478.DF.
80. Altered neuroendocrine regulation of gonadotropin secretion in women distance runners / J.D. Veldhuis, W.S. Evans, L.M. Demers [et al.] // J. Clin. Endocrinol. Metab. – 1985. – Vol. 61. – No. 3. – P. 557-563. DOI: 10.1210/jcem-61-3-557.
81. High frequency of luteal phase deficiency and anovulation in recreational women runners: blunted elevation in follicle-stimulating hormone observed during luteal-follicular transition / M.J. De Souza, B.E. Miller, A.B. Loucks [et al.] // J. Clin. Endocrinol. Metab. – 1998. – Vol. 83. – No. 12. – P. 4220-4232. DOI: 10.1210/jcem.83.12.5334.
82. Зырянова, Е.А. Нарушение пищевого поведения как одна из причин менструальных дисфункций у спортсменок / Е.А. Зырянова, А.В. Смоленский, Е.И. Марова // Сборник трудов молодых ученых и студентов РГУФКСиТ: материалы науч. конф. молодых ученых и студентов РГУФКСиТ, Москва, апрель 2007 года. – Рос. гос. ун-т физ. культуры, спорта и туризма. – М.: Светотон, 2008. – С. 177-179.
83. Energy expenditure of swimmers during high volume training / T.A. Trappe, A. Gastaldelli, A.C. Jozsi [et al.] // Med. Sci. Sports Exerc. – 1997. – Vol. 29. – No. 7. – P. 950-954. DOI: 10.1097/00005768-199707000-00015.
84. Lebenstedt, M. Reduced resting metabolic rate in athletes with menstrual disorders / M. Lebenstedt, P. Platte, K.M. Pirke // Med. Sci. Sports Exerc. – 1999. – Vol. 31. – No. 9. – P. 1250-1256. DOI: 10.1097/00005768-199909000-00004.
85. Синяков, А.Ф. Нарушение функционального состояния эндокринной и иммунной систем у спортсменов: метод. разраб. для слушателей фак. усовершенствования и студентов ГЦОЛИФКа / А.Ф. Синяков. – М.: Гос. центр. ордена Ленина ин-т физ. культуры, 1991. – 50 с.

REFERENCES

1. Babichev V.N. Neuro-hormonal regulation of the ovarian cycle. Moscow: Meditsina, 1984. 240 p. (in Russ.)
2. Pokholenchuk, Yu.T., Svecchnikova N.V. Modern women's sports. Kyiv: Zdorov'ya, 1987. 189 p. (in Russ.)
3. Brooks-Gunn J., Warren M.P., Hamilton L.H. The relation of eating problems and amenorrhea in ballet dancers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1987, vol. 19(1), pp. 41-44.

4. Mountjoy M., Sundgot-Borgen, J., Burke L., Carter S., Constantini N., Lebrun C., Ljungqvist A. The IOC consensus statement: Beyond the Female Athlete Triad – Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). *British Journal of Sports Medicine*, 2014, vol. 48(7), pp. 491-497.
5. Datsenko I.I., Gabovich R.D. Preventive medicine. General hygiene with the basics of ecology. Kyiv: Zdorov'ya, 1999. 694 p. (in Russ.)
6. Nikulin, B.A., & Rodionova, I.I. Biochemical control in sports] Moscow: Sovetskij sport, 2011. 232 p. (in Russ.)
7. Saksonov, N.N. Energy expenditure of a weight-lifter. Moscow: GTSOLIFK, 1980. 21 p. (in Russ.)
8. De Souza M.J., Leidy H.J., O'Donnell E., Lasley B., Williams N.I. Fasting ghrelin levels in physically active women: relationship with menstrual disturbances and metabolic hormones. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 2004, vol. 89(7), pp. 3536-3542.
9. Williams N.I., Helmreich D.L., Parfitt D.B., Caston-Balderrama A., Cameron J.L. Evidence for a casual role of low energy availability in the induction of menstrual cycle disturbances during strenuous exercise training. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 2001, vol. 86(11), pp. 5184-5193.
10.Gorulev P.S., Rumyantseva E.R. Women's weightlifting: Problems and perspectives. Moscow: Sovetskij sport, 2006. 161 p. (in Russ.)
11. Kalinina N.A. Diagnosis and prevention of disorders of the reproductive system of female athletes. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2004, vol. 1, pp. 49-51. (in Russ.)
12. Pankov G.A. The influence of speed-strength loads on women's physical health. *Adaptive Physical Culture*, 2007, vol. 3(31), pp. 26-30. (in Russ.)
13. Rumyantseva E.R. Interrelations between the hormonal and immune systems during long-term adaptation of the female body to speed-strength effects in weightlifting (system-synergetic and functional approach): an author's abstract. Chelyabinsk, 2005. 51 p. (in Russ.)
14. Il'in E.P. Differential psychophysiology of man and woman. Saint Petersburg: Piter, 2003. 366 p. (in Russ.)
15. Warren M.P. The effects of exercise on pubertal progression and reproductive function in girls. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 1980, vol. 51(5), pp. 1150-1157.
16. Kotsan I.Ya. Psychophysiological aspects of sexual dimorphism in sports. *Physical Education of Students of Creative Specialties*, 2002, vol. 2, pp. 27-35. (in Russ.)
17. Serov V.N., Prilepskaya V.N., Ovsyannikova T.V. Gynecological endocrinology. Moscow: Medpress-inform, 2017. 512 p. (in Russ.)
18. Soboleva T.S. On the problems of women's sports. *Theory and Practice of Physical Culture*, 1999, vol. 6, pp. 56-63. (in Russ.)
19. Malina, R.M. Physical growth and biological maturation of young athletes. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 1994, vol. 22, pp. 389-433.
20. Biochemistry: a textbook. E.S. Severin, ed. 5th ed. Moscow: GEOTAR-Media, 2024. 768 p. (in Russ.)
21. Berga, S.L., Mortola J.F., Girton L., Suh B., Laughlin G., Pham P., Yen S.S. Neuroendocrine aberrations in women with functional hypothalamic amenorrhea. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 1989, vol. 68(2), pp. 301-308.
22. Vrublevskij E.P. Individualization of training for women in speed-strength types of athletics: an author's abstract. Volgograd, 2008. 56 p. (in Russ.)
23. Wilmore D., Costill D. Physiology of sport. Trans. from English. Kyiv: Olimpiyskaya literatura, 2001. 502 p. (in Russ.)
24. Solodkov A.S., Sologub E.B. Human physiology: general, sports, developmental. 3rd ed. Moscow: Sovetskij sport, 2008. 624 p. (in Russ.)
25. Axelson, J.F. Forced swimming alters vaginal estrous cycles, body composition, and steroid levels without disrupting lordosis behavior or fertility in rats. *Physiology & Behavior*, 1987, vol. 41(5), pp. 471-479.
26. Asahina K., Kitahara F., Yonezawa T., Tsunekawa K. Influence of excessive exercise on the structure and function of rat organs. *Japanese Journal of Physiology*, 1959, vol. 9(3), pp. 322-326.
27. Manning J.M., Bronson F.H. Suppression of puberty in rats by exercise: effects on hormone levels and reversal with GnRH infusion. *American Journal of Physiology*, 1991, vol. 260(4 Pt 2), pp. R717-R723.
28. The endocrine system, sport and physical activity. Ed. by W.J. Kraemer, A.D. Rogol; trans. from English by I. Andreev. Kyiv: Olimpijskaya literatura, 2008. 600 p. (in Russ.)
29. Villanueva A.L., Schlosser C., Hopper B. et al. Increased cortisol production in women runners. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 1986, vol. 63(1), pp. 133-136.
30. Sanborn C.F., Albrecht B.H., Wagner W.W. Athletic amenorrhea: Lack of association with body fat. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1987, vol. 19(3), pp. 207-212.
31. Bullen B.A., Skrinar G.S., Beitins I.Z., von Mering G., Turnbull B.A., McArthur J.W. Induction of menstrual disorders by strenuous exercise in untrained women. *New England Journal of Medicine*, 1985, vol. 312(21), pp. 1349-1353.
32. Ding J.H., Sheckter C., Drinkwater B.L., Soules M.R., Bremner W.J. High serum cortisol levels in exercise-associated amenorrhea. *Annals of Internal Medicine*, 1988, vol. 108(4), pp. 530-534.

33. Borer, K.T. Advanced exercise endocrinology. Champaign: Human Kinetics, 2013. 264 p.
34. Laughlin G.A., Yen S.S. Hypoleptinemia in women athletes: absence of a diurnal rhythm with amenorrhea. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 1997, vol. 82(1), pp. 318-321.
35. Zeni-Hoch A., Hoch A.Z., Osterberg B. Is there an association between athletic amenorrhea and endothelial cell dysfunction? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2003, vol. 35(3), pp. 377-383.
36. Loucks A.B., Kiens B., Wright H.H. Energy availability in athletes. *Journal of Sports Sciences*, 2011, vol. 29(Suppl 1), pp. S7-S15.
37. Drinkwater B.L., Nilson K., Chesnut C.H. et al. Bone mineral density after resumption of menses in amenorrheic athletes. *Journal of the American Medical Association*, 1986, vol. 256(3), pp. 380-382.
38. Loucks A.B. Energy balance and body composition in sports and exercise. *Journal of Sports Sciences*, 2004, vol. 22(1), pp. 1-14.
39. Dueck C.A., Manore M.M., Matt K.S. Treatment of athletic amenorrhea with a diet and training intervention program. *International Journal of Sport Nutrition*, 1996, vol. 6(1), pp. 24-40.
40. Loucks A.B., Mortola J.F., Girton L., Yen S.S. Alterations in the hypothalamic-pituitary-ovarian and the hypothalamic-pituitary-adrenal axes in athletic women. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 1989, vol. 68(2), pp. 402-411.
41. Loucks A.B., Thuma J.R. Luteinizing hormone pulsatility is disrupted at a threshold of energy availability in regularly menstruating women. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 2003, vol. 88(1), pp. 297-311.
42. Kopp-Woodroffe S.A., Manore M.M., Dueck C.A., Skinner J.S., Matt K.S. Energy and nutrient status of amenorrheic athletes participating in a diet and exercise training intervention program. *International Journal of Sport Nutrition*, 1999, vol. 9(1), pp. 70-88.
43. Lawson E.A., Miller K.K., Bredella M.A. et al. Hypercortisolemia is associated with severity of bone loss and depression in hypothalamic amenorrhea and anorexia nervosa. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 2009, vol. 94(12), pp. 4710-4716.
44. Perkins R.B., Hall J.E., Martin K.A. Aetiology, previous menstrual function and patterns of neuroendocrine disturbance as prognostic indicators in hypothalamic amenorrhea. *Human Reproduction*, 2001, vol. 16(10), pp. 2198-2205.
45. Jackson A.S., Pollock M.L., Ward A. Generalized equations for predicting body density of women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1980, vol. 12(3), pp. 175-182.
46. Loucks A.B., Verdun M., Heath E.M. Low energy availability, not stress of exercise, alters LH pulsatility in exercising women. *Journal of Applied Physiology*, 1998, vol. 84(1), pp. 37-46.
47. Frisch R.E., McArthur J.W. Menstrual cycles: fatness as a determinant of minimum weight for height necessary for their maintenance or onset. *Science*, 1974, vol. 185(4155), pp. 949-951.
48. Zyryanova E.A., Smolenskij A.V., Grigoryants I.A. Features of building a rational diet for female athletes (energy starvation as a cause of disorders of the female reproductive system under physical loads). *Theory and Practice of Physical Culture*, 2007 vol. 8, pp. 66-68. (in Russ.)
49. Bouchard C., Shephard R.J., Stephens T. Physical activity, fitness and health: International proceedings and consensus statement. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, 1994. 1055 p.
50. Bronson F.H., Manning J.M. The energetic regulation of ovulation: a realistic role for body fat. *Biology of Reproduction*, 1991, vol. 44(6), pp. 945-950.
51. Blundell J.E., King N.A. Effects of exercise on appetite control: loose coupling between energy expenditure and energy intake. *International Journal of Obesity*, 1998, vol.22(Suppl 2), pp. S22-S29.
52. Hill J.W., Elmquist J.K., Elias C.F. Hypothalamic pathways linking energy balance and reproduction. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 2008, vol. 294(5), pp. E827-E832.
53. Scott E.C., Johnston F.E. Critical fat, menarche, and the maintenance of menstrual cycles: a critical review. *Journal of Adolescent Health Care*, 1982, vol. 2(4), pp. 249-260.
54. Loucks A.B., Horvat, S.M. Athletic amenorrhea: a review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1985, vol. 17(1), pp. 56-72.
55. Hubert P., King N.A., Blundell J.E. Uncoupling the effects of energy expenditure and energy intake: appetite response to short-term energy deficit induced by meal omission and physical activity. *Appetite*, 1998, vol. 31(1), pp. 9-19.
56. Mitka M. Do flawed data on caloric intake from NHANES present problems for researchers and policy makers? *JAMA*, 2013, vol. 310(20), pp. 2137-2138.
57. Fagerberg P. Energy availability and natural male bodybuilding. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 2017, vol. 28(4), pp. 1-31.
58. Warren M.P., Voussoughian F. et al. Functional hypothalamic amenorrhea: hypoleptinemia and disordered eating. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 1999, vol. 84(3), pp. 873-877.
59. Wade G.N., Schneider J.E., Li H.Y. Control of fertility by metabolic cues. *American Journal of Physiology*, 1996, vol. 270(1 Pt 1), pp. E1-E19.

60. Williams N.I. Low energy availability and reproductive disturbances: a review of clinical and hormonal effects. *Journal of Dance Medicine & Science*, 1998, vol. 2(1), pp. 19-31.
61. Ainslie P.N., Campbell I.T., Frayn K.N., Humphreys S.M., MacLaren, D.P., Reilly T., Westerterp K.R. Physiological, metabolic, and performance implications of a prolonged hill walk: influence of energy intake. *Journal of Applied Physiology*, 2003, vol. 94(3), pp. 1075-1083.
62. Hill R.J., Davies P.S. Energy intake and energy expenditure in elite lightweight female rowers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2002, vol. 34(11), pp. 1823–1829.
63. Hatfield F.C. Fitness: The complete Guide: Official Text for ISSA's Certified Fitness Trainer Program (8.6.6 ed.). Carpinteria: International Sports Sciences Association, 2013. 735 p.
64. Bronson F.H. Food-restricted, prepubertal, female rats: rapid recovery of luteinizing hormone pulsing with excess food, and full recovery of pubertal development with gonadotropin-releasing hormone. *Endocrinology*, 1986, vol. 118(6), pp. 2483-2487.
65. Di Carlo C., Palomba S., De Fazio M., Gianturco M., Armellino M., Nappi C. Hypogonadotropic hypogonadotropism in obese women after biliopancreatic diversion. *Fertility and Sterility*, 1999, vol. 72(5), pp. 905-909.
66. Cheung C.C., Thornton J.E., Kuijper J.L., Weigle D.S., Clifton D.K., Steiner R.A. Leptin is a metabolic gate for the onset of puberty in the female rat. *Endocrinology*, 1997, vol. 138(2), pp. 855-858.
67. Vaamonde D., du Plessis S.S., Agarwal A. Exercise and Human Reproduction: Induced Fertility Disorders and Possible Therapies. New York: Springer, 2016. 351 p.
68. Laughlin G.A., Yen S.S. Nutritional and endocrine-metabolic aberrations in amenorrheic athletes. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 1996, vol. 81(12), pp. 4301-4309.
69. De Souza M.J., West S.L., Jamal S.A., Hawker G.A., Gundberg C.M., Williams N.I. Severity of energy-related menstrual disturbances increases in proportion to indices of energy conservation in exercising women. *Fertility and Sterility*, 2007, vol. 88(4), pp. 971-975.
70. Michael W.S., Garvey W.T., Mechanick J.I. et al. American Association of Clinical Endocrinologists. Obesity Pathogenesis: An Endocrine Society Scientific Statement. *Endocrine Reviews*, 2017, vol. 38(4), pp. 267-296.
71. Hilton L.K., Loucks A.B. Low energy availability, not exercise stress, suppresses the diurnal rhythm of leptin in healthy young women. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 2000, vol. 278(1), pp. E43-E49.
72. Torstveit M.K., Sundgot-Borgen J. Participation in leanness sports but not training volume is associated with menstrual dysfunction: a national survey of 1276 elite athletes and controls. *British Journal of Sports Medicine*, 2005, vol. 39(3), pp. 141-147.
73. Furuta M., Funabashi T., Kimura F. Intro cerebroventricular administration of ghrelin rapidly suppresses pulsatile luteinizing hormone secretion in ovariectomized rats. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 2003, vol. 288(4), pp. 780-785.
74. Schneider J.E., Wade G.N. Inhibition of reproduction in service of energy balance. In: Reproduction in Context: Social and Environmental Influences on Reproductive Physiology and Behavior. Cambridge: MIT Press, 2000. 534 p.
75. Wikström-Frisén L. Training and hormones in physically active women with and without oral contraceptive use. Umeå University, 2016. 82 p.
76. Myerson M., Gutin B., Warren M.P. et al. Resting metabolic rate and energy balance in amenorrheic and eumenorrheic runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1991, vol. 23(1), pp. 15-22.
77. Williams N.I., Helmreich D.L., Parfitt D.B., Caston-Balderrama A., Cameron J.L. Longitudinal changes in reproductive hormones and menstrual cyclicity in cynomolgus monkeys during strenuous exercise training: abrupt transition to exercise-induced amenorrhea. *Endocrinology*, 2001, vol. 142(6), pp. 2381-2389.
78. Cameron J.L., Nosbisch C. Suppression of luteinizing hormone and testosterone secretion during short term food restriction in the adult male rhesus monkey (*Macaca mulatta*). *Endocrinology*, 1991, vol. 128(3), pp. 1532-1540.
79. De Souza M.J. Menstrual disturbances in athletes: a focus on luteal phase defects. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2003, vol. 35(9), pp. 1553-1563.
80. Veldhuis J.D., Evans W.S., Demers L.M., Thorner M.O., Wakat D., Rogol A.D. Altered neuroendocrine regulation of gonadotropin secretion in women distance runners. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 1985, vol. 61(3), pp. 557-563.
81. De Souza M.J., Miller B.E., Loucks A.B., Luciano A.A., Pescatello L.S., Campbell C.G., Lasley B.L. High frequency of luteal phase deficiency and anovulation in recreational women runners: blunted elevation in follicle-stimulating hormone observed during luteal-follicular transition. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 1998, vol. 83(12), pp. 4220-4232.
82. Zyryanova E.A., Smolenskij A.V., Marova E.I. Eating behavior disorder as one of the causes of

menstrual dysfunction in female athletes. In: Collection of works of young scientists and students of the RGUFKSiT: materials of the Scientific Conference of young scientists and students of the RGUFKSiT: (Moscow, April 2007). Moscow: Svetoton, 2009. pp. 177-179. (in Russ.)
83. Trappe T.A., Gastaldelli A., Jozsi A.C., Troup J.P., Wolfe R.R. Energy expenditure of swimmers during high volume training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1997, vol. 29(7), pp. 950-954.
84. Lebenstedt M., Platte P., Pirke K.M. Reduced resting metabolic rate in athletes with menstrual disorders. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1999, vol. 31(9), pp. 1250-1256.
85. Sinyakov A.F. Violation of the functional state of the endocrine and immune systems in athletes: methodology developed for listeners of the Improvement Faculty and Students of GTSOLIFK. Moscow: State Center of the Order of Lenin Institute of Physical Culture, 1991. 50 p. (in Russ.).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Мария Юрьевна Сафронова – аспирант, Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, e-mail: mahusha_9@mail.ru.
Ритта Викторовна Тамбовцева – доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой Биохимии и биоэнергетики спорта им. Н.И. Волкова, заведующая лабораторией мышечной деятельности и восстановления НИИ спорта и спортивной медицины, Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, e-mail: ritta7@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Maria Yu. Safronova – Postgraduate Student, Russian University of Sport “GTSOLIFK”, Moscow, e-mail: mahusha_9@mail.ru.
Ritta V. Tambovtseva – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Sports Biochemistry and Bioenergetics named after N.I. Volkov, Head of the Laboratory of Muscle Activity and Recovery, Research Institute of Sport and Sports Medicine, Russian University of Sport “GTSOLIFK”, Moscow, e-mail: ritta7@mail.ru.

Для цитирования: Сафронова, М.Ю. Влияние физических нагрузок, состава тела и питания на репродуктивную систему спортсменок (обзор литературы) / М.Ю. Сафронова, Р.В. Тамбовцева // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_17

For citation: Safronova M.Yu., Tambovtseva R.V. Influence of physical activity, body composition and nutrition on the reproductive system of female athletes (literature review). *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_17

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_18
УДК 612.82+57.045

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_18
UDC 612.82+57.045

ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗРИТЕЛЬНЫХ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ НА ВСПЫШКУ У ВЗРОСЛЫХ ЗДОРОВЫХ ЛИЦ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ ВЛИЯНИИ СПЕЛЕОКЛИМАТА

В.А. Семилетова, У.В. Точенова, С.М. Панкова
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Воронеж, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Известно, что курс спелеотерапии способствует улучшению скорости проведения зрительного сигнала, первичной обработки и анализа зрительной информации. Однако механизмы начального воздействия спелеоклимата на организм остаются недостаточно изученными. ***Методы.*** В исследовании приняли участие 57 студентов Воронежского государственного медицинского университета, возраст – от 18 до 21 года. Группа 1 (31 студент) прошла обследование зрительных вызванных потенциалов на световую вспышку до и после часовой процедуры спелеотерапии. Группа 2 (контрольная группа, 26 студентов) проходила обследование зрительных вызванных потенциалов на световую вспышку до и после часа отдыха. ***Результаты.*** Выявлено, что латентность отдельных волн зрительных вызванных потенциалов на вспышку более устойчива к часовому воздействию спелеоклимата, чем амплитуда тех же волн. Амплитуды волн зрительных вызванных потенциалов на вспышку оказались более вариабельны и имели тенденцию к увеличению как в обычных условиях отдыха, так и в условиях спелеоклимата. ***Заключение.*** Первичный ответ на воздействие спелеоклимата включает десинхронизацию работы нейронных ансамблей, снижение времени на неосознанную, неспецифическую переработку информации и анализ зрительной информации в ассоциативной части коры.
Ключевые слова: зрительный вызванный потенциал, латентность, амплитуда, спелеоклиматотерапия, спелеоклимат, спелеокамера.

CHANGE IN PARAMETERS OF FLASH VISUAL EVOKED POTENTIALS IN HEALTHY ADULT SUBJECTS UNDER SHORT-TERM SPELEOCLIMATE INFLUENCE

V.A. Semiletova, U.V. Tochenova, S.M. Pankova
Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh, Russia

Abstract. ***Introduction.*** It is known that a speleotherapy course improves the speed of visual signal conduction, primary processing, and visual information analysis. However, the mechanisms of the initial effects of speleoclimate on the body remain understudied. ***Methods.*** The study involved 57 student volunteers from the Voronezh State Medical University, aged 18 to 21 years. Group 1 (31 students) went through a checkup of flash visual evoked potentials before and after a 60-minute speleotherapy session. Group 2 (control group, 26 students) also went through a checkup of flash visual evoked potentials before and after a 60-minute rest period. ***Results.*** The latency of individual flash visual evoked potential waves was found to be more resistant to the 1-hour exposure to speleoclimate than their amplitude. Flash visual evoked potential wave amplitudes were more variable and tended to increase under the normal conditions of rest and under conditions of speleoclimate. ***Conclusion.*** The primary response to speleoclimate includes desynchronization of neural ensembles, a decrease in the time for unconscious, nonspecific information processing, and the analysis of visual information in the associative cortex.
Keywords: visual evoked potential, latency, amplitude, speleoclimatotherapy, speleoclimate, speleochamber.

Введение. В современной нейрофизиологии активно применяются методы электроэнцефалографии (ЭЭГ), вызванных потенциалов (ВП) и реографии для оценки эффективности немедикаментозных терапевтических воздействий [1]. Эти методы позволяют исследовать физиологические реакции на широкий спектр воздействий,

включая остеопатические, физиотерапевтические, гипоксические, кинезиотерапевтические, арт-терапевтические, спелеоклиматические и другие виды терапии [2, 3].

Изменения в работе центральной и периферической нервных систем организма, выраженные в процессах возбуждения и торможения, проявляются в разных аспектах волновой активности зрительных вызванных потенциалов (ЗВП) на световые сигналы. Важнейшую роль играют характеристики начальных фаз вызванной активности, поскольку именно они демонстрируют изменения восприятия и мыслительных функций [4, 5].

Источники формирования ранних волн ЗВП находятся преимущественно в первичных зонах зрительной коры мозга и экстрастриарной области. Степень совпадения или расхождения показателей волн ЗВП обоих глаз отражает стабильность либо нестабильность функционирования проводящих структур и сенсорных отделов зрительного аппарата. Параметры амплитуды и длительности волн ЗВП взаимосвязаны с параметрами раздражителя (светового импульса) [6].

Научные наблюдения показывают зависимость характеристик ЗВП на вспышку от характеристик самого светового стимула [7]. Структура колебаний ЗВП отличается при действии стимулов разной мощности. Когда регистрируются отдельные ЗВП, параметры первой и второй вспышек сохраняют независимость друг от друга [8].

Метод спелеоклиматотерапии, применяемый в терапии дыхательных болезней, укреплении иммунной защиты и восстановлении здоровья после перенесенных инфекционных заболеваний органов дыхания и стрессов, становится все популярнее [9-11]. Специальные камеры, воспроизводящие условия микроклимата пещер, размещаются в лечебных заведениях, здравницах и производственных помещениях. Исследования влияния климатических условий спелеотерапевтического помещения на здоровье человека проводятся в городах Пермь и Воронеж [12, 13].

Ранее мы выяснили, что десятидневный цикл ежедневных одночасовых процедур спелеотерапии ускоряет передачу сигналов зрения, улучшает начальные этапы переработки и анализа визуальных данных [14]. Подобные преобразования происходят последовательно, проходя стандартные фазы адаптации согласно теории Г. Селье: от первоначальной адаптивной реакции до устойчивого адаптивного состояния [15].

Однако механизмы начального воздействия спелеоклимата на организм остаются недостаточно изученными. Цель работы – исследование изменений параметров зрительных вызванных потенциалов на вспышку у взрослых здоровых лиц при кратковременном влиянии спелеоклимата.

Методы и организация исследования. В исследовании приняли участие 57 студентов-добровольцев 2 курса Воронежского государственного медицинского университета в возрасте от 18 до 21 года: 31 студент основной группы (ОГ) и 26 студентов контрольной группы (КГ). В рамках настоящего исследования студенты ОГ подверглись процедуре спелеотерапии, проводимой в условиях стационарной сильвинитовой спелеокамеры. Продолжительность сеанса составила 60 минут. В камере были обеспечены оптимальные параметры микроклимата, включающие температурный режим в диапазоне 18-22 °С, концентрацию отрицательных аэроионов на уровне 1987-2017 е/см³, концентрацию положительных аэроионов в пределах 834-1074 е/см³ и радиационный фон, составляющий около 17 мкР/ч. Мощность дозы гамма-излучения находилась в допустимых пределах 14-17 мкР/ч, что соответствовало установленным нормативам СанПиН 2.6.1.2523-09 (НРБ 99/2009).

Условия включения в группы разрабатывались тщательно и предусматривали исключение лиц с острыми инфекционными заболеваниями, обострением хронических болезней и нарушениями структуры верхних дыхательных путей. Процесс проведения эксперимента соответствовал международным этическим нормам и получил одобрение Этического комитета Воронежского государственного медицинского университета (решение № 8 от 15 ноября 2023 г.). До начала исследования каждый участник получал полную информацию относительно целей и методик

исследования, а также давал свое официальное письменное согласие на участие.

Для комплексной оценки влияния спелеотерапии на функциональное состояние зрительной системы у студентов ОГ были проведены измерения ЗВП на вспышку. В качестве инструмента использовался нейромиоанализатор НМА-4-01 «Нейромиан» (Медиком МТД, Россия). Регистрация ЗВП осуществлялась в положении сидя с закрытыми глазами, что позволило минимизировать воздействие внешних раздражителей и обеспечить высокую точность получаемых данных. Для сравнения динамики изменений в зрительной системе студентов КГ аналогичные измерения были проведены до и после 60-минутного отдыха.

Анализ данных проведен с использованием программного обеспечения Microsoft Excel 16 и IBM SPSS Statistics 26. Оценивались количественные показатели на предмет соответствия нормальному распределению (критерий Шапиро-Уилка), а также показатели асимметрии и эксцесса. Распределение анализируемых показателей отличалось от нормального, поэтому описания проведены с помощью значений медианы и нижнего и верхнего квартилей (Me [Q1; Q3]). Для проверки различий между двумя сравниваемыми парными выборками применялся W-критерий Вилкоксона. Различия считались статистически значимыми при $p<0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Статистически значимых отличий между фоновыми параметрами зрительных вызванных потенциалов у студентов ОГ и КГ не выявлено. Анализ результатов проведенного исследования у студентов ОГ показал, что латентность отдельных волн ЗВП на вспышку более устойчива к часовому воздействию спелеоклимата, чем амплитуда тех же волн.

Так, выявлено значимое уменьшение латентности волны P1 слева под влиянием отдыха (до – 49,6 [29,2; 58,1] мс, после – 33,0 [26,4; 45,3] мс, w=-1,994, p=0,046), что может свидетельствовать о более быстром протекании процессов передачи стимула на данном уровне (рис. 1). Значимых отличий латентностей волн ЗВП после часового посещения спелеокамеры по отношению к состоянию покоя перед посещением не выявлено (рис. 2).

Амплитуды волн ЗВП на вспышку вариабельны, имели тенденцию к увеличению как в обычных условиях отдыха, так и в условиях спелеоклимата (рис. 3, 4). Выявлено значимое увеличение амплитуды P2 слева под влиянием отдыха (до – 0,83 [0,41; 1,60] мВ, после – 2,04 [1,05; 3,25] мВ, w=-2,85, p=0,004), что, вероятно, связано с увеличением времени обработки сигнала на уровне подкорковых областей (первичная обработка сигнала).

Под влиянием спелеоклимата у студентов ОГ отмечено значимое увеличение амплитуд волн P1 (до – 0,84 [0,54; 1,71] мВ, после – 1,94 [0,81; 3,57] мВ, w=-2,29, p=0,022) и N3 (до – 1,0 [0,25; 1,64] мВ, после – 1,59 [1,02; 2,6] мВ, w=-2,37, p=0,018) слева и N3 (до – 1,0 [0,25; 1,64] мВ, после – 1,86 [0,75; 2,55] мВ, w=-2,50, p=0,012) справа. Коротколатентные компоненты вызванного потенциала (ВП), такие как P1, отражают процесс анализа информации на подкорковом уровне и представляют собой неосознанную, неспецифическую обработку сенсорных данных. В свою очередь, компонент N3 является результатом активности ассоциативных зон коры головного мозга, а именно полей 18 и 19, и характеризует этап высокодифференцированного анализа зрительной информации.

Следует также отметить динамические изменения амплитуд Q1-Q3 волн ЗВП под воздействием спелеоклиматических факторов, что наглядно представлено на рисунках 5 и 6. В частности, наблюдается значительное увеличение размаха амплитудных значений Q1-Q3, особенно в отношении амплитуды P1 в правом полушарии. Это явление может быть обусловлено десинхронизацией работы нейронных ансамблей, что свидетельствует о модуляции функциональной активности коры головного мозга под влиянием спелеоклиматических параметров.

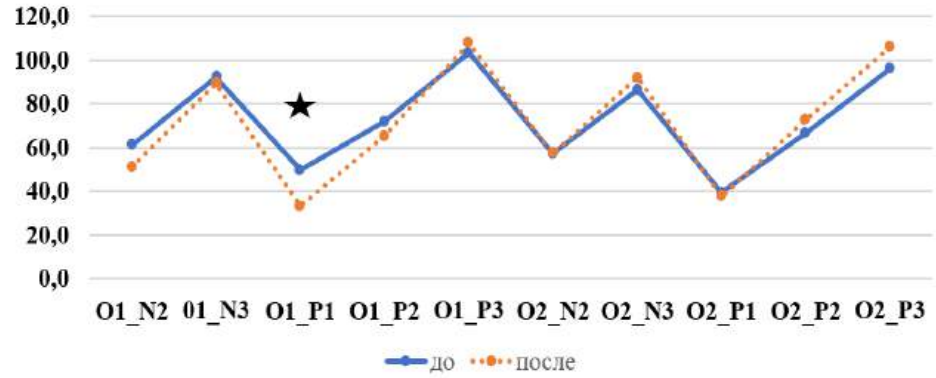


Рис. 1. Динамика латентности отдельных волн зрительных вызванных потенциалов под воздействием часового отдыха у студентов основной группы, мс (звездочка – $p<0,05$)

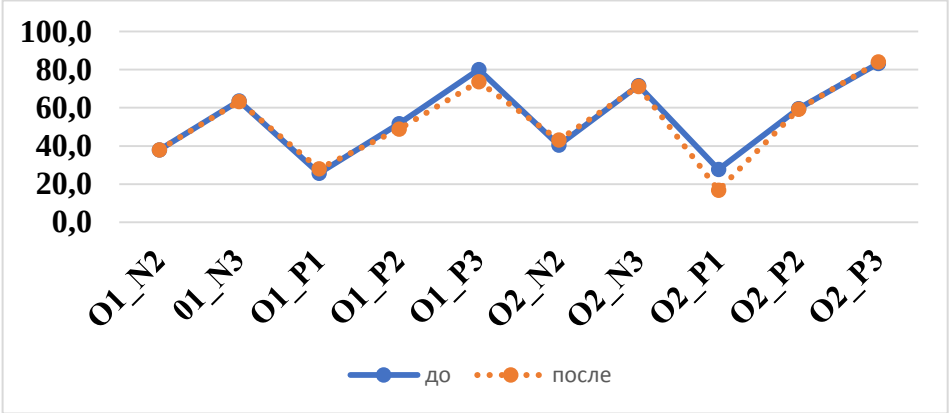


Рис. 2. Динамика латентности отдельных волн зрительных вызванных потенциалов под воздействием спелеоклимата у студентов основной группы, мс ($p>0,05$)

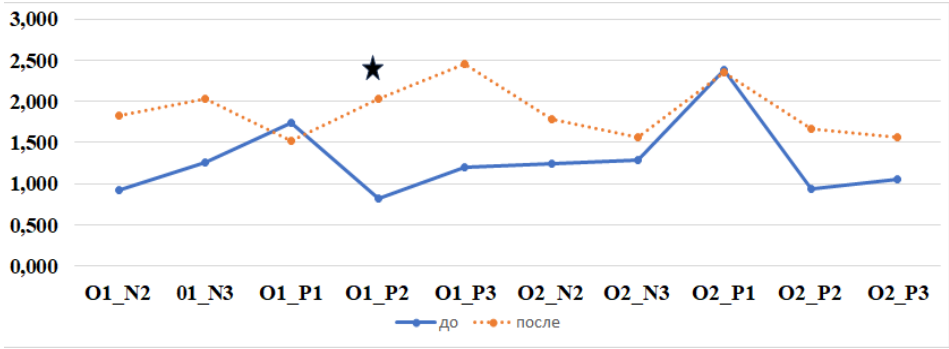


Рис. 3. Динамика амплитуд отдельных волн зрительных вызванных потенциалов под воздействием отдыха у студентов основной группы, мВ (звездочка – $p<0,05$)

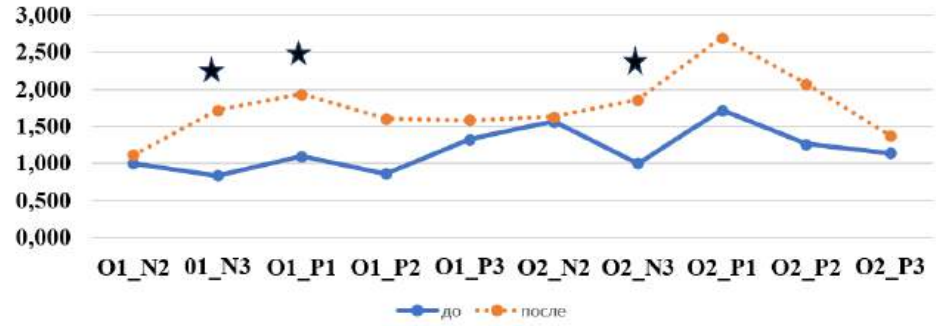


Рис. 4. Динамика амплитуд отдельных волн зрительных вызванных потенциалов под воздействием спелеоклимата у студентов основной группы, мВ (звездочка – $p<0,05$)

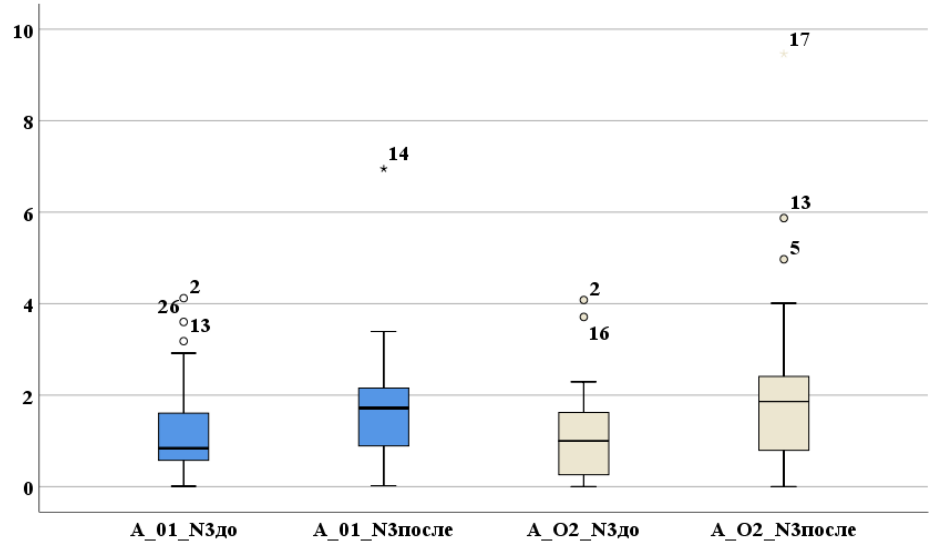


Рис. 5. Динамика амплитуды волны N3 зрительных вызванных потенциалов на вспышку под воздействием спелеоклимата у студентов основной группы, мВ ($p<0,05$)

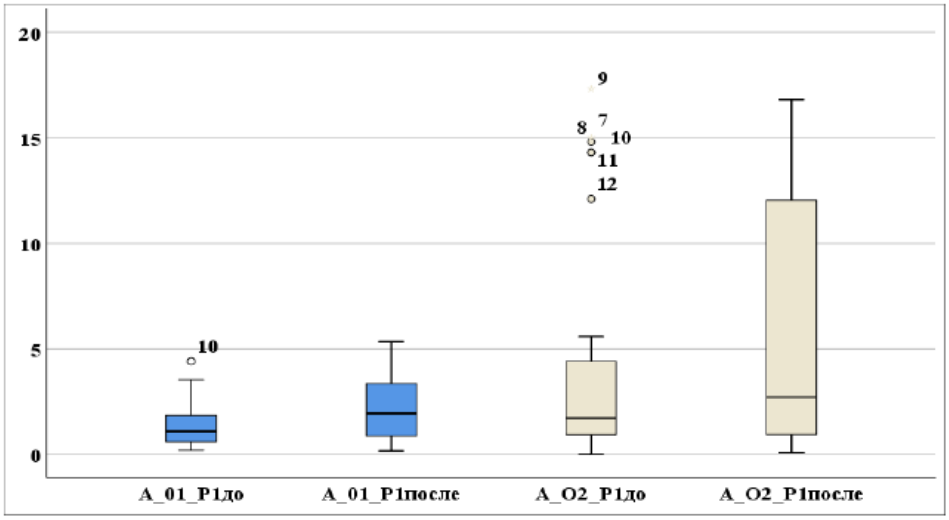


Рис. 6. Динамика амплитуды P1 зрительных вызванных потенциалов на вспышку под воздействием спелеоклимата у студентов основной группы, мВ (слева $p<0,05$)



Рис. 7. Влияние спелеоклимата на зрительные вызванные потенциалы на вспышку у студентов основной группы

В наших более ранних работах по изучению влияния спелеоклимата на ЗВП человека мы исследовали ЗВП в состоянии покоя до воздействия спелеоклимата, после третьего сеанса и после десятого сеанса спелеоклиматотерапии (рис. 7). Под влиянием спелеотерапии происходит снижение латентностей волн P2 и P3 ЗВП справа после третьего сеанса, затем – тенденция к восстановлению латентности волн после десятого сеанса. Отмечены значимые отличия между амплитудами волн P2 ЗВП справа до спелеотерапии и после третьего сеанса спелеотерапии, а также между амплитудами волн P3 ЗВП слева до спелеотерапии и после десятого сеанса

спелеотерапии студентов ОГ. Следовательно, под влиянием спелеоклимата увеличивалась скорость проведения и обработки зрительного сигнала [14, 16, 17]. Однако в данной работе полученные данные свидетельствовали о снижении скорости обработки зрительного сигнала при часовом воздействии спелеоклимата.

В результате воздействия спелеоклиматических факторов наблюдается десинхронизация активности нейронных ансамблей (первичный ответ), что приводит к сокращению времени неосознанной и неспецифической обработки информации, а также анализа зрительных стимулов в ассоциативных зонах коры головного мозга. В течение первых трех дней адаптации к спелеоклиматическим условиям происходит компенсаторное уменьшение времени проведения сенсорных сигналов до подкорковых структур и коры больших полушарий, а также сокращение продолжительности неосознанной обработки информации.

К десятому дню спелеоклиматотерапии наблюдается компенсаторное снижение времени, необходимого для осознанной и специфической переработки информации в первичных и вторичных зонах коры больших полушарий. В конечном итоге, к завершению курса спелеоклиматического лечения влияние спелеоклиматических факторов на процессы проведения возбуждения нивелируется. Это, вероятно, обусловлено адаптационными механизмами центральной нервной системы, которые развиваются в ответ на длительное воздействие возмущающих факторов.

Как таковых предикторов влияния спелеоклимата на ЗВП на вспышку не выявлено.

Заключение:

1. Латентность отдельных волн ЗВП на вспышку более устойчива к часовому воздействию спелеоклимата, чем амплитуда тех же волн. Амплитуды волн ЗВП на вспышку вариабельны, имели тенденцию к увеличению как в обычных условиях отдыха, так и в условиях спелеоклимата.

2. Первичный ответ на воздействие спелеоклимата – десинхронизация работы нейронных ансамблей, снижение времени на неосознанную, неспецифическую переработку информации и анализ зрительной информации в ассоциативной части коры.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нейрофизиологические методики в мониторинге эффективности нейрореабилитации у детей / В.Б. Войтенков, Н.В. Скрипченко, А.В. Климкин [и др.] // Курортная медицина. – 2016. –№ 2. – С. 23-26.
2. Файнбург, Г.З. Воздействие калийно-магниевых соляных аэрозольных воздушных сред на организм человека / Г.З. Файнбург, Л.В. Михайловская // Безопасность и охрана труда. – 2021. – № 4(89). – С. 65-70. DOI: 10.54904/52952_2021_4_65.
3. Современные подходы в немедикаментозных методах коррекции состояний организма на примере спелеотерапии в профпатологической практике / Е.С. Щербинская, О.К. Синякова, Е.А. Семушина, С.В. Федорович // Медицина труда и экология человека. – 2017. – № 2(10). – С. 20-23.
4. Биотехническая система диагностики: верификация результатов регистрации вызванных потенциалов на вспышку света / В.А. Жеребцова, В.В. Савельев, Н.Л. Коржук [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2013. – № 9-2. – С. 259-268.
5. Кошелев, Д.И. Опыт применения зрительных вызванных потенциалов на вспышку в оценке функций зрительной системы / Д.И. Кошелев, М.Ф. Галаутдинов, А.А. Вахмянина // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2014. – № 12(часть 1). – С. 181-187.
6. Макарова, И.И. Вызванные потенциалы мозга как биоэлектрический феномен, отражающий функциональное состояние нервной системы / И.И. Макарова, Ю.П. Игнатова, К.Б. Маркова // Верхневолжский медицинский журнал. – 2016. – Т. 15. – № 3. – С. 29-36.
7. Бородина, У.В. Использование метода вызванных потенциалов для оценки параметров стимула / У.В. Бородина // Ярославский педагогический вестник. – 2012. – № 3(4). – С. 149-153.
8. Поважная, Э.Л. Должен ли врач учитывать влияние климатических факторов? Размышления по поводу выхода нового монографического

издания («Аридная медицина» З.Р. Зунунова, И.Х. Нурова, С.З. Зунуновой) / Э.Л. Поважная // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры. – 2018. – Т. 95. – № 1. – С. 60-63. DOI: 10.17116/kurort201895160-63.
9. Объективная оценка применения спелеоклиматических камер из природного сильвинита в профилактике и лечении / А.Н. Бохан, Е.В. Владимирский, Ю.В. Горбунов [и др.] // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры. – 2021. – Т. 98. – № 3-2. – С. 51-52. DOI: 10.17116/kurort20219803221.
10. Munteanu, C. Speleotherapy – scientific relevance in the last five years (2013–2017): A systematic review / C. Munteanu // Balneo Research Journal. – 2017. – Vol. 8. – No. 4. – P. 252-254. DOI: 10.12680/balneo.2017.161.
11. Семилетова, В.А. Спелеотерапия: статистический обзор статей за 2017-2022 гг. / В.А. Семилетова // International Journal of Medicine and Psychology. – 2022. – Т. 5. – № 6. – С. 109-117.
12. Файнбург, Г.З. Сильвинитовые спелеоклиматические камеры: механизмы действия и потенциал возможностей для немедикаментозного восстановления здоровья / Г.З. Файнбург, Л.В. Михайловская, С.Х. Хабибуллин // Безопасность и охрана труда. – 2025. – № 1(102). – С. 17-23.
13. Dorokhov, E.V. Speleoclimatotherapy: Psychophysiological Mechanisms of Influence on the Organism of a Healthy Person / E.V. Dorokhov, V.A. Semiletova // Human Physiology. – 2024. – Vol. 50. – No. 3. – P. 315-320. DOI: 10.1134/S0362119723600583.
14. Семилетова, В.А. Изменение параметров зрительных вызванных потенциалов на вспышку под влиянием спелеотерапии / В.А. Семилетова // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2022. – Т. 19. – № 3. – С. 48-51. DOI: 10.19163/1994-9480-2022-19-3-48-51.
15. Верихова, Л.А. Концептуальные основы и результаты нетрадиционного использования калийных солей Верхнекамского месторождения для целей спелеотерапии и спелеоклиматотерапии / Л.А. Верихова // Материалы I Междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы охраны труда и безопасности производства, добычи и использования калийно-магниевых солей», Пермь, 14-15 мая 2018 г.; под ред. Г.З. Файнбурга. – Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2018. – С. 393-415.
16. Замулина, Е.В. Особенности зрительных, слуховых и когнитивных вызванных потенциалов головного мозга у спортсменов: автореф. дис. … канд. мед. наук: спец. 03.00.13 / Елена Владимировна Замулина. – Томск, 2008. – 21 с.
17. Семилетова, В.А. Прогностические модели вероятности снижения латентностей волн зрительных вызванных потенциалов на вспышку под влиянием спелеотерапии / В.А. Семилетова, А.А. Присный // Сибирский журнал аграрных и жизненных наук. – 2024. – Т. 16. – № 5. – С. 411-425.

REFERENCES

1. Vojtenkov V.B., Skripchenko N.V., Klimkin A.V. et al. Neurophysiological methods as a tool of neurorehabilitation efficacy monitoring in children. *Resort Medicine*, 2016, no. 2, pp. 23-26. (in Russ.)
2. Fainburg G.Z., Mikhaylovskaya L.V. Impact effects of potassium-magnesium salts aerodispersed air media per human body. *Safety and labor protection*, 2021, no. 4(89), pp. 65-70. DOI: 10.54904/52952_2021_4_65. (in Russ.)
3. Shcherbinskaya L.S., Zelenko A.V., Sinyakova O.K., et al. Modern approaches to non-pharmaceutical correction methods of the body based on the example of speleotherapy used in occupational medicine practice. *Occupational health and human ecology*, 2017, no. 2(10), pp. 20-23. (in Russ.)
4. Zherebtsova V.A., Savel'ev V.V., Korzhuk N.L.et al. Factor analysis of the latency to medium and long-latent evoked potentials at the flash of light. *Izvestiya Tula State University. Technical sciences*, 2013, no. 9-2, pp. 259-268. (in Russ.)
5. Koshelev D.I., Galautdinov M.F., Vakhmyanina A.A. The practice of the application of the flash visual evoked potentials for the visual system's evaluation. *Vestnik Orenburg State University*, 2014, no. 12 (part 1), pp. 181-187. (in Russ.)
6. Makarova I.I., Ignatova Yu.P., Markova K.B. Evoked brain potentials as bioelectrical phenomenon reflecting the functional state of the nervous system. *Verkhnevolzhsky Medical Journal*, 2016, vol. 15, no. 3, pp. 29-36. (in Russ.)
7. Borodina U.V. Use of the evoked potentials method to estimate parameters of the stimulus. *Yaroslavl Pedagogical Bulletin*, 2012, no. 3(4), pp. 149-153. (in Russ.)
8. Povazhnaya E.L. Should a doctor take into consideration the influence of climatic factors? Deliberations on the occasion of the publication of a new monograph (the book of essays of arid medicine by Z.R. Zununov, I.H. Nurov, and S.Z. Zununova). *Problems of balneology, physiotherapy, and exercise therapy*, 2018, vol. 95, no. 1, pp. 60-63. DOI: 10.17116/kurort201895160-63. (in Russ.)
9. Bokhan A.N., Vladimirskij E.V., Gorbunov Yu.V. et al. Objective evaluation of natural

sylvinite-based spelaeoclimate chambers in preventative care and therapy. *Problems of balneology, physiotherapy, and exercise therapy*, 2021, vol. 98, no. 3-2, pp. 51-52. DOI: 10.17116/kurort20219803221. (in Russ.)
10. Munteanu C. Speleotherapy – scientific relevance over the past five years (2013-2017): A systematic review. *Balneo Research Journal*, 2017, vol. 8, no. 4, pp. 252-254. DOI: 10.12680/balneo.2017.161.
11. Semiletova V.A. Speleotherapy: statistical review of articles for 2017-2022. *International Journal of Medicine and Psychology*, 2022, vol. 5, no. 6, pp. 109-117. (in Russ.)
12. Fainburg G.Z., Mikhaylovskaya L.V., Khabiullin S.Kh. Sylvinite speleoclimatic rooms: mechanisms of action and capacity for non-drug health recovery. *Safety and labor protection*, 2025, no. 1(102), pp. 17-23. (in Russ.)
13. Dorokhov E.V., Semiletova V.A. Speleoclimatotherapy: psychophysiological mechanisms influencing the organism of a healthy individual. *Human Physiology*, 2024, vol. 50, no. 3, pp. 315-320. DOI: 10.1134/S0362119723600583.
14. Semiletova V.A. Changes in the parameters of visual event potentials to a flash under the influence of speleotherapy. *Journal of Volgograd State Medical University*, 2022, vol. 19, no. 3, pp. 48-51. DOI: 10.19163/1994-9480-2022-19-3-48-51. (in Russ.)
15. Verikhova L.A. Improvement the for aims of the speleotherapy and spelepclimatetherapy. Materials of the First International Scientific and Practical Conference “Current Issues of Labor Protection and Industrial Safety, Extraction and Usage of Potassium-Magnesium Salts” (Perm, May 14-15, 2018). G.Z. Fainburg, ed. Perm: Perm National Research Polytechnic University Publ., 2018, pp. 393-415. (in Russ.)
16. Zamalina E.V. Specific features of visual, auditory, and cognitive evoked brain potentials in athletes. An author’s abstract. Tomsk, 2008. 21 p. (in Russ.)
17. Semiletova V.A., Prisnyj A.A. Predictive models of the probability of reducing the latencies of visual evoked potentials for the flash under the influence of speleotherapy. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2024, vol. 16, no. 5, pp. 411-425. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Вера Алексеевна Семилетова – доцент, Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко, Воронеж, e-mail: vera2307@mail.ru.
Ульяна Владимировна Точенова – студент, Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко, Воронеж, e-mail: uliana.tochenova.05@mail.ru.
Светлана Михайловна Панкова – ассистент, Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко, Воронеж, e-mail: sazykina.93@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Vera A. Semiletova – Associate Professor, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh, e-mail: vera2307@mail.ru.
Ulyana V. Tochenova – Student, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh, e-mail: uliana.tochenova.05@mail.ru.
Svetlana M. Pankova – Assistant, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh, e-mail: sazykina.93@mail.ru.

Для цитирования: Семилетова, В.А. Изменение параметров зрительных вызванных потенциалов на вспышку у взрослых здоровых лиц при кратковременном влиянии спелеоклимата / В.А. Семилетова, У.В. Точенова, С.М. Панкова // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_18

For citation: Semiletova V.A., Tochenova U.V., Pankova S.M. Change in parameters of flash visual evoked potentials in healthy adult subjects under short-term speleoclimate influence. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_18

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_19
УДК 612.014.32

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_19
UDC 612.014.32

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕПЕРСОНИФИЦИРОВАННЫХ ДАННЫХ ДИСПАНСЕРИЗАЦИИ ДЛЯ ДОНОЗОЛОГИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ И ОЦЕНКИ РЕСУРСОВ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

Л.А. Сысоева, О.Л. Ляхова, О.А. Мезенцева, А.М. Ефанов
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Основным капиталом государства является «капитал здоровья», который, как и любой капитал, требует оценки своих ресурсов. ***Методы.*** Используя полученные в ходе диспансерного обследования неперсонифицированные значения частоты пульса и лейкоцитарной формулы, с помощью методов донозологической диагностики Л.А. Коневских и Л.Х. Гаркави проведено определение уровня здоровья в случайных выборках взрослого населения, детей и подростков г. Орла. ***Результаты.*** Сравнительно высокий ресурс здоровья у взрослого населения выявлен в группе от 22 до 45 лет. Обнаружено заметное снижение этого ресурса в старших возрастных группах. Среди детей до 85,8% определены к категории здоровые. 35,5% подростков входят в зону риска перехода к состоянию предболезни и болезни. ***Заключение.*** Проведенное исследование показало, что базовые показатели состояния организма, полученные при диспансерном обследовании, могут быть использованы для донозологической диагностики и получения ориентировочной информации о ресурсах здоровья населения.
Ключевые слова: ресурс здоровья, уровень здоровья, донозологическая диагностика, адаптационный потенциал, оценка здоровья.

ON THE POSSIBILITY OF USING NON-PERSONALIZED DISPENSARY DATA FOR PRE-NOSOLOGICAL DIAGNOSTICS AND ASSESSMENT OF POPULATION HEALTH RESOURCES

L.A. Sysoeva, O.L. Lyakhova, O.A. Mezentseva, A.M. Efanov
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The main capital of the state is the “health capital”, which, like any other capital, requires an assessment of its resources. ***Methods.*** Using the non-personalized values of heart rate and leukocyte formula obtained during the dispensary examination, the level of health was identified in random samples of the adult population, children, and adolescents in Orel using the methods of pre-nosologigal diagnostics developed by L.A. Konevskikh and L.Kh. Garkavi. ***Results.*** A relatively high health resource was identified in the adult population aged 22 to 45. A noticeable decrease in this resource has been found in older age groups. Among children, up to 85.8% were classified as healthy. 35.5% of adolescents were at risk of transitioning to a pre-disease or disease state. ***Conclusion.*** The study showed that the basic indicators of the body’s condition obtained during a dispensary examination can be used for pre-nosological diagnostics and obtaining approximate information about the public health resources.
Keywords: health resource, health level, pre-nosological diagnostics, adaptive potential, health assessment.

Введение. Здоровье является непреходящей ценностью как для отдельного человека, так и для государства. Недооценка роли здоровья чревата снижением рождаемости, продолжительности жизни, повышением смертности, падением качества жизни и приводит к замедлению социально-экономического развития общества [1]. Значимость здоровья для государства с точки зрения новой развивающейся науки под названием «Экономика здоровья» определяется понятием «капитал здоровья». Как и любой капитал, он требует оценки своих ресурсов. Основная роль в оценке ресурсов здоровья отводится системе здравоохранения. Однако в силу своего диагнозцентрированного подхода она не в полной мере решает эту задачу, поскольку обеспечивает информацией только о патологии. Проводимая министерством

здравоохранения диспансеризация нередко сводится к формальному измерению артериального давления, пульса, биохимических исследований и не предполагает комплексного анализа адаптационных возможностей организма. В результате из поля зрения профилактической медицины выпадает целая категория людей с состоянием предболезни, при котором физиологические изменения не выходят за пределы нормы, но могут служить основой для развития патологии. Между тем раннее выявление нарушений и начальных признаков возникновения различных заболеваний позволяет затрачивать меньше времени и средств на лечение и реабилитацию.

Решению вопроса оценки резервов здоровья способствует использование методов донозологической диагностики. В силу своей методологии они позволяют количественно и качественно определять уровень здоровья и тем самым оценить распространенность пограничных состояний, которые не учитываются методами традиционной медицины.

На сегодняшний день в распоряжении превентивной медицины имеется немало донозологических методов. К числу наиболее распространенных, апробированных при массовых обследованиях следует отнести метод диагностики функциональных состояний организма, разработанный Р.М. Баевским. В его основе лежит представление о том, что функциональное состояние, а, следовательно, и уровень здоровья во многом определяется адаптационными возможностями организма, которые, в свою очередь, зависят от функциональных резервов и состояния регуляторных систем. С учетом оценки функциональных резервов и регуляторных механизмов была разработана классификация уровней здоровья, согласно которой выделяются физиологическая норма, донозологическое, преморбидное и патологическое состояния. На основе данной классификации была разработана качественная шкала оценки уровня здоровья – «Светофор» [2].

Достоинством методологии донозологической диагностики, разработанной Р.М. Баевским, является то, что помимо аппаратурной оценки функциональных состояний имеется возможность определения уровня здоровья с помощью уравнения множественной регрессии, позволяющего оценить адаптационный потенциал по набору таких доступных показателей, как частота сердечных сокращений, артериальное давление, рост, масса тела и возраст [3]. Близким и еще более простым является способ оценки адаптационного потенциала, разработанный Л.А. Коневских с соавторами. Данный расчетный метод предлагает определение адаптационного потенциала с использованием только частоты пульса [4].

Еще одним доступным для массовых исследований методом донозологической диагностики, не требующим дополнительных материальных затрат, является разработанный Л.Х. Гаркави, Е.Б. Квакиной, М.А. Уколовой метод оценки неспецифических адаптационных реакций по показателям лейкоцитарной формулы, определение которой является обязательной при диспансеризации. В качестве сигнальных показателей адаптационной реакции организма авторами предложено использовать процентное содержание лимфоцитов, которое в совокупности с содержанием остальных лейкоцитов периферической крови является наиболее информативным показателем обобщенного функционального состояния организма. В зависимости от содержания лимфоцитов выделяются следующие типы адаптационных реакций: тревога, спокойная и повышенная активация, стресс и переактивация. Содержание других элементов лейкоцитарной формулы рассматривается как показатель уровня реактивности, который отражает степень напряжения регуляторных механизмов и оценивается как высокий, средний, низкий и очень низкий. Чем ниже уровень реактивности в каждой реакции, тем больше выражены признаки напряженности, свидетельствующие о рассогласовании работы подсистем организма. С учетом типа адаптационных реакций и уровня реактивности функциональное состояние оценивается в категориях «здоровье», «предболезнь», «болезнь» [5].

Следует также отметить, что в последнее время заметно повысился интерес органов управления здравоохранением к

результатам донозологических обследований подконтрольного населения как информационной основе для планирования своей деятельности в сфере проведения оздоровительно-профилактических мероприятий. В связи с этим разработка и внедрение в практику способов донозологической диагностики функциональных нарушений рассматриваются как одни из приоритетных задач здравоохранения [6].

Цель настоящего исследования – оценить возможность использования неперсонифицированных данных диспансеризации для получения информации об уровне (ресурсах) здоровья населения с помощью доступных уже на этапе доврачебного контроля методов донозологической диагностики.

Методы и организация исследования. Материалом исследования послужили неперсонифицированные данные измерения гемодинамических показателей случайной выборки жителей г. Орла (99 мужчин и 207 женщин), прошедших профилактический медицинский осмотр на базе центра здоровья консультативной поликлиники Орловской областной клинической больницы в рамках ежегодной диспансеризации населения, а также лейкоцитарные формулы 158 детей и подростков, обратившихся в детскую поликлинику № 1 г. Орла в связи с поступлением в детские дошкольные, школьные и спортивные учреждения.

Анализ результатов оценки лейкоцитарной формулы детей и подростков проводился по группам, сформированным с учетом возрастной периодизации онтогенеза человека. Анализ результатов обследований взрослого населения также проводился по возрастным группам, сформированным с учетом обсуждаемого переноса возраста молодости к 40-44 годам. Были выделены следующие группы: 22-30 лет, 31-45 лет, 46-60 лет, 61-75 лет.

Гемодинамические показатели (артериальное давление, пульс) и лейкоцитарная формула определялись традиционными методами.

Измерение артериального давления (АД) проводилось по методу Н.С. Короткова механическим тонометром фирмы «B.WellPRO-63» в положении сидя. Оценка значений артериального давления осуществлялась с учетом классификации уровней артериального давления, рекомендованных Всемирной организацией здоровья и международным обществом гипертонии (МОГ) [7].

Частота пульса (уд/мин) определялась пальпаторным методом на лучевой артерии за 1 минуту.

Оценка уровня здоровья проводилась по значениям адаптационного потенциала (АП), который определялся по формуле, предложенной Л.А. Коневских [4].

Полученные в результате расчета значения АП интерпретировались согласно установленным критериям оценки. При значении АП менее 7,2 баллов уровень адаптации оценивался как удовлетворительный, при АП от 7,21 до 8,24 баллов – как напряжение механизмов адаптации, при АП от 8,25 до 9,85 баллов – как неудовлетворительная адаптация, при АП более 9,86 баллов – как срыв механизмов адаптации.

Для оценки неспецифических адаптационных реакций использовались неперсонифицированные данные подсчета лейкоцитарных формул на мазках крови, окрашенных по методу Романовского-Гимза. Идентификация лейкоцитов производилась на основании морфологических признаков, описанных в литературе [8]. Подсчет лейкоцитарной формулы осуществлялся под световым микроскопом при учете 100 клеток.

Тип адаптационных реакций определялся по методу Л.Х Гаркави с учетом критериев, представленных в таблице 1.

Уровень реактивности (высокий, средний, низкий и очень низкий) определялся по степени напряженности адаптационных реакций, которая оценивалась по соотношению других элементов лейкоцитарной формулы в соответствии с критериями, разработанными Л.Х. Гаркави [9]. С учетом обоих показателей типа адаптационной реакции и уровня реактивности состояние организма оценивалось в категориях «здоровье», «предболезнь», «болезнь».

Категория «здоровье» соответствует реакции повышенной и спокойной активации высоких и средних уровней реактивности, а также реакции тренировки высоких уровней реактивности.

Таблица 1

Критерии адаптационных реакций по процентному содержанию лимфоцитов в периферической крови (по Л.Х. Гаркави с соавт.), %

Возраст	Реакции				
	Стресс	Тренировка	Спокойная активация	Повышенная активация	Переактивация
3-5 лет	<29,5	29,5-37,5	38-45	45,5-57	>57
6-9 лет	<25	25-32	32,5-40	40,5-51	>51
10-13 лет	<23	23-30	30,5-38	38,5-48	>48
14-16 лет	<21	21-28,5	29-36	36,5-46	>46
Старше 16 лет	<20	20-27,5	28-34	34,5-40-44	40-44, индивидуально

Состояние «предболезнь» отражает реакции повышенной и спокойной активации низких уровней реактивности, реакцию тренировки средних уровней реактивности, реакцию стресса высоких уровней реактивности, реакцию переактивации.

Состоянию «болезнь» соответствуют реакции стресса средних и низких уровней реактивности, переактивации низких уровней реактивности или все реакции организма очень низких уровней реактивности.

При оценке состояния детей и подростков учитывалось, что в отличие от взрослых реакция тренировки нормой не является и свидетельствует о снижении уровня здоровья [9].

Статистическая обработка данных включала расчет средних арифметических значений и ошибки среднего (M±m). Достоверность различий определялась с помощью t-критерия Стьюдента при $p \leq 0,05$. Нормальность распределения определялась по критерию Шапиро-Уилка. Обработка данных проводилась с использованием программы Statistica 10 для Windows и пакета Microsoft Excel 2010.

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты оценки адаптационного потенциала и соответствующего величине адаптационного потенциала функционального состояния в случайной выборке взрослых жителей города Орла представлены в таблице 2.

Как видно из данных таблицы 2, в общей случайной выборке взрослых жителей г. Орла основную группу (63,2%) составили жители с состоянием удовлетворительной адаптации (физиологической нормы), которое характеризуется наличием достаточных функциональных резервов и отсутствием напряжения регуляторных механизмов. По шкале «Светофор» это состояние относится к зеленой зоне и отражает высокий уровень и резерв здоровья. 34% жителей демонстрировали напряжение адаптации (донозологическое состояние), при котором физиологические показатели находятся в пределах нормы благодаря напряжению регуляторных механизмов. Неудовлетворительная адаптация (преморбидное состояние), которая характеризуется снижением функциональных резервов и выраженным напряжением систем регуляции, регистрировалась у 8,2% обследованных. Донозологическое и преморбидное состояния относятся к желтой зоне шкалы «Светофор». Лица (42,2%), попадающие в желтую зону, имеют пониженный уровень здоровья и требуют динамического наблюдения и оздоровления с помощью как традиционных, так и специальных методов. У 4,6% обследованных жителей диагностировался срыв адаптации, который по шкале «Светофор» относится к красной зоне и является результатом значительного снижения функциональных резервов и истощения систем регуляции.

Возрастной анализ распределения обследованных жителей демонстрирует ожидаемое закономерное снижение с возрастом адаптационного потенциала, а значит и резерва здоровья. Как видно, больше всего (от 71,4% до 81,2%) лиц с состоянием удовлетворительной адаптации регистрируется в возрастных группах 22-30

лет и 31-45 лет. Средние значения адаптационного потенциала в этих группах отражают преобладание состояний, соответствующих физиологической норме, то есть высокому уровню здоровья. После 45 лет в возрастной группе 46-60 лет отмечается заметное (на 22,8%) сокращение доли жителей с удовлетворительной адаптацией (до 48,6%). В возрастной группе 61-75 лет это снижение продолжается и достигает 28,9%, что на 19,7% меньше по сравнению с предыдущей группой и на 43,5% меньше по сравнению с группой 31-45 лет. Одновременно наблюдается увеличение доли жителей с донозологическим и преморбидным состоянием, которое достигает максимальных значений (67,8%) в возрастной группе 61-75 лет. При этом в возрастной группе 46-60 лет по сравнению с молодыми группами происходит достоверное увеличение значений адаптационного потенциала до величин, соответствующих напряжению адаптации (донозологическое состояние, АП – 7,21-8,24 усл.ед.).

Таблица 2

Процентное распределение жителей г. Орла по адаптационному потенциалу, %

Возрастные группы населения	Распределение по адаптационному потенциалу в процентах			
	Удовлетворительная адаптация (физиологическая норма)	Напряжение адаптации (донозологическое состояние)	Неудовлетворительная адаптация (реморбидное состояние)	Срыв адаптации (патологическое состояние)
22-30 лет (n=56)	82,1	14,7	2,8	0,4
31-45 лет (n=82)	71,4	22,6	5,7	0,3
46-60 лет (n=86)	48,6	39,4	10,5	1,5
61-75 лет (n=72)	28,9	45,2	22,6	3,3
Все жители (n=306)	63,2	34,0	8,2	4,6

Заметное снижение уровня здоровья в возрастной группе 46-60 лет на наш взгляд обусловлено не только возрастными изменениями, но и в немалой степени неблагоприятным влиянием последствий Чернобыльской аварии и социально-экономических условий конца 80-х, 90-х гг., на которые пришлось детство и юность данной когорты населения.

Учитывая тот факт, что наибольший вклад в снижение резерва здоровья населения вносят сердечно-сосудистые заболевания, а повышенное артериальное давление является одним из факторов распространенности этой патологии, представляло определенный интерес проанализировать показатели артериального давления с учетом адаптационного потенциала и, соответственно, уровня здоровья жителей. По результатам сопоставления адаптационного потенциала и систолического артериального давления (САД) в возрастных группах 22-30 (7,06±0,03 усл.ед.) и 31-45 (7,12±0,05 усл. ед) лет статистически значимых различий не выявлено, однако они были обнаружены при сравнении группами 31-45 лет и 46-60 (7,59±0,04 усл.ед) лет ($p \leq 0,05$), а также групп 46-60 лет и 61-75 (7,96±0,06 усл.ед) лет ($p \leq 0,05$).

Из таблицы 3 видно, что по мере перехода от состояния удовлетворительной адаптации к менее благоприятным состояниям напряжения адаптации, неудовлетворительной адаптации и срыва адаптации отмечается снижение доли жителей с оптимальными и нормальными значениями систолического артериального давления. При этом заметно возрастает частота встречаемости нормального повышенного давления и случаев гипертонии 1 степени с 0% в группе с удовлетворительной адаптацией, до 36,7% в группе со срывом адаптации и с 0% до 4,3% для гипертонии 2

степени. При сравнении значений систолического давления между группами, отличающимися адаптационным потенциалом, отмечается достоверное увеличение данного показателя по мере перехода в зону менее благоприятных состояний. Критические значения САД начинают регистрироваться при неудовлетворительной адаптации. Оценка значений САД с учетом адаптационного потенциала взрослых жителей г. Орла: удовлетворительная (физиологическая норма) – 117,7±2,4 мм рт.ст. ($p \geq 0,05$), напряжение (донозологическое состояние) – 127,2±3,6 мм рт.ст. ($p \leq 0,05$), неудовлетворительная (преморбидное состояние) – 142,6±3,8 мм рт.ст. ($p \leq 0,05$), срыв (патологического состояния) – 158,2±4,7 мм рт.ст. ($p \leq 0,05$).

Таблица 3

Процентное распределение жителей г. Орла по состоянию систолического артериального давления с учетом адаптационного потенциала, %

Категория адаптационного потенциала	Нормальное/ оптимальное САД	Нормальное повышенное САД	АГ 1 степени	АГ 2 степени
Удовлетворительная адаптация	88,4	11,6	0	0
Напряжение адаптации	45,2	48,6	4,2	0
Неудовлетворительная адаптация	23,3	62,4	14,3	0
Срыв адаптации	10,3	49,7	36,7	4,3

Примечание: САД – систолическое артериальное давление, АГ – артериальная гипертония.

Сходные данные о достоверном увеличении значений систолического артериального давления при переходе к донозологическому и преморбидному состояниям были получены в исследованиях А.В. Разумовского [10].

С учетом того, что адаптационный потенциал отражает в первую очередь состояние регулирующих систем организма, можно рассматривать нарастание напряжения в системе регуляции как один из показателей, предшествующих возникновению гемодинамических расстройств.

Для оценки состояния здоровья детей и подростков использовалась донозологическая диагностика с помощью метода Л.Х. Гаркави. Этот метод находит все более широкое применение в педиатрической практике благодаря тому, что «клинический анализ крови с определением лейкоцитарной формулы является обязательным и входит в план диспансеризации детского населения» [11]. По данным ряда исследований, отмечается «увеличение доли патологических реакций – стресса и переактивации, а также напряженных реакций тренировки и повышенной активации, что является причиной повышенной заболеваемости и снижения уровня здоровья современных детей» [12].

Результаты оценки неспецифических адаптационных реакций у детей и подростков города Орел представлены в таблице 4.

Как видно из данных, представленных в таблице 4, возрастная группа 4-7 лет, соответствующая периоду первого детства, отличается от остальных наличием у всех обследуемых реакций активации, которые у большинства (85,8%) осуществляются на высоком и среднем уровне реактивности, и только у 14,2% – на низком уровне. В остальных возрастных группах наряду с реакциями активации регистрируются неблагоприятные реакции переактивации с наибольшей долей (16,7%) среди детей 8-12 лет. При этом среди подростков помимо 11,9% случаев реакций переактивации у 19% отмечаются реакции тренировки и даже единичные случаи (2,4%) стресс-реакций.

Таблица 4

Процентное распределение детей и подростков г. Орла по типу адаптационных реакций и уровню реактивности, %

Тип	Реакция тренировки			Реакция спокойной активации			Реакция повышенной активации			Реакция переактивации			Стресс		
	в	с	н	в	с	н	в	с	н	в	с	н	в	с	н
1-3 года (n=30)	–	–	–	–	33,3	–	44,4	–	11,1	–	11,1	–	–	–	–
4-7 лет (n=33)	–	–	–	52,4	9,4	–	19,2	4,8	14,2	–	–	–	–	–	–
8-12 лет (n=44)	–	–	–	29,1	–	4,2	41,7	–	8,3	–	16,7	–	–	–	–
13-16 лет (n=62)	2,4	7,1	9,5	9,5	38,1	–	16,7	–	2,4	–	7,1	4,8	–	2,4	–

Примечание: в – высокий уровень реактивности; с – средний уровень реактивности; н – низкий уровень реактивности.

Реакции активации высоких и средних уровней реактивности выявлялись у 77,7% детей, относящихся к периоду раннего детства (1-3 года), у 70,8% детей, относящихся к периоду второго детства (8-12 лет) и у 64,4% подростков в возрасте 13-16 лет. Доля детей с реакциями повышенной активации низких уровней реактивности составила 11,1% в возрастной группе 1-3 года, 8,3% в возрастной группе 8-12 лет и 2,4% в группе подростков.

Таким образом, по результатам оценки типа неспецифических адаптационных реакций и уровня реактивности, к категории «здоровые» могут быть отнесены большинство детей и подростков, у которых регистрировались реакции спокойной и повышенной активации высоких и средних уровней реактивности. При этом наибольший процент (85,8%) детей с устойчивым состоянием здоровья приходится на период 1-го детства (4-7 лет). В подростковом возрасте доля здоровых подростков самая низкая и не превышает 64,4%.

В зону риска перехода к состоянию предболезни и болезни следует отнести 35,6% подростков, у которых регистрировались реакции тренировки, переактивации, реакции повышенной активации с низким уровнем реактивности и даже реакции стресса. Такой высокий процент подростков с неблагоприятными адаптационными реакциями в значительной степени может быть обусловлен особенностями этого возрастного периода, который характеризуется нестабильностью нейрогуморальной регуляции, провоцирующей функциональные расстройства и распространение пограничных соматических и психических состояний. Немаловажно также, что на подростковый период приходится формирование стереотипов поведения, вредных привычек, влияющих на здоровье.

В зону риска также попадают 22,2% детей в возрасте от 1 до 3 лет, 14,2% детей в возрасте от 4 до 7 лет и 25% детей в возрасте от 8 до 12 лет, у которых определялись реакции переактивации и реакции повышенной активации низких уровней реактивности. Наличие детей с неблагоприятными адаптационными реакциями в возрастной группе от 1 до 3 лет может отражать незрелость регуляторных систем организма, а в группе детей от 8 до 12 лет может быть обусловлено неблагоприятным влиянием факторов образовательной среды.

Заключение. В настоящее время все более осознанным является понимание того, что основным капиталом государства является «капитал здоровья», который, как и любой капитал, требует оценки своих ресурсов. Одним из показателей резерва и уровня здоровья являются адаптационные возможности организма и состояние систем регуляции. С помощью способа определения адаптационного потенциала Л.А. Коневских было установлено, что в случайной выборке взрослых жителей г. Орла, прошедших профилактическое обследование, только 63,2% имеют значения,

соответствующие оценке «физиологическая норма (удовлетворительная адаптация)». При этом наиболее высокий процент населения с высоким адаптационным потенциалом, а, следовательно, и с высоким уровнем здоровья регистрировался в возрастной группе от 22 до 30 лет. После 45 лет отмечается заметное снижение числа жителей с высоким уровнем здоровья, которое достигает минимальных значений в возрастной когорте от 61 до 75 лет.

Установлено, что при переходе к донозологическому и преморбидному состояниям отмечается достоверное увеличение САД, что позволяет рассматривать нарастание напряжения в системе регуляции как один из показателей, предшествующих возникновению гемодинамических расстройств.

Оценка уровня здоровья детей и подростков с помощью метода Л.Х. Гаркави показала, что большинство детей имеют благоприятные адаптационные реакции и могут быть отнесены к категории здоровые. При этом наибольшая доля здоровых детей приходится на период первого детства (4-7 лет).

Наибольшая распространенность неблагоприятных адаптационных реакций с риском перехода к состоянию предболезни и болезни регистрируется среди подростков. С учетом данных о социальной значимости проблемы донозологических состояний среди подростков полученные результаты заслуживают внимания всех структур, обеспечивающих медико-психологическое сопровождение этой категории населения. Получены результаты, указывающие на обратимый характер донозологических состояний и возможность эффективной целенаправленной их коррекции [13].

В целом полученные результаты продемонстрировали наличие сравнительно высокого ресурса здоровья у взрослого населения г. Орла в возрастной когорте от 22 до 45 лет и заметное снижение этого ресурса в старших возрастных группах.

Проведенное исследование показало, что базовые показатели состояния организма, полученные при диспансерном обследовании, могут без дополнительных материальных затрат использоваться для донозологической диагностики и получения ориентировочной информации о ресурсах здоровья подконтрольного населения.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Земцов, А.А. Здоровье домохозяина: экономические аспекты и методы оценки / А.А. Земцов, А.В. Илларионов // Вестник Томского государственного университета. – 2013. – № 2(22). – С. 18-33.
2. Баевский, Р.М. Донозологическая диагностика / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева // Cardiometry. – 2017. – № 10. – С. 55-63.
3. Баевский, Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риска заболеваний / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – М.: Медицина, 1997. – 265 с.
4. Патент RU 2314019 C2, МПК A61B 5/02 Способ оценки адаптационного потенциала: патент: N 2006101839/14; заявл: 23.01.2006; опубл: 10.01.2008 / Л.А. Коневских, И.Е. Оранский, Е.И. Лихачева.
5. Гаркави, Л.Х. Адаптационные реакции и резистентность организма / Л.Х. Гаркави, М.А. Уколова, Е.Б. Квакина. – Ростов-на-Дону: Изд-во Рост. ун-та, 1990. – 224 с.
6. Курзанов, А.Н. Функциональные резервы организма: монография / А.Н. Курзанов, Н.В. Заболотских, Д.В. Ковалев. – М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2016. – 96 с.
7. Диагностика и лечение артериальной гипертензии (Рекомендации Российского медицинского общества по артериальной гипертонии и Всероссийского научного общества кардиологов) / И.Е. Чазова, Л.Г. Ратова, С.А. Бойцов [и др.] / Журнал «Системные гипертензии». – 2010. – № 3. – С. 5-26.
8. Кисляк, Н.С. Клетки крови у детей в норме и патологии / Н.С. Кисляк, Р.В. Ленская. – М.: Медицина, 1978. – 256 с.
9. Адаптационные реакции и уровни реактивности как эффективные диагностические показатели донозологических состояний / Л.Х. Гаркави, Г.Н. Толмачев, Н.Ю. Михайлов [и др.] // Вестник ЮНЦ. – 2007. – Т. 3. – № 1. – С. 61-66.
10. Возможности восстановления адаптационного потенциала организма при донозологических состояниях / А.В. Разумовский, А.В. Дмитроченков, А.К. Мартусевич, Л.И. Исаева // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 3. URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=24652 (дата обращения: 12.12.2025).
11. Тишкина, И.С. Профилактические программы у часто болеющих детей раннего детства в условиях первичного звена: дис. … канд. мед наук / Ирина Сергеевна Тишкина. – М.: Рос. нац. исслед. мед. ун-т им. Н.И. Пирогова, 2015. – 119 с.
12. Новые возможности повышения качества здоровья часто болеющих детей / Л.И. Ильенко,

И.Н. Холодова, Т.Н. Сырьева [и др.] // РМЖ. – 2008. – Т. 16. – № 18. – С. 1166-1169.
13. Кушнир, С.М. Социальная значимость донозологических состояний в формировании здоровья подростков / С.М. Кушнир, Л.К. Антонова // Российский педиатрический журнал. – 2022. – № 3(1). – С. 170.

REFERENCES

1. Zemtsov A.A., Illarionov A.V. Health of a Housewife: Economic Aspects and Assessment Methods. *Tomsk State University Journal*, 2013, no. 2(22), pp. 18-33. (in Russ.)
2. Baevsky R.M., Berseneva A.P. Pre-nosology diagnostics. *Cardiometry*, 2017, no. 10, pp. 55-63. (in Russ.)
3. Baevsky R.M., Berseneva A.P. Assessment of the Body's Adaptation Capabilities and the Risk of Diseases. Moscow: Medicine, 1997. 265 p. (in Russ.)
4. Konevskikh L.A., Oransky I.E., Likhacheva E.I. Method for Assessing Adaptation Potential. Patent RU 2314019 C2, 2008. (in Russ.)
5. Garkavi L.Kh., Ukolova M.A., Kvakina E.B. Adaptation reactions and body resistance. Rostov-on-Don: Rostov University Press, 1990. 224 p. (in Russ.)
6. Kurzanov, A.N., Zabolotskikh N.V., Kovalev D.V. Functional reserves of the body: a monograph. Moscow: Publishing House of the Academy of Natural Sciences, 2016. 96 p. (in Russ.)
7. Chazova I.E., Ratova L.G., Bojtsov S.A., Nebieridze D.V., Karpov Yu.A., Belousov Yu.B. et al. Diagnosis and treatment of arterial hypertension (Guidelines of the Russian Medical Arterial Hypertension Society and the All-Russian Scientific Society of Cardiology). *Systemic Hypertension Journal*, 2010, no. 3, pp. 5-26. (in Russ.)
8. Kislyak N.S., Lenskaya R.V. Blood cells in children in norm and pathology. Moscow: Meditsina, 1978. 256 p. (in Russ.)
9. Garkavi L.H., Tolmachev G.N., Mikhailov N.Y., Esipov Yu.V., Benia F.M. Adaptation reactions and levels of reactivity as effective diagnostic indices of prenosological states. *Vestnik SSC RAS*, 2007, vol. 3, no. 1, pp. 61-66. (in Russ.)
10. Razumovsky A.V., Dmitrochenkov A.V., Martusevich A.K., Isaeva L.I. Possibilities of the restoration of organism adaptation potential at prenosological disorders. *Modern problems of science and education*, 2016, no. 3. Available at: https://science-education.ru/ru/article/view?id=24652 (accessed 12.12.2025). (in Russ.)
11. Tishkina I.S. Preventive programs in frequently ill children of early childhood in primary care: an author's dissertation. Moscow: Pirogov Russian National Research Medical University, 2015. 119 p. (in Russ.)
12. Ilyenko L.I., Kholodova I.N., Syryeva T.N. et al. New opportunities for improving the health of frequently ill children. *RMJ*, 2008, vol. 16, no. 18, pp. 1166-1169. (in Russ.)
13. Kushnir S.M., Antonova L.K. Social importance of pre-nosological conditions in adolescent health development. *Russian Pediatric Journal*, 2022, no. 3(1), p. 170. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Лидия Алексеевна Сысоева – доцент, Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, Орел, e-mail: klidiya.sysoeva@mail.ru.
Ольга Леонидовна Ляхова – доцент, Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, Орел, e-mail: ol-lyakho@yandex.ru.
Ольга Александровна Мезенцева – доцент, Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, Орел, e-mail: lilipop87@mail.ru.
Александр Михайлович Ефанов – доцент, Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, Орел, e-mail: amefanov@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Lidia A. Sysoeva – Associate Professor, Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, e-mail: klidiya.sysoeva@mail.ru.
Olga L. Lyakhova – Associate Professor, Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, e-mail: ol-lyakho@yandex.ru.
Olga A. Mezentseva – Associate Professor, Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, e-mail: lilipop87@mail.ru.
Aleksandr M. Efanov – Associate Professor, Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, e-mail: amefanov@yandex.ru.

Для цитирования: О возможности использования неперсонифицированных данных диспансеризации для донозологической диагностики и оценки ресурсов здоровья населения / Л.А. Сысоева, О.Л. Ляхова, О.А. Мезенцева, А.М. Ефанов // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_19

For citation: Sysoeva L.A., Lyakhova O.L., Mezentseva O.A., Efanov A.M. On the possibility of using non-personalized dispensary data for pre-nosological diagnostics and assessment of population health resources. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_19

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_20
УДК 612.176.4; 796.015.686

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_20
UDC 612.176.4; 796.015.686

ВЛИЯНИЕ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА НА ПОКАЗАТЕЛИ АНАЭРОБНОЙ ВЫНОСЛИВОСТИ И ТИПЫ РЕАКЦИЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА НА КЛИНООРТОСТАЗ У ФУТБОЛИСТОВ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ ПОДГОТОВКИ

П.А. Терехов, Т.М. Брук, Е.А. Киндюхин
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Смоленский государственный университет спорта», г. Смоленск, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Целью статьи было изучение влияния тренировочного процесса на показатели анаэробной выносливости и типов реакций вариабельности сердечного ритма на клиноортостаз у футболистов с разным уровнем подготовки. ***Методы.*** В исследовании приняло участие 22 профессиональных футболиста города Смоленска. Применялись методы анализа вариабельности сердечного ритма, велоэргометрическое тестирование. ***Результаты*** показали, что у высококвалифицированных спортсменов значительное повышение результата происходило за счет большего напряжения регуляторных систем, парадоксальных реакций на клиноортостаз с переходом в крайние типы вегетативной регуляции. У атлетов резервного состава меньшие темпы прироста сопровождались гипертрофированными и сниженными реакциями на гравитационный стресс. ***Заключение.*** Полученные данные требуют снижения объема нагрузок перед соревновательным периодом у высококвалифицированных футболистов.
Ключевые слова: вариабельность сердечного ритма, типы регуляции, анаэробная выносливость, клиностаз, ортостаз, футболисты.

INFLUENCE OF THE TRAINING PROCESS ON ANAEROBIC ENDURANCE INDICATORS AND TYPES OF HEART RATE VARIABILITY REACTIONS TO CLINOORTHOSTASIS IN FOOTBALL PLAYERS WITH DIFFERENT LEVELS OF TRAINING

P.A. Terekhov, T.M. Bruk, E.A. Kindyukhin
Smolensk State University of Sports, Smolensk, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The aim of this article was to study the impact of training on anaerobic endurance performance and heart rate variability responses to clinoorthostasis in football players with different levels of training. ***Methods.*** The study involved 22 professional football players from Smolensk. Heart rate variability analysis and bicycle test were used. ***The results*** have shown that highly skilled athletes demonstrated significant improvement due to greater stress on their regulatory systems and paradoxical responses to clinoorthostasis, with a transition to extreme types of autonomic regulation. Reserve athletes demonstrated lower rates of improvement, accompanied by hypertrophic and reduced responses to gravitational stress. ***Conclusion.*** The obtained data require a reduction in pre-competition training loads for highly skilled football players.
Keywords: heart rate variability, types of regulation, anaerobic endurance, clinostasis, orthostasis, football players.

Введение. Изучение типов вегетативных реакций сердечного ритма на постнагрузочный ортостаз (переход от горизонтального положения тела атлета к активному стоянию после анаэробной пробы) актуально, так как оно позволяет за одно стандартное тестирование оперативно диагностировать патологические состояния спортсмена, которые без дополнительного внешнего воздействия на организм могут возникать и развиваться в скрытой форме, бессимптомно. Эти данные имеют прогностическую значимость для оценки уровня тренированности, риска развития гипотензии и синкопе, а также для мониторинга восстановительных программ [1-3]. Выявление скрытых вегетативных нарушений особенно актуально [4, 5] для видов спорта, связанных с частыми изменениями позы (игровые виды спорта, гимнастика, борьба).

Цель работы – изучить влияние тренировочного процесса на показатели анаэробной выносливости и типы реакций вариабельности сердечного ритма на клиноортостаз у футболистов с разным уровнем подготовки.

Методы и организация исследования. В проспективном исследовании приняли участие 22 спортсмена мужского пола (18-22 лет) основного (n=11, квалификации – кандидаты в мастера спорта и I спортивного разряда) и запасного (n=11, II и III спортивного разряда) составов сборной Смоленского государственного университета спорта по футболу на специально-подготовительном этапе при подготовке к чемпионату Союза Федераций футбола «Центр». Учет игровых амплуа не проводился, поскольку защитники (n=8), полузащитники (n=8) и нападающие (n=6), участвовавшие в эксперименте, тренировались по единому плану в рамках анализируемого периода, за исключением вратарей, у которых была отдельная программа занятий с персональным тренером. Физиологического смысла их включения в исследование не было в связи с малочисленностью состава и исходно более низким уровнем специальной работоспособности в сравнении с полевыми игроками.

Последовательность диагностических мероприятий. Исследование проводилось в начале втягивающего мезоцикла (в первые 1-2 дня) и в конце контрольно-подготовительного этапа подготовки (за 7-10 дней до соревновательного периода). Для изучения влияния тренировочного процесса на функциональное состояние организма футболистов проводили регистрацию кардиоинтервалограмм (КИГ) на клиноортостатическую пробу до и после велоэргометрического теста. Время каждой записи составляло 300 секунд в положении спортсмена лежа и стоя согласно общепринятым [6, 7] рекомендациям. В работе использовались аппарат «Варикард 2.6» и программное обеспечение «Иским-6» (г. Рязань, Россия).

Далее происходил анализ принятых амплитудно-частотных и спектральных характеристик вариабельности сердечного ритма (ВСР). Учитывались следующие индикаторы: TP, мс^2 – общая мощность спектра; HF, LF, VLF мс^2 – мощность высоко-, низко- и очень низкочастотной области спектра, отражают активность парасимпатического отдела, симпато-парасимпатического барорефлекторного контроля и центральных гипоталамических механизмов регуляции; LF/HF, усл.ед. – индекс вагосимпатического равновесия; AMo, % – амплитуда моды; SI, усл.ед. – индекс напряжения; MxDMn, мс – вариационный размах КИГ.

С целью определения индивидуального профиля вегетативной регуляции сердечного ритма провели разделение участников исследования на типы ВСР согласно алгоритму, предложенному Н.И. Шлык [8].

Для определения уровня анаэробной выносливости у футболистов применялся механический велоэргометр «Ergomedic 894E Peak Bike» фирмы «Monark Exercise AB» (Швеция) с установленным [9] оптическим датчиком частоты вращения педалей, аналогово-цифровым преобразователем (с частотой приема сигнала 22 050 Гц) и персональным компьютером. После предварительной разминки участники эксперимента выполняли: длинный спринт (45 с) с 3% внешним отягощением от массы тела в динамике тренировочного мезоцикла (табл. 1-2). Учитывались следующие показатели: объем работы (А, Дж), максимальная (N_{max}, Вт) и относительная (N_{ot}, Вт/кг) мощность, коэффициент выносливости (КВ, усл.ед.), частота педалирования (обороты/мин).

Статистическая обработка материала проведена с помощью пакета программы «IBM SPSS Statistics 19» для Windows (StatSoft Inc., США). Проверка на нормальность и гомогенность распределения данных проводилась с применением критерия Шапиро-Уилка. Для количественных показателей, имеющих нормальное распределение, рассчитывались среднее арифметическое (M) и стандартное отклонение (σ). Для величин в нормально распределенных совокупностях рассчитывался t-критерий Стьюдента. При отсутствии нормального распределения вычисляли медиану с межквартильным диапазоном (Me [Q1; Q3]). Для связанных (зависимых) выборок рассчитывался T-критерий Вилкоксона, для независимых (несвязанных) выборок

применялся критерий Манна-Уитни. Для выявления динамики изменения изученных характеристик рассчитывался относительный сдвиг или «взвешенная дельта»:

$$\Delta\varepsilon=x_1-x_2/x_1*100\%,$$

где x_1 – исходное значение параметра ВСР в клиноортостазе;

x_2 – измерение того же индикатора после нагрузки (табл. 3-7) в начале и конце тренировочного мезоцикла.

Результаты исследования и их обсуждение. *Оценка специальной работоспособности футболистов с различными типами ВСР и уровнем подготовки в процессе эксперимента.* Анализ данных (табл. 1) выявил, что в начале тренировочного мезоцикла у представителей основного состава обнаружено наличие двух типов регуляции с умеренным доминированием автономного (III тип) и центрального (I тип) контуров.

Таблица 1

Оценка анаэробной выносливости футболистов основного состава с различными типами регуляции в процессе тренировочного мезоцикла, Me [Q1; Q3], M±σ

Показатели	Масса, кг	Нагр, кг	A, Дж	N_{max}, Вт	N_{ot}, Вт/кг	КВ, усл.ед.	ЧП, Об./мин
В начале тренировочного мезоцикла							
III тип (n=7)	75,6 [73,5; 76,9]	2,27 [1,87; 2,45]	16745,3 ±185,4	393,1 ±15,4	5,19 [4,83; 5,42]	0,961 ±0,014	113,4 ±2,7
I тип (n=4)	77,2 [75,1; 78,9]	2,32 [1,97; 2,45]	16125,6 ±174,5	365,2 ±12,7	4,73 [4,59; 4,81]	0,943 ±0,025	108,5 ±3,1
P<	–	–	0,05	0,05	0,05	–	0,05
В конце тренировочного мезоцикла							
IV тип (n=4)	78,1 [76,5; 79,1]	2,34 [2,15; 2,47]	17601,2 ±187,3	435,5 ±12,4	5,57 [5,24; 5,73]	0,977 ±0,015	117,3 ±2,5
III тип (n=3)	76,7 [74,2; 78,1]	2,30 [2,07; 2,42]	18045,4 ±196,2	471,5 ±14,1	6,14 [5,83; 6,35]	0,984 ±0,022	119,2 ±3,2
P<	–	–	–	0,05	0,05	–	–
II тип (n=2)	78,5 [76,7; 79,5]	2,35 [2,14; 2,43]	16573,4 ±182,4	384,2 ±14,2	4,89 [4,51; 5,04]	0,931 ±0,014	112,5 ±2,4
I тип (n=2)	77,6 [76,2; 78,3]	2,32 [2,18; 2,41]	16985,2 ±185,1	415,3 ±14,2	5,35 [5,14; 5,47]	0,956 ±0,020	115,7 ±2,1
P<	–	–	–	0,05	0,05	0,05	0,05

Примечание: Нагр – внешнее отягощение на колесо велоэргометра; A – объем работы; N_{max} – максимальная мощность; N_{ot} – относительная мощность; КВ – коэффициент выносливости; ЧП – частота педалирования.

Следует отметить, что масса тела спортсменов и величина нагрузочного отягощения существенно не различались на протяжении всего анализируемого отрезка времени (p>0,05).

У спортсменов основного состава с умеренным преобладанием центрального звена управления вегетативной нервной системой параметры объема выполненной работы были ниже на 3,7%, максимальной мощности – на 7,1%, относительной мощности – на 8,8%, частоты педалирования – на 4,3% по сравнению с атлетами с доминированием автономного контура регуляции (во всех случаях p<0,05).

В конце тренировочного цикла были обнаружены представители всех четырех вариантов вегетативной регуляции, в том числе с крайними формами их адаптационных проявлений. Наибольшие приросты в анаэробной выносливости были достигнуты у спортсменов с умеренным доминированием автономного звена регуляции. Так, в III типе параметры объема работы были выше на 6,2% (p<0,01), максимальной мощности – на 13,5% (p<0,01), относительной мощности – на 14,7% (p<0,01), коэффициента выносливости – на 2,9% (p<0,05), частоты педалирования – на 3,1% (p<0,05) по сравнению с I типом.

При анализе крайних форм адаптационных проявлений наихудшие результаты по данным 45-секундного теста были достигнуты у спортсменов с выраженным

преобладанием центрального звена вегетативной регуляции (II тип).

Представлена динамика анаэробной выносливости футболистов резервного состава. Анализ данных (табл. 2) показал, что так же, как и у лидеров, у них в начале эксперимента обнаружено наличие только двух «физиологических» [10] форм вегетативной регуляции сердечного ритма.

Спортсмены III типа в динамике тренировочного мезоцикла показали более высокие результаты в 45-секундном тесте: объем выполненной работы на 4,6-4,8%, максимальная мощность – на 6,5-9,5%, относительная мощность – на 8,7-11,3%, частота педалирования – на 3,3-4,7% в сравнении с полученными данными у представителей I типа.

К концу эксперимента крайних проявлений вегетативной регуляции сердечного ритма обнаружено не было. Однако выявлен переход трех спортсменов из III в I группу. Подобные изменения возможны [11] лишь при формировании тренировок, чрезмерности избранных нагрузок, которые превышают адаптационные возможности организма, что приводит к перенапряжению регуляторных систем. В таких случаях автономная регуляция уступает место центральному управлению, что проявляется переходом в I тип, который часто наблюдается у спортсменов-резервистов. Излишнее психоэмоциональное напряжение также активизирует лимбико-ретикулярный аппарат и высшие вегетативные центры, подавляя активность автономного контура.

Таблица 2

Оценка анаэробной выносливости футболистов запасного состава с различными типами регуляции в процессе тренировочного мезоцикла, Me [Q1; Q3], M±σ

Показатели	Масса, кг	Нагр, кг	A, Дж	N_{max}, Вт	N_{ot}, Вт/кг	КВ, усл.ед.	ЧП, Об./мин
В начале тренировочного мезоцикла							
III тип (n=6)	74,3 [72,1; 75,8]	2,23 [1,96; 2,41]	16512,7 ±182,5	376,7 ±12,5	5,06 [4,73; 5,25]	0,956 ±0,011	112,5 ±3,2
I тип (n=5)	76,1 [74,5; 77,1]	2,28 [2,03; 2,41]	15737,2 ±170,3	352,2 ±12,7	4,62 [4,73; 5,24]	0,941 ±0,015	107,2 ±2,5
P<	–	–	0,05	0,05	0,05	–	0,05
В конце тренировочного мезоцикла							
III тип (n=3)	75,8 [73,7; 76,1]	2,27 [2,07; 2,38]	17564,2 ±191,5	439,3 ±12,5	5,79 [5,53; 5,91]	0,973 ±0,015	117,1 ±2,7
I тип (n=8)	77,4 [75,1; 78,2]	2,32 [2,14; 2,41]	16716,5± 182,3	397,5 ±11,4	5,13 [4,84; 5,31]	0,950 ±0,011	113,2 ±2,4
P<	–	–	0,05	0,05	0,01	0,05	0,05

Примечание: Нагр – внешнее отягощение на колесо велоэргометра; A – объем работы; N_{max} – максимальная мощность; N_{ot} – относительная мощность; КВ – коэффициент выносливости; ЧП – частота педалирования.

Динамика вариабельности сердечного ритма футболистов основного состава с различными типами регуляции после нагрузочного клиноортостаза в процессе тренировочного мезоцикла. Оценка ВСР исключительно важна для выявления нарушений регуляции и рисков перетренированности, особенно у спортсменов с различным уровнем профессиональной подготовки. Исходя из этого, в ходе дальнейшей работы были проанализированы изменения амплитудно-частотного, спектрального анализа кардиоинтервалограмм в зависимости от индивидуально-типологических особенностей вегетативной регуляции сердечного ритма у футболистов основного и запасного составов в динамике тренировочного мезоцикла. Реакции на постнагрузочный клиностаз связаны с процессами восстановления вегетативной регуляции. Следует отметить, что в доступной литературе акцент сделан на реагировании организма спортсменов в ортостазе и прямых данных о типах реакций в горизонтальном положении тела после

гликолитического теста нет. Анализ данных (табл. 3) показал, что в начале исследования у представителей с умеренным доминированием автономного контура (III тип) на фоне нагрузочного клиностаза достоверно снизились параметры парасимпатического звена регуляции по данным вариационного размаха на 15,2% ($p<0,05$).

Таблица 3

Динамика вариабельности сердечного ритма футболистов основного состава после нагрузочного клиноортостаза с III и I типами регуляции в начале тренировочного мезоцикла, Me [Q1; Q3], M±σ

Типы ВСР	MxDMn, мс	SI, усл.ед.	AMo, %	TP, мс^2	HF, мс^2	LF, мс^2	VLF, мс^2	LF/HF, усл.ед.
Клиностаз, III тип	405,5 ±14,1	35,4 [32,7; 37,2]	27,8 [21,5; 32,3]	6425 ±181	3162 ±157	2857 ±150	247,5 ±12,3	0,90 [0,74; 0,98]
Клиностаз, ФН, III тип	343,5 ±11,6	45,3 [41,2; 48,3]	35,2 [31,6; 37,3]	6145 ±163	2837 ±157	3015 ±150	265,3 ±12,3	1,06 [0,92; 1,17]
P<	0,05	0,05	0,05	–	–	–	–	–
Ортостаз, III тип	347,4 ±11,7	44,8 [40,5; 47,2]	38,5 [32,7; 42,4]	5725 ±172	2675 ±138	2631 ±142	268,7 ±16,4	0,98 [0,82; 1,08]
Ортостаз, ФН, III тип	290,1 ±8,5	59,4 [53,2; 63,7]	51,7 [46,5; 54,8]	5412 ±153	2341 ±114	2765 ±117	295,7 ±18,1	1,18 [1,07; 1,24]
P<	0,05	0,05	0,05	–	0,05	–	–	0,05
Клиностаз, I тип	241,3 ±3,6	103,2 [95,4; 109,2]	38,3 [34,5; 41,2]	5945 ±172	2890 ±150	2652 ±140	281,3 ±17,1	0,91 [0,83; 0,94]
Клиностаз, ФН, I тип	194,2 ±3,2	140,5 [132,4; 146,5]	50,2 [46,3; 52,1]	5423 ±145	2375 ±150	2704 ±140	305,3 ±17,1	1,13 [0,91; 1,27]
P<	0,05	0,01	0,05	–	0,05	–	–	0,05
Ортостаз, I тип	194,7 ±2,4	135,6 [129,5; 147,6]	54,7 [48,4; 59,3]	5225 ±158	2359 ±125	2455 ±142	347,6 ±18,2	1,04 [0,85; 1,16]
Ортостаз, ФН, I тип	155,1 ±1,7	189,3 [172,5; 203,1]	75,4 [70,6; 79,2]	4975 ±135	1907 ±125	2601 ±142	391,3 ±18,2	1,36 [1,17; 1,45]
P<	0,05	0,05	0,05	–	0,05	–	–	0,05

Примечание (здесь и далее): ВСР – вариабельность сердечного ритма; ФН – физическая нагрузка; MxDMn – вариационный размах; SI – индекс напряжения; AMo – амплитуда моды; TP – суммарная мощность спектра; HF – высокочастотные колебания; LF – низкочастотные колебания; VLF – очень низкочастотные колебания спектра; LF/HF – индекс вагосимпатического равновесия.

По принципу отрицательной индукции существенно выросли только значения SI на 27,9% ($p<0,05$), а также AMo на 26,6% ($p<0,05$), что свидетельствовало об оптимальной реакции целостного организма футболистов основного состава с преобладанием III типа ВСР на анаэробную нагрузку и быстром восстановлении вегетативных функций в период клиностаза.

В дальнейшем в вертикальном положении тела у них дополнительно отмечены существенное снижение дыхательных флуктуаций спектра (HF-компоненты) на 12,5% ($p<0,05$) и рост LF/HF на 20,4% ($p<0,05$), что отражало адекватную гравитационному стрессу оптимальную реакцию организма атлетов с III типом ВСР на активный постнагрузочный ортостаз.

У представителей I типа ВСР непосредственно в клиностазе после стандартного теста значительно выросли дельты симпатикотонии в виде SI на 36,1% ($p<0,01$) и AMo на 31,1% ($p<0,05$) при снижении MxDMn на 19,5% ($p<0,05$). Из спектральных характеристик кардиоинтервалограмм достоверно снизились HF на 17,8% ($p<0,05$), увеличилась дельта LF/HF на 24,1% ($p<0,05$), что свидетельствовало о наличии сниженной парасимпатической активности на нагрузочный клиностаз.

Последующая гравитационная нагрузка на организм атлетов с I типом ВСР способствовала достоверным изменениям с сохранением вектора направленности в обозначенных выше маркерах, что

рассматривалось в качестве гиперадаптивной реакции на постнагрузочный ортостаз.

В дальнейшем (табл. 4) у футболистов основного состава с учетом типологических особенностей вегетативной регуляции сердечного ритма были проанализированы основные параметры амплитудно-частотного, спектрального анализа КИГ в конце тренировочного мезоцикла.

Установлено, что у спортсменов с умеренным доминированием автономного контура регуляции в постнагрузочном клиностазе достоверно изменились все изученные индикаторы вариабельности сердечного ритма. При этом вклад парасимпатических (MxDMn, HF, TP) и гипоталамо-вазомоторных (VLF, LF) влияний на ритм сердца снизился, а центральных механизмов регуляции (SI, AMo, LF/HF) повысился, что было обусловлено гипертрофированной реакцией их организма.

В последующем ортостазе у атлетов с III типом регуляции значения амплитудно-частотного анализа ВСР максимально изменились. Параметры MxDMn снизились на 34,6% при одновременном подъеме SI на 40,8% и AMo на 44,7%, во всех случаях $p<0,05$. Значения индекса ваго-симпатического равновесия существенных изменений не претерпевали (4,9%, $p>0,05$), что отражало избыточную реакцию организма.

Таблица 4

Динамика вариабельности сердечного ритма футболистов основного состава после нагрузочного клиноортостаза с III и IV типами регуляции в конце тренировочного мезоцикла, Me [Q1; Q3], M±σ

Типы ВСР	MxDMn, мс	SI, усл.ед.	AMo, %	TP, мс^2	HF, мс^2	LF, мс^2	VLF, мс^2	LF/HF, усл.ед.
Клиностаз, III тип	375,3 ±12,8	41,5 [36,5; 44,2]	32,6 [27,3; 36,2]	6105 ±175	2981 ±122	2802 ±136	268,3 [245,7; 284,3]	0,93 [0,82; 1,01]
Клиностаз, ФН, III тип	276,5 ±7,5	64,5 [57,2; 69,3]	47,7 [41,5; 52,3]	4650 ±123	1943 ±105	2417 ±112	205,6 [187,5; 221,3]	1,24 [1,05; 1,37]
P<	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,05	0,05
Ортостаз, III тип	298,6 ±11,7	57,8 [52,2; 60,8]	47,2 [41,5; 51,3]	5542 ±134	1962 ±124	3145 ±130	371,5 [343,7; 395,3]	1,61 [1,42; 1,74]
Ортостаз, ФН, III тип	195,1 ±7,5	81,4 [73,4; 85,2]	68,3 [62,7; 72,6]	4503 ±126	1545 ±97	2617 ±102	300,3 [281,5; 315,3]	1,69 [1,43; 1,87]
P<	0,01	0,01	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05	–
Клиностаз, III тип	367,4 ±11,3	39,6 [36,4; 41,7]	30,8 [27,5; 31,7]	6005 ±167	2952 ±117	2747 ±126	259,2 [235,7; 277,4]	0,93 [0,81; 1,01]
Клиностаз, ФН, IV тип	671,5 ±15,1	20,2 [17,1; 22,6]	42,9 [38,5; 45,3]	9415 ±270	4305 ±220	4454 ±227	577,6 [510,7; 621,2]	1,03 [0,79; 1,05]
P<	0,01	0,05	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	–
Ортостаз, III тип	295,3 ±10,5	56,2 [52,5; 59,1]	48,1 [41,5; 53,4]	5496 ±126	1931 ±117	3154 ±128	365,3 [345,7; 392,5]	1,63 [1,45; 1,74]
Ортостаз, ФН, IV тип	725,3 ±17,6	13,5 [9,5; 15,3]	63,2 [56,7; 67,2]	10230 ±253	4424 ±235	5045 ±241	711,4 [654,2; 751,3]	1,14 [0,94; 1,27]
P<	0,01	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05

В ходе дальнейшей работы установлено, что у атлетов с IV типом регуляции сердечного ритма после физической нагрузки как в клиностазе, так и в последующем ортостазе обнаружена исключительно достоверная положительная динамика в спектральных (TP, HF, LF, VLF) характеристиках ВСР. При этом дельты LF/HF при

измерении данных в вертикальном положении тела существенно уменьшились – на 30,1% ($p<0,05$), что свидетельствовало о парадоксальной реакции кардиоинтервалограмм у представителей выраженного автономного контура регуляции и снижении адаптационно-резервных возможностей организма к концу тренировочного периода профессиональной подготовки. По мнению ряда авторов, такая реакция может возникать из-за перетренированности, отклонений в состоянии здоровья, нарушения спортивного режима, нарушения сна, жалоб на боли в мышцах и других причин [12, 13]. Кроме того, парадоксальная реакция на ортостаз может быть ранним признаком дистрофии миокарда на фоне хронического физического напряжения.

Далее представлена (табл. 5) динамика вариабельности сердечного ритма футболистов основного состава с доминированием центрального контура регуляции сердечным ритмом в конце эксперимента.

Таблица 5

Динамика вариабельности сердечного ритма футболистов основного состава после нагрузочного клиноортостаза с I и II типами регуляции в конце тренировочного мезоцикла, Me [Q1; Q3], M±σ

Типы ВСР	MxDMn, мс	SI, усл.ед.	AMo, %	TP, мс^2	HF, мс^2	LF, мс^2	VLF, мс^2	LF/HF, усл.ед.
Клиностаз, I тип	232,6 ±3,1	137,1 [122,5; 150,3]	45,6 [32,5; 53,7]	5624 ±156	2612 ±143	2541 ±137	365,4 ±19,2	0,97 [0,79; 1,12]
Клиностаз, ФН, I тип	201,3 ±5,6	165,3 [145,1; 181,5]	57,3 [46,5; 64,4]	5353 ±131	2461 ±126	2510 ±114	312,6 ±14,3	1,02 [0,81; 1,15]
P<	–	0,05	0,05	–	–	–	0,05	–
Ортостаз, I тип	210,3 ±2,6	149,2 [137,5; 158,3]	51,3 [42,5; 57,8]	5101 ±143	2484 ±104	2045 ±121	431,6 ±18,2	0,82 [0,65; 0,93]
Ортостаз, ФН, I тип	187,5 ±3,4	105,1 [93,6; 112,4]	47,1 [39,5; 52,3]	4910 ±125	2345 ±91	2163 ±95	336,2 ±15,1	0,92 [0,84; 0,97]
P<	–	0,05	–	–	–	–	0,05	–
Клиностаз, I тип	225,4 ±3,7	139,5 [124,7; 151,1]	47,2 [38,1; 54,2]	5595 ±156	2580 ±136	2610 ±142	371,3 ±14,5	1,01 [0,85; 1,12]
Клиностаз, ФН, II тип	143,5 ±5,3	106,4 [94,3; 115,7]	29,1 [18,4; 36,5]	5903 ±156	2856 ±142	2731 ±145	230,5 ±11,3	0,95 [0,84; 1,01]
P<	0,01	0,05	0,05	–	–	–	0,01	–
Ортостаз, I тип	208,4 ±2,9	151,3 [132,5; 164,8]	52,7 [41,6; 59,3]	4645 ±138	2153 ±93	2031 ±90	392,5 ±14,3	0,94 [0,81; 1,03]
Ортостаз, ФН, II тип	264,2 ±5,3	111,7 [93,4; 125,2]	26,2 [17,9; 32,1]	6053 ±145	2867 ±126	2612 ±135	514,5 ±17,5	0,91 [0,82; 0,95]
P<	0,05	0,05	0,01	0,01	0,01	0,05	0,01	–

Установлено, что у представителей I типа ВСР после гликолитического теста в положении лежа отмечалось лишь повышение SI на 20,6%, AMo – на 25,6% при снижении VLF на 14,4% (во всех случаях $p<0,05$). При последующем переходе в ортостаз у спортсменов сохранились достоверные сдвиги только в уменьшении SI на 29,5% и VLF на 22,1% (во всех случаях $p<0,05$), что указывало на нарушение вегетативной реактивности и снижение адаптационно-резервных возможностей организма спортсменов с умеренным доминированием центрального контура и трактовалось в качестве гипореакции.

В пользу данного положения свидетельствует тот факт, что при сниженной реакции на ортостаз общая TP и параметры LF/HF могут незначительно изменяться [14, 15]. При стрессе и психоэмоциональном напряжении мощность VLF-компонента зачастую снижается, что связывается с активацией симпатического отдела вегетативной нервной системы, которая подавляет центральное (надсегментарное) влияние на регуляцию сердечного ритма. При выраженном утомлении и перетренированности показатель сверхнизкочастотных флуктуаций уменьшается. В таких случаях он может быть меньше 240 мс^2, что указывает на

энергетическое дефицитное состояние [16]. Согласно данным исследования [17], снижение VLF после нагрузки может отражать постнагрузочную нехватку энергии в организме. Также снижение сверхнизкочастотных флуктуаций может быть признаком воспалительных процессов в организме или низкого тестостерона [18]. По данным [19], при отсутствии усиления колебаний в диапазоне LF и VLF и возможном уменьшении HF при гипореакции не происходит достаточной компенсации изменений, связанных с перераспределением крови при переходе в вертикальное положение.

У спортсменов II типа в клиностазе после анаэробной нагрузки исключительно отрицательно изменились показатели амплитудно-частотного анализа, отражающие разнонаправленные аспекты ВСР. Из спектральных характеристик кардиоинтервалограмм выделяется уменьшение VLF на 37,9% ($p<0,01$). При последующем переходе в ортостаз у спортсменов с выраженным доминированием центрального контура регуляции продолжала сохраняться разнонаправленность изменений в показателях ВСР, что отражало наличие парадоксальной реакции при воздействии физической нагрузки и гравитационного стресса.

Динамика вариабельности сердечного ритма футболистов запасного состава с различными типами регуляции после нагрузочного клиноортостаза в процессе тренировочного мезоцикла. Установлено (табл. 6), что у представителей с преобладанием умеренного автономного контура регуляции в постнагрузочном клиностазе и ортостазе уменьшились значения MxDMn на 18,5-19,1% при повышении SI на 32,8-35,3% и AMo на 28,7-36,4% (во всех случаях $p<0,05$). Из спектральных характеристик вариационной пульсограммы существенно снизились только дельты HF на 17,4-18,6% ($p<0,05$) при увеличении LF/HF на 25,8-27,7% ($p<0,05$), что свидетельствовало о нормотоническом типе вегетативной реактивности организма после выполнения 45-секундного теста в период восстановления.

Таблица 6

Динамика вариабельности сердечного ритма футболистов запасного состава после нагрузочного клиноортостаза с III и I типами регуляции в начале тренировочного мезоцикла, Me [Q1; Q3], M±σ

Типы ВСР	MxDMn, мс	SI, усл.ед.	AMo, %	TP, мс^2	HF, мс^2	LF, мс^2	VLF, мс^2	LF/HF, усл.ед.
Клиностаз, III тип	390,4 ±12,5	38,1 [32,5; 41,7]	30,6 [26,3; 32,5]	6285 ±142	3053 ±146	2850 ±142	256,2 [240,3; 267,4]	0,93 [0,81; 1,02]
Клиностаз, ФН, III тип	318,1 ±10,1	50,6 [43,4; 54,6]	39,4 [34,7; 41,5]	5835 ±163	2521 ±124	2972 ±150	284,7 [257,3; 305,1]	1,17 [0,96; 1,32]
P<	0,05	0,05	0,05	–	0,05	–	–	0,05
Ортостаз, III тип	323,1 ±10,3	50,4 [37,6; 59,2]	43,3 [37,5; 46,1]	5512 ±125	2563 ±125	2595 ±127	291,2 [260,5; 314,3]	1,01 [0,77; 1,18]
Ортостаз, ФН, III тип	261,4 ±7,5	68,2 [61,7; 73,2]	59,1 [53,4; 62,7]	5201 ±114	2085 ±107	2702 ±115	327,2 [304,7; 341,5]	1,29 [1,04; 1,46]
P<	0,05	0,05	0,05	–	0,05	–	–	0,05
Клиностаз, I тип	232,1 ±3,6	112,6 [106,5; 115,9]	40,5 [34,8; 43,6]	5820 ±163	2805 ±143	2603 ±134	295,2 [261,4; 312,5]	0,92 [0,71; 1,07]
Клиностаз, ФН, I тип	183,6 ±5,4	151,2 [143,5; 157,1]	54,5 [45,8; 60,4]	5481 ±126	2345 ±150	2723 ±140	353,6 [321,5; 373,4]	1,16 [1,02; 1,26]
P<	0,05	0,05	0,05	–	0,05	–	0,05	0,05
Ортостаз, I тип	180,5 ±2,1	150,4 [140,2; 158,3]	58,9 [51,4; 63,5]	5031 ±136	2210 ±114	2378 ±121	368,3 [325,2; 404,6]	1,07 [0,83; 1,21]
Ортостаз, ФН, I тип	124,6 ±3,2	211,2 [198,3; 220,1]	83,5 [71,3; 92,1]	4805 ±124	1765 ±125	2620 ±142	454,1 [423,5; 482,2]	1,48 [1,27; 1,62]
P<	0,01	0,01	0,01	–	0,05	–	0,05	0,01

У представителей I типа на фоне постнагрузочного клиностаза из спектральных характеристик ВСР достоверно уменьшились лишь параметры дыхательных колебаний на 16,4% при повышении VLF на 19,7% и LF/HF на 26,1% (во всех случаях $p<0,05$), что свидетельствовало о наличии сниженной парасимпатической активности.

Что касается изменений на гравитационный стресс после выполнения анаэробной нагрузки, то у представителей с умеренным преобладанием центрального звена регуляции выявлено усиленное снижение MxDMn на 30,9%, повышение SI на 40,4% и AMo на 41,7% (во всех случаях $p<0,01$), что отражало доминирование гиперреакций в активной ортостатической пробе.

Далее проанализирована (табл. 7) динамика ВСР у футболистов запасного состава в конце тренировочного мезоцикла.

Таблица 7

Динамика вариабельности сердечного ритма футболистов запасного состава после нагрузочного клиноортостаза с III и I типами регуляции в конце тренировочного мезоцикла, Me [Q1; Q3], M±σ

Типы ВСР	MxDMn, мс	SI, усл.ед.	AMo, %	TP, мс^2	HF, мс^2	LF, мс^2	VLF, мс^2	LF/HF, усл.ед.
Клиностаз, III тип	361,2 [331,7; 382,5]	50,3 ±4,5	34,2 [25,6; 38,1]	6053 ±125	2885 ±132	2813 ±130	294,5 [267,2; 315,6]	0,97 [0,75; 1,14]
Клиностаз, ФН, III тип	247,5 [215,3; 273,1]	80,1 ±5,2	51,6 [38,7; 59,4]	4593 ±105	1856 ±115	2472 ±150	204,3 [172,4; 230,6]	1,33 [1,07; 1,51]
P<	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,01	0,05
Ортостаз, III тип	275,5 [252,7; 291,2]	78,6 ±6,2	51,2 [39,7; 60,5]	5435 ±117	1657 ±120	3280 ±124	431,6 [405,4; 451,5]	1,98 [1,67; 2,15]
Ортостаз, ФН, III тип	161,7 [136,3; 182,4]	109,1 ±7,5	71,5 [53,7; 83,2]	3857 ±110	961 ±86	2514 ±105	292,1 [263,2; 315,5]	2,61 [2,25; 2,87]
P<	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05
Клиностаз, I тип	219,6 [187,5; 245,3]	127,6 ±3,8	45,1 [32,4; 54,2]	5517 ±141	2582 ±127	2520 ±124	336,1 [305,7; 363,2]	0,97 [0,76; 1,12]
Клиностаз, ФН, I тип	191,2 [175,5; 203,4]	154,2 ±5,3	55,6 [43,3; 64,5]	5058 ±131	2295 ±121	2415 ±105	283,2 [252,4; 307,5]	1,05 [0,83; 1,16]
P<	–	0,05	0,05	–	–	–	0,05	–
Ортостаз, I тип	271,2 [245,6; 291,7]	115,4 ±7,5	39,7 [30,5; 45,4]	5806 ±141	3243 ±115	2021 ±90,5	445,4 [406,5; 472,3]	0,62 [0,41; 0,76]
Ортостаз, ФН, I тип	364,2 [343,5; 376,7]	101,5 ±3,6	25,3 [20,7; 28,2]	7471 ±153	4112 ±141	2705 ±135	605,1 [546,4; 645,3]	0,65 [0,43; 0,79]
P<	0,05	–	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	–

Установлено, что у спортсменов III типа регуляции в клиноортостазе после анаэробной нагрузки достоверно снизились дельты спектрального анализа ВСР в TP на 24,1-29,1%, HF – на 35,6-42,1%, VLF – на 30,6-32,3% (во всех случаях $p<0,01$), что отражало гиперреактивность автономной нервной системы после нагрузочного тестирования.

У атлетов I типа вегетативной регуляции сердечного ритма после выполнения 45-секундной пробы на фоне клиностаза достоверно повысились лишь значения SI на 20,8%, AMo – на 23,2%, при снижении VLF на 15,7% (во всех случаях $p<0,05$) что свидетельствовало о гипореакции.

Заключение. Анализ важнейших критериев оценки текущего состояния организма футболистов основного и запасного составов сборной выявил различные типы реакций вариабельности сердечного ритма на ортостатическое воздействие с разным уровнем прироста анаэробной выносливости в динамике специально-подготовительного этапа подготовки. Данное обстоятельство в дальнейшем способствовало выделению дифференцированного подхода к оценке адаптивных возможностей на основе индивидуально-типологических особенностей вегетативной регуляции.

В начале эксперимента вне зависимости от уровня подготовки у представителей с доминированием умеренного автономного контура регуляции отмечены оптимальные сдвиги в изученных маркерах на постнагрузочный ортостаз. У спортсменов с преобладанием центрального контура управления сердечным ритмом выявлена сниженная парасимпатическая активность после стандартного теста.

Влияние тренировочного процесса отразилось в повышении анаэробной выносливости в большей степени у представителей основного состава за счет большего напряжения регуляторных систем организма в период восстановления. Так, у атлетов III типа доминировали гипертрофированные реакции, а в I типе выявлены сниженные гипореакции на сочетанное воздействие физической и гравитационной нагрузок. Более того установлен переход «физиологических» типов в «патологические» формы их адаптивных проявлений. У представителей с выраженным преобладанием автономного и центрального контуров регуляции как в клиностазе, так и ортостазе доминировали парадоксальные реакции в параметрах вариабельности сердечного ритма. Данное обстоятельство требует снижения объема и интенсивности избранных нагрузок перед соревновательным периодом в первую очередь для высококвалифицированных футболистов с целью профилактики перетренированности, хронического утомления и риска получения серьезных травм.

Атлеты резервного состава показали меньшие дельты прироста специальной выносливости в процессе анаэробного тестирования. Достоверного перехода типов вегетативной регуляции в «патологические» формы с выраженным доминированием центрального (II тип) или автономного (IV тип) контуров управления сердечным ритмом у них обнаружено не было.

В конце тренировочного мезоцикла у менее тренированных спортсменов с доминированием умеренного автономного контура регуляции после гликолитического теста выявлена единая гипертрофированная реакция на ортостатическое воздействие. У атлетов с преобладанием центрального механизма управления сердечным ритмом в клиностазе обнаружен сниженный тип реакции, в последующем ортостазе выявлена парадоксальная реакция кардиоинтервалограмм. Следует отметить, что к субъективным признакам нарушения регуляции кровообращения у представителей I типа ВСР запасного состава была тошнота при переходе в вертикальное положение тела после перенесенной стандартной нагрузки гликолитической направленности. Рвотный рефлекс [20, 21] при активном вставании у менее тренированных спортсменов чаще возникает из-за несовершенства механизмов адаптации сердечно-сосудистой системы к гравитационным изменениям: слабой регуляции периферического сосудистого сопротивления, недостаточной активации симпатической нервной системы, меньшей способности поддерживать шейный кровоток, сниженной активности ренин-ангиотензин-альдостероновой системы, которая помогает поддерживать объем крови при смене положения тела в пространстве.

Данное обстоятельство у спортсменов запасного состава требует лишь коррекции тренировочных программ с обязательным включением динамической разминки, силовых упражнений, приседаний, отжиманий, интервальных тренировок, спринтов, изометрических нагрузок, жонглирования с мячом, передач на короткие дистанции с целью повышения толерантности к ортостатическому стрессу.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Митин, М.С. Распространенность и выраженность вегетативной дисфункции среди молодых спортсменов / М.С. Митин // Научные результаты биомедицинских исследований. – 2015. – № 2(4). – 30-38.
2. Леготкина, Л.Р. Вегетативный статус и спортивная деятельность / Л.Р. Леготкина //

Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 11(53). – С. 61-62. DOI: 10.18454/IRJ.2016.53.066.
3. Вариабельность сердечного ритма в ортостатической пробе у лыжников-гонщиков с выраженной исходной ваготонией / А.С. Бахарева, Д.З. Шибкова, П.А. Байгужин, В.В. Эрлих // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8. – № 4(30). DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_04_3.
4. Новиков, А.А. Вегетативная регуляция сердечного ритма у спортсменов с нарушением процессов реполяризации миокарда / А.А. Новиков, А.В. Смоленский, А.В. Михайлова // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 2(32). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_32.
5. Orthostatic testing for heart rate and heart rate variability monitoring in exercise science and practice / T. Gronwald, M. Schaffarczyk, O. Hoos // Eur. J. Appl. Physiol. – 2024. – Vol. 124(12). – P. 3495-3510. DOI: 10.1007/s00421-024-05601-4.
6. Оценка влияния двигательной активности на вариабельность сердечного ритма у людей, длительно работающих за компьютером / Н.А. Филимонов, Л.Н. Смелышева, О.А. Каплунов, С.Д. Захаров // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 2(32). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_21.
7. Котов-Смоленский, А.М. Изменчивость показателей функционального состояния центральной нервной системы при занятиях иммерсивной двигательной тренировкой / А.М. Котов-Смоленский, Е.Ю. Федорова // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8. – № 4(30). DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_04_8.
8. Шлык, Н.И. Вариабельность сердечного ритма и методы ее определения у спортсменов в тренировочном процессе / Н.И. Шлык. – Ижевск: Удмуртский университет, 2022. – 80 с.
9. 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. – Т. 14. – № 2. – С. 5-15. DOI: 10.47529/2223-2524.2024.2.7.
10. Шлык, Н.И. Вариабельность сердечного ритма в покое и ортостазе при разных диапазонах значений MxDMn у лыжниц-гонщиц в тренировочном процессе / Н.И. Шлык // Наука и спорт: современные тенденции. – 2020. – Т. 8. – № 1. – С. 83-96.
11. 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. DOI: 10.7868/S0131164616060187.
12. Синдром перетренированности как функциональное расстройство сердечно-сосудистой системы, обусловленное физическими нагрузками / В.А. Бадтиева, В.И. Павлов, А.С. Шарыкин [и др.] // Российский кардиологический журнал. – 2018. – № 6. – С. 180-190.
13. Жмурова, Т.А. Адаптационные возможности скайраннеров I и II периода зрелого возраста с учетом индивидуально-типологических особенностей вариабельности ритма сердца / Т.А. Жмурова, С.М. Рябцев // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 2(32). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_8.
14. Снежицкий, В.А. Влияние ортостатической пробы на показатели вариабельности сердечного ритма / В.А. Снежицкий, В.И. Шишко // Журнал ГГМУ. – 2003. – № 4. – С. 66-69.
15. Мартынов, И.Д. Нарушения вегетативной регуляции и компенсаторные возможности при ортостатических нагрузках у больных с нейрогенными обмороками (на основе спектрального анализа вариабельности ритма сердца) / И.Д. Мартынов, А.Н. Флейшман // Векторы благополучия: экономика и социум. – 2015. – № 15. – С. 303-313.
16. Шлык, Н.И. Оценка патологической брадикардии в покое и ортостазе у спортсменов по результатам анализа вариабельности сердечного ритма / Н.И. Шлык // Физическое воспитание и спортивная тренировка. – 2023. – № 1(43). – С. 87-93.
17. Флейшман, А.Н. Вариабельность ритма сердца и медленные колебания гемодинамики: нелинейные феномены в клинической практике / А. Н. Флейшман. – Новосибирск, 2009. – 194 с.
18. Сетко, Н.П. Индивидуально-типологический подход в анализе функционального состояния организма студентов-медиков / Н.П. Сетко, О.М. Жданова, А.Г. Сетко // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2024. – № 23(2). – С. 6-18. DOI: 10.15829/1728-8800-2024-3800.
19. Ортостатическая гипотензия: определение, патофизиология, классификация, прогностические аспекты, диагностика и лечение / О.Д. Остроумова, М.С. Черняева, М.М. Петрова, О.В. Головина // Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии. – 2018. – № 14(5). – С. 747-756. DOI: 10.20996/1819-6446-2018-14-5-747-756.
20. Christou, G.A. Pathophysiology of noncardiac syncope in athletes / G.A. Christou, K.A. Christou, D.N. Kiortsis // Sports Med. – 2018. – Vol. 48(7). – P. 1561-1573. DOI: 10.1007/s40279-018-0911-7.

21. Postexercise hypotension and heart rate variability responses subsequent to traditional, paired set, and superset resistance training methods / G.A. Paz, E. Iglesias-Soler, J.M. Willardson [et al.] // J. Strength Cond. Res. – 2019. – Vol. 33(9). – P. 2433-2442. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002353.

REFERENCES

1. Mitin M.S. Prevalence and intensity of autonomic dysfunction among young athletes. *Research results in biomedicine*, 2015, no. 2(4), pp. 30-38. (in Russ.)
2. Legotkina L.R. Vegetative status and sports activities. *International Research Journal*, 2016, no. 11(53), pp. 61-62. DOI: 10.18454/IRJ.2016.53.066. (in Russ.)
3. Bakhareva A.S., Shibkova D.Z., Bajguzhin P.A., Ehrlich V.V. Heart rate variability in the orthostatic test in ski racers with severe initial vagotonia. *Modern Issues of Biomedicine*, 2024, vol. 8, no. 4(30). DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_04_3. (in Russ.)
4. Novikov A.A., Smolenskij A.V., Mikhajlova A.V. Autonomic regulation of cardiac rhythm in athletes with disorders of myocardial repolarization processes. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 2(32). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_32. (in Russ.)
5. Gronwald T., Schaffarczyk M., Hoos O. Orthostatic testing for heart rate and heart rate variability monitoring in exercise science and practice. *Eur. J. Appl. Physiol*, 2024, vol. 124(12), pp. 3495-3510. DOI: 10.1007/s00421-024-05601-4.
6. Filimonov N.A., Smelysheva L.N., Kaplunov O.A., Zakharov S.D. Influence of motor activity on heart rate variability of people working on a computer for a long time. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 2(32). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_21. (in Russ.)
7. Kotov-Smolenskij A.M., Fedorova E.Yu. Variability of indices of the functional state of the central nervous system during immersive motor training. *Modern Issues of Biomedicine*, 2024, vol. 8, no. 4(30). DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_04_8. (in Russ.)
8. Shlyk N.I. Heart rate variability and methods for its determination in athletes in the training process. Izhevsk: Udmurt State University, 2022, p. 80. (in Russ.)
9. Terehov P.A., Bruk T.M., Kindjuhin 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: research and practice*, 2024, vol. 14, no. 2, pp. 5-15. DOI: 10.47529/2223-2524.2024.2.7. (in Russ.)
10. Shlyk N.I. Heart rate variability at rest and during an orthostatic challenge at different ranges of MxDMn values in female skiers in the training process. *Science and sport: current trends*, 2020, vol. 8, no. 1, pp. 83-96. (in Russ.)
11. 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.)
12. Badtieva V.A., Pavlov V.I., Sharykin A.S., Khokhlova M.N., Pachina A.V., Vybornov V.D. An overtraining syndrome as functional cardiovascular disorder due to physical overload. *Russian Journal of Cardiology*, 2018, no. 6, pp. 180-190. DOI: 10.15829/1560-4071-2018-6-180-190. (in Russ.)
13. Zhmurova T.A., Ryabtsev S.M. Adaptive capabilities of skyrunners of early and middle adulthood, taking into account the individual and typological features of heart rate variability. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 2(32). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_8. (in Russ.)
14. Snezhickij V.A., Shishko V.I. The effect of orthostatic testing on heart rate variability indices. *GSMU Journal*, 2003, no. 4, pp. 66-69. (In Russ.)
15. Martynov I.D., Flejshman A.N. Disturbances in autonomic regulation and compensatory capabilities during orthostatic loads in patients with neurogenic syncope (based on spectral analysis of heart rate variability). *Journal of Wellbeing Technologies*, 2015, no. 15, pp. 303-313. (in Russ.)
16. Shlyk N.I. Assessment of pathological bradycardia at rest and orthostasis in athletes based on the results of heart rate variability analysis. *Physical education and sports training*, 2023, no. 1(43), pp. 87-93. (In Russ.)
17. Flejshman A.N. Heart rate variability and slow hemodynamic oscillations: nonlinear phenomena in clinical practice: a methodological guide. Novosibirsk, 2009. p. 194. (in Russ.)
18. Setko N.P., Zhdanova O.M., Setko A.G. Individual typological approach to the analysis of the body function of medical students. *Cardiovascular Therapy and Prevention*, 2024, no. 23(2), pp. 6-18. DOI: 10.15829/1728-8800-2024-3800. (in Russ.)
19. Ostroumova O.D., Chernyaeva M.S., Petrova M.M., Golovina O.V. Orthostatic Hypotension: Definition, Pathophysiology, Classification, Prognostic Aspects, Diagnostics and Treatment. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology*, 2018, no. 14(5), pp. 747-756. DOI: 10.20996/1819-6446-2018-14-5-747-756. (in Russ.)

20. Christou G.A., Christou K.A., Kiortsis D.N. Pathophysiology of noncardiac syncope in athletes. *Sports Med*, 2018, vol. 48(7), pp. 1561-1573. DOI: 10.1007/s40279-018-0911-7.
21. Paz G.A., Iglesias-Soler E., Willardson J.M., Maia M.F., Miranda H. Postexercise Hypotension and heart rate variability responses subsequent to traditional, paired set, and superset resistance training methods. *J. Strength Cond. Res*, 2019, vol. 33(9), pp. 2433-2442. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002353.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Павел Александрович Терехов – доктор биологических наук, доцент, доцент кафедры биологических дисциплин, Смоленский государственный университет спорта, Смоленск, e-mail: terechov_86@mail.ru.
Татьяна Михайловна Брук – доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой биологических дисциплин, Смоленский государственный университет спорта, Смоленск, e-mail: bryktmcenter@rambler.ru.
Егор Александрович Киндюхин – аспирант кафедры биологических дисциплин, Смоленский государственный университет спорта, Смоленск, e-mail: egor-k2@bk.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Pavel A. Terekhov – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Biological Disciplines, Smolensk State University of Sports, Smolensk, e-mail: terechov_86@mail.ru.
Tatyana M. Bruk – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Biological Disciplines, Smolensk State University of Sports, Smolensk, e-mail: bryktmcenter@rambler.ru.
Egor A. Kindyukhin – Postgraduate Student of the Department of Biological Disciplines, Smolensk State University of Sports, Smolensk, e-mail: egor-k2@bk.ru.

Для цитирования: Терехов, П.А. Влияние тренировочного процесса на показатели анаэробной выносливости и типы реакций вариабельности сердечного ритма на клиноортостаз у футболистов с разным уровнем подготовки / П.А. Терехов, Т.М. Брук, Е.А. Киндюхин // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_20

For citation: Terekhov P.A., Bruk T.M., Kindyukhin E.A. Influence of the training process on anaerobic endurance indicators and types of heart rate variability reactions to clinoorthostasis in football players with different levels of training. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_20

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_21
УДК 612.8

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_21
UDC 612.8

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ТЕЛА АТЛЕТОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ КРОССФИТОМ

М.В. Ткаченко[1], А.И. Мельников[1], Г.А. Кузнецов[2], Н.В. Сажина[1], Л.Н. Смелышева[1]
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Курганский государственный университет», г. Курган, Россия
[2]Закрытое акционерное общество «Фарм-Холдинг», г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Современные высокоинтенсивные тренировочные программы требуют оценки влияния системных физических нагрузок на компонентный состав тела спортсменов. ***Методы.*** Проведено исследование компонентного состава тела спортсменов, занимающихся кроссфитом, с использованием метода биоимпедансного анализа. Оценивались показатели мышечного и жирового компонентов, водного сектора организма и уровня основного обмена. ***Результаты.*** Установлено, что у спортсменов, занимающихся кроссфитом, по сравнению с контрольной группой достоверно выше значения тощей и скелетно-мышечной массы, а также уровень основного обмена. Абсолютные показатели жировой ткани также были выше, при этом соотношение окружности талии и бедер и фазовый угол статистически значимо не различались. ***Заключение.*** Повышенные значения индекса массы тела у спортсменов, занимающихся кроссфитом, обусловлены преимущественно развитием мышечного компонента, а не избыточным накоплением жировой ткани, что отражает адаптацию организма к регулярным тренировочным нагрузкам.
Ключевые слова: спортсмены, занимающиеся кроссфитом, компонентный состав тела, биоимпедансное исследование, мышечная масса, жировая ткань.

BODY COMPOSITION FEATURES OF CROSSFIT ATHLETES

M.V. Tkachenko[1], A.I. Melnikov[1], G.A. Kuznetsov[2], N.V. Sazhina[1], L.N. Smelysheva[1]
[1]Kurgan State University, Kurgan, Russia
[2]“Farm-Holding” CJSC, Saint Petersburg, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Modern high-intensity training programs require assessment of the effects of systematic physical loads on athletes’ body composition. ***Methods.*** A study of body composition was conducted in CrossFit athletes using the bioelectrical impedance analysis method. Indicators of muscle and fat components, body water, and basal metabolic rate were assessed. ***Results.*** It has been found that CrossFit athletes demonstrated significantly higher values of lean body mass and skeletal muscle mass, as well as a higher basal metabolic rate, compared to the control group. Absolute fat mass values were also higher, while the waist-to-hip ratio and phase angle did not differ significantly between the groups. ***Conclusion.*** Increased body mass index values in CrossFit athletes are primarily associated with the development of the muscle component rather than excessive fat accumulation, reflecting physiological adaptation to regular training loads.
Keywords: CrossFit athletes, body composition, bioelectrical impedance analysis, muscle mass, fat tissue.

Введение. В настоящее время существует несколько видов силовой нагрузки, оказывающих влияние на морфометрические параметры тела спортсменов. Занятия в фитнес-залах приводят к изменениям не только количественных, но и качественных характеристик компонентного состава тела [1, 2]. При этом роль генетически детерминированных особенностей телосложения и физических способностей во многом определяет индивидуальный выбор вида спортивной деятельности, тогда как влияние специфики однонаправленных тренировочных нагрузок на показатели состава тела остается недостаточно изученным [3].

Систематические занятия определенными видами спорта рассматриваются как значимый эпигенетический фактор, способный модифицировать морфофункциональные характеристики организма. Определение основных показателей компонентного состава тела у спортсменов имеет практическое значение для оптимизации тренировочного процесса, коррекции

посттренировочного восстановления, питания и приема биологически активных добавок. Сравнительный анализ показателей состава тела спортсменов и лиц контрольной группы позволяет выявить параметры, наиболее чувствительные к увеличению уровня физической активности [4, 5].

Цель исследования – проанализировать компонентный состав тела у функциональных атлетов с использованием метода биоимпедансного анализа и определить особенности изменений мышечного и жирового компонентов по сравнению с группой сравнения.

Методы и организация исследования. Исследование проводилось на базе лаборатории «Физиология экстремальных состояний» академической кафедры «Анатомия и физиология человека» имени заслуженного деятеля науки Российской Федерации, профессора А.П. Кузнецова Курганского государственного университета, а также в спортивном зале функционального тренинга (KLOKOV & BAZATEAM, Москва).

В исследовании приняли участие 56 мужчин молодого возраста. Основную группу составили 24 функциональных атлета, систематически занимающихся функциональным тренингом (кроссфитом), включающим круговые тренировки с отягощением и собственным весом, не менее 5 раз в неделю продолжительностью 90 минут за одно занятие. Средний стаж тренировок спортсменов составил 10±2,4 лет.

Группу сравнения составили 32 студента в возрасте 18-22 лет, занимающиеся физической культурой в объеме вузовской программы (4 часа в неделю). Все участники исследования относились к основной медицинской группе в соответствии с приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 13 марта 2019 года № 124н.

Исследование выполнено с соблюдением биоэтических норм, рекомендованных Российским комитетом по биоэтике при Комиссии Российской Федерации по делам ЮНЕСКО. Все участники дали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Оценку компонентного состава тела проводили методом биоимпедансного анализа – неинвазивной диагностической технологии, позволяющей определить жировую, тощую, активную клеточную и скелетно-мышечную массу, а также показатели водного обмена, включая общую и внеклеточную жидкость. Метаболическую активность организма оценивали по величине фазового угла. Измерения проводились в утренние часы натощак после опорожнения мочевого пузыря в соответствии со стандартным протоколом производителя. Исследование выполняли с использованием анализатора состава тела «АВС-01 МЕДАСС» (Россия).

Статистическую обработку данных проводили с использованием программного пакета Statistica 6.0. Данные представлены в виде среднего арифметического и ошибки среднего (M±m). Нормальность распределения количественных показателей оценивали с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. Для межгруппового сравнения использовали t-критерий Стьюдента для независимых выборок. Различия считали статистически значимыми при уровне значимости $p<0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Установлена разница индекса массы тела (ИМТ) атлетов-кроссфитеров с параметрами группы сравнения по антропометрическим показателям. Известно, что физическая нагрузка вызывает изменения состава тела, однако только показатель ИМТ не всегда отражает достоверные характеристики спортсменов (табл.).

При одинаковом росте различная масса тела в группах обследованных показывала достоверные различия в ИМТ. Данный показатель выходит за границы нормативных значений (нормы) для ИМТ, однако он характеризует не избыточную массу тела, а перераспределение компонентного состава атлетов, обусловленное регулярными занятиями в спортивном зале.

В исследовании установили разницу конкретных параметров состава тела атлетов. Регулярный функциональный тренинг обеспечивает прирост скелетно-мышечной массы и тощей массы за счет как мышечного компонента, так и определенного типа телосложения с хорошо развитым скелетом. В динамике занятий кроссфитом у атлетов наблюдалось увеличение тощей массы в

абсолютных значениях, а также увеличение скелетно- мышечной массы в составе безжировой массы (табл.).

Первый показатель описывает соматотипологические характеристики, что определяет не только морфологические различия, но и скоростно-силовые качества, физическую работоспособность. Второй показатель – уровень физического развития и функциональная активность в данный момент времени. Такие различия являются прямым следствием силовых тренировок. Полученные нами различия в компонентном составе между тренированными и нетренированными лицами согласуются с данными литературы, демонстрирующими специфику телосложения спортсменов силовой направленности [6].

Метаболические характеристики представлены в таблице.

Таблица

Показатели ИМТ, тощей, скелетно-мышечной и жировой масс, основной обмен, фазовый угол, индекс Т/Б, АКМ и общая жидкость спортсменов-кроссфитеров и студентов-добровольцев, M±m

Показатели	Группы	
	Спортсмены-кроссфитеры (n=24)	Группа сравнения (n=32)
Рост, см	179,23±1,1	179,68±2,24
Масса тела, кг	88,47±1,78*	69,12±1,87
ИМТ, кг/м²	27,56±0,52*	21,08±0,35
Тощая (безжировая) масса, кг	70,15±1,07*	59,95±1,52
Скелетно-мышечная масса, кг	37,47±0,58*	33,65±0,83
Жировая масса, кг	18,32±4,22*	9,17±0,20
Основной обмен, ккал/м²/сут	2016,42±26,94*	1654,37±10,52
Фазовый угол, º	8,15±0,11	7,94±0,12
Индекс Т/Б	0,87±0,006	0,8±0,01
АКМ, кг	44,14±1,21*	37,85±0,74
Общая жидкость, кг	51,34±0,43*	44,69 ±0,88
Доля АКМ в тощей массе, %	62,83±0,61	62,07±0,47

Примечание: ИМТ – индекс массы тела; Т/Б – соотношение окружности талии и бедер; АКМ – активная клеточная масса; * – $p<0,05$, достоверность различий относительно группы сравнения.

Основной обмен имеет объективные различия в группах и соответствует потребляемой энергии. Такие различия объяснимы более высокими потребностями метаболизма мышечной массы у спортсменов. Жировая масса имеет различия как в абсолютных значениях, так и в процентном отношении показателя к массе тела, у спортсменов она составляет 20,45%, в группе сравнения – 13,04%. Жировая ткань обеспечивает энергетический резерв организма именно у спортсменов, занимающихся кроссфитом, значения являются оптимальными и обеспечивают поддержание гормонального фона и энергетического ресурса. Такой уровень жира является компромиссом между поддержанием высокого уровня силовой выносливости, гормонального здоровья, в частности, выработки тестостерона, и способностью организма восстанавливаться после крайне интенсивных нагрузок.

Индекс «талия/бедра» (Т/Б) не имеет достоверных различий и находится в диапазоне референсных значений.

Фазовый угол как интегральный показатель клеточного метаболизма, активности обменных процессов характеризуется высокими значениями в обеих группах. У спортсменов он несколько выше, что обеспечивает более высокую метаболическую эффективность.

Интерес различий представляли также водный сектор, активная клеточная масса и доля скелетно-мышечной массы (табл.).

Активная клеточная масса характеризует белковую компоненту обмена и имеет достоверные различия в группах обследованных. Так, у студентов этот показатель составлял 85% относительно показателя в

группе спортсменов, что объективно отражает потребность в макронутриентах и различной метаболической активности тканей.

Доля активной клеточной массы в тощей массе используется как коррелят физической работоспособности. Представленные результаты определяют высокий уровень работоспособности как у спортсменов, так и у студентов.

Водный сектор имеет достоверные различия показателей, он участвует в транспорте веществ и интенсивности обменных процессов, различия в исследуемых группах объясняются более высоким содержанием мышечной ткани у спортсменов. В исследовании Campa F., Matias C., Gatterer H. (2019) показано, что уровень жидкости в организме связан со спортивной специализацией и представлен меньшими значениями у спортсменов, тренирующихся на выносливость [6].

Перспективным направлением дальнейших исследований является изучение влияния контроля диеты и практических рекомендаций начинающим атлетам.

Заключение. Проведенное исследование позволило выявить особенности компонентного состава тела у спортсменов, занимающихся кроссфитом, по сравнению с лицами, не вовлеченными в систематические силовые тренировки. Показано, что применение метода биоимпедансного анализа обеспечивает информативную оценку структурных и метаболических характеристик организма и позволяет более корректно интерпретировать показатели массы тела у спортсменов по сравнению с использованием индекса массы тела.

У функциональных атлетов установлены более высокие значения тощей и скелетно-мышечной массы, а также абсолютных показателей жировой ткани, что отражает адаптацию организма к регулярным силовым нагрузкам и более высокую метаболическую активность тканей. Повышенные значения основного обмена, общей жидкости и активной клеточной массы свидетельствуют об интенсивности обменных процессов и функциональной готовности организма к выполнению высокоинтенсивных тренировочных нагрузок.

Полученные данные могут быть использованы для оптимизации тренировочного процесса, оценки физического состояния спортсменов и разработки рекомендаций по восстановлению и питанию при занятиях функциональным тренингом.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биоимпедансный скрининг населения России в центрах здоровья: распространенность избыточной массы тела и ожирения / Н.П. Соболева, С.Г. Руднев, Д.В. Николаев [и др.] // Российский медицинский журнал. – 2014. – № 4. – С. 4-13.
2. Ketogenic diets, physical activity and body composition: a review / D. Ashtary-Larky, R. Bagheri, H. Bavi [et al.] // British Journal of Nutrition. – 2022. – Vol. 127. – No. 12. – P. 1898-1920.
3. Пешков, М.В. Показатели массы тела студенческой молодежи: современное состояние проблемы / М.В. Пешков, Е.П. Шарайкина // Сибирское медицинское обозрение. – 2014. – № 4. – С. 35-39.
4. Biomarkers of nutrition and health: New tools for new approaches / C. Pico, F. Serra, A.M. Rodriguez [et al.] // Nutrients. – 2019. – Vol. 11. – No. 5. – P. 1092.
5. Anthropometric and body composition profile of young professional soccer players / M.F. Bernal-Orozco, M. Posada-Falomir, C.M. Quiñónez-Gastélum [et al.] // Journal of Strength and Conditioning Research. – 2020. – Vol. 34. – No. 7. – P. 1911-1923.
6. Classic bioelectrical impedance vector reference values for assessing body composition in male and female athletes / F. Campa, C. Matias, H. Gatterer [et al.] // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2019. – Vol. 16. – No. 24. – P. 5066.

REFERENCES

1. Soboleva N.P., Rudnev S.G., Nikolaev D.V. et al. Bioimpedance screening of the Russian population in health centers: prevalence of overweight and obesity. *RMJ*, 2014, no. 4, pp. 4-13. (in Russ.)
2. Ashtary-Larky D., Bagheri R., Bavi H. et al. Ketogenic diets, physical activity and body

composition: a review. *British Journal of Nutrition*, 2022, vol. 127, no. 12, pp. 1898-1920.
3. Peshkov M.V., Sharaykina E.P. Body mass index in students: the present state of the problem. *Siberian Medical Review*, 2014, no. 4, pp. 35-39. (in Russ.)
4. Pico C., Serra F., Rodriguez A.M. et al. Biomarkers of nutrition and health: new tools for new approaches. *Nutrients*, 2019, vol. 11, no. 5, p. 1092.
5. Bernal-Orozco M.F., Posada-Falomir M., Quiñónez-Gastélum C.M. et al. Anthropometric and body composition profile of young professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2020, vol. 34, no. 7, pp. 1911-1923.
6. Campa F., Matias C., Gatterer H. et al. Classic bioelectrical impedance vector reference values for assessing body composition in male and female athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019, vol. 16, no. 24.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Михаил Вадимович Ткаченко – аспирант академической кафедры «Анатомия и физиология человека» имени профессора, заслуженного деятеля науки РФ А.П. Кузнецова, Курганский государственный университет, Курган, e-mail: doctor-tkachenko@yandex.ru.
Антон Игоревич Мельников – аспирант академической кафедры «Анатомия и физиология человека» имени профессора, заслуженного деятеля науки РФ А.П. Кузнецова, Курганский государственный университет, Курган, e-mail: a.melnik@hotmail.com.
Георгий Александрович Кузнецов – младший научный сотрудник ЗАО «Фарм-Холдинг», Санкт-Петербург, e-mail: vip.kuznetsoa@mail.ru.
Нина Витальевна Сажина – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры «Биология», Курганский государственный университет, Курган, e-mail: sazhina67@mail.ru.
Лада Николаевна Смелышева – доктор медицинских наук, профессор, руководитель академической кафедры «Анатомия и физиология человека» имени профессора, заслуженного деятеля науки РФ А.П. Кузнецова, заведующая лабораторией «Физиология экстремальных состояний», эксперт Российской Академии Наук (РАН), руководитель научного направления «Механизмы влияния эмоционального стресса на функции различных систем организма в зависимости от тонуса вегетативной нервной системы», Курганский государственный университет, Курган, e-mail: smelisheva@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Mikhail V. Tkachenko – Postgraduate Student of the Academic Department “Human Anatomy and Physiology” named after Professor, Honored Scientist of the Russian Federation A.P. Kuznetsov, Kurgan State University, Kurgan, e-mail: doctor-tkachenko@yandex.ru.
Anton I. Melnikov – Postgraduate Student of the Academic Department “Human Anatomy and Physiology” named after Professor, Honored Scientist of the Russian Federation A.P. Kuznetsov, Kurgan State University, Kurgan, e-mail: a.melnik@hotmail.com.
Georgy A. Kuznetsov – Junior Researcher, “Farm-Holding” CJSC, Saint Petersburg, e-mail: vip.kuznetsoa@mail.ru.
Nina V. Sazhina – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Biology, Kurgan State University, Kurgan, e-mail: sazhina67@mail.ru.
Lada N. Smelysheva – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Academic Department “Human Anatomy and Physiology” named after Professor, Honored Scientist of the Russian Federation A.P. Kuznetsov, Head of the “Physiology of Extreme Conditions” Laboratory, Expert of RAS, Head of the research field “Mechanisms of the influence of emotional stress on the functions of various body systems depending on the autonomic nervous system’s tone”, Kurgan State University, Kurgan, e-mail: smelisheva@yandex.ru.

Для цитирования: Особенности состава тела атлетов, занимающихся кроссфитом / М.В. Ткаченко, А.И. Мельников, Г.А. Кузнецов [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_21

For citation: Tkachenko M.V., Melnikov A.I., Kuznetsov G.A., Sazhina N.V., Smelysheva L.N. Body composition features of CrossFit athletes. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_21

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_22
УДК 612.886

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_22
UDC 612.886

БИЛАТЕРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОСТУРАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ НА ФОНЕ УТОМЛЕНИЯ У КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ БОКСОМ

А.С. Тришин, Е.С. Тришин, Е.М. Бердичевская, Р.Р. Мурсалов
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», г. Краснодар, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Утомление приводит к снижению постуральной устойчивости, однако его влияние на равновесие спортсменов остается недостаточно изученным. В связи с этим целью работы явилось исследование особенностей билатеральной организации позы у квалифицированных боксеров в покое и на фоне физического утомления. ***Методы.*** В исследовании участвовали 24 боксера (мастера спорта, кандидаты в мастера спорта) с правым моторным профилем. Использовался двухплатформенный компьютерный стабилоанализатор (ЗАО «ОКБ «РИТМ», Таганрог) в тесте Ромберга до и после физической нагрузки. ***Результаты*.** Боксеры показали большую устойчивость, чем лица, не занимающиеся спортом, и эта разница увеличивалась при усложнении условий. Билатеральный анализ постуральной устойчивости показал, что у спортсменов в простых условиях прямостояния вклад правой и левой опоры симметричен. Однако после физической нагрузки симметрия нарушается. На протяжении всего исследования левая нога играет ключевую роль в компенсации нарушений равновесия. ***Заключение.*** Обнаруженные особенности билатеральной организации позы у боксеров являются результатом совершенствования системы постуральной регуляции в процессе индивидуального развития и тренировок.
Ключевые слова: постуральная устойчивость, билатеральная стабилография, высококвалифицированные боксеры с правым моторным профилем асимметрии, утомление.

BILATERAL ANALYSIS OF POSTURAL STABILITY IN QUALIFIED BOXERS IN CONDITIONS OF FATIGUE

A.S. Trishin, E.S. Trishin, E.M. Berdichevskaya, R.R. Mursalov
Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Fatigue leads to poorer postural stability, but its effect on the balance of athletes remains understudied. In this regard, the aim of the work was to study the features of the bilateral postural organization in qualified boxers at rest and in conditions of physical fatigue. ***Methods.*** The study involved 24 boxers (Masters of Sports, Candidates for Master of Sports) with a right motor profile. A two-platform computer stability analyzer (Special Research and Development Laboratory “RITM”, Taganrog) was used in the Romberg test before and after physical activity. ***Results.*** Boxers have demonstrated better stability than non-athletes, and this difference has increased as conditions became more difficult. A bilateral analysis of postural stability has shown that in athletes in simple upright pose conditions, the contribution of the right and left supports is symmetrical. However, after physical activity, the symmetry is disturbed. Throughout the study, the left leg plays a key role in compensating for balance disorders. ***Conclusion.*** The revealed features of the bilateral postural organization in boxers are the result of improving the postural regulation system in the process of individual development and training.
Keywords: postural stability, bilateral stabilography, highly qualified boxers with a right motor asymmetry profile, fatigue.

Введение. Постуральная устойчивость – центральное звено реализации потенциала в спортивной практике [1, 2]. Под влиянием систематических и целенаправленных физических нагрузок происходят развитие и оптимизация систем, отвечающих за постуральную устойчивость [3, 4]. В боксе, по сравнению с обычными условиями прямостояния, предъявляются повышенные требования к функции равновесия. Данный

факт объясняется непрерывным воздействием боксеров друг на друга с целью нарушения равновесия противника (вплоть до падения на ринг при нокдауне или нокауте). Таким образом, умение сохранять равновесие в условиях боя является одним из ключевых элементов, определяющих успех боксера в поединке.

Важным фактором, определяющим уровень постуральной регуляции, является межполушарная асимметрия [5]. Установлено, что для основных афферентных, эфферентных и центральных отделов постуральной системы характерны признаки функциональных асимметрий [6].

Известно, что уровень постуральной устойчивости может значительно снижаться под влиянием утомления [7], однако его влияние на способность боксеров сохранять равновесие пока остается малоизученным.

В связи с этим целью работы явилось исследование особенностей билатеральной организации позы у квалифицированных боксеров в покое и на фоне физического утомления.

Методы и организация исследования. В исследовании участвовали 24 высококвалифицированных боксера с правым моторным профилем: 10 мастеров спорта и 14 кандидатов в мастера спорта (средний возраст – 22,5±3,2 года). Контрольную группу составили 26 студентов Кубанского государственного университета физической культуры, спорта и туризма, которые не специализируются в каком-либо избранном виде спорта.

Анализ билатеральной постуральной регуляции осуществляли при помощи двухплатформенного компьютерного стабилоанализатора в тесте Ромберга (ЗАО «ОКБ «РИТМ», Таганрог), который проводили дважды: до субмаксимальной нагрузки и через 2 минуты после нее. Исследуемые выполняли на велоэргометре нагрузку субмаксимальной мощности в течение пяти минут. Сопротивление вращению педалей составляло 5 Вт на кг массы тела спортсмена. Нагрузку прекращали при частоте сердечных сокращений выше 180 мин$^{-1}$, измеряемой нагрудным датчиком «Polar H10» (Финляндия). В качестве теста постуральной устойчивости использовали простую пробу Ромберга с открытыми (ОГ) и закрытыми (ЗГ) глазами.

Для анализа устойчивости в поддержании вертикальной позы использовали следующие показатели статокинезиограммы (СКГ): Q(y), мм – разброс центра давления (ЦД) в сагиттальной плоскости; Q(x), мм – разброс ЦД во фронтальной плоскости; ЛСС, мм/с – линейная средняя скорость перемещения ЦД; УСС, °/с – угловая средняя скорость перемещения ЦД; EllS, мм^2 – площадь доверительного эллипса.

Для определения моторного профиля применяли методику профессора Е.М. Бердичевской, включающую 25 проб для выявления предпочтений в моторике верхних и 11 для нижних конечностей [5].

Математическую обработку проводили при помощи программы «Statistica 12» (Statsoft, США). Анализировали усредненные стабилографические показатели для обеих платформ ($СКГ_{ср.}$), а также для левой ($СКГ_1$) и правой ($СКГ_2$) платформ по отдельности, рассчитывали среднее арифметическое (M) и ошибку среднего (±m). Анализ проведен с использованием t-критерия Стьюдента для связанных и несвязанных выборок после проверки нормальности распределения критерием Колмогорова-Смирнова. Различия считали значимыми при $p<0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. *Анализ усредненных характеристик постуральной устойчивости ($СКГ_{ср.}$) у боксеров до и после нагрузки.* Исследование устойчивости позы при проведении теста Ромберга с ОГ до нагрузки продемонстрировало (табл. 1), что показатели $СКГ_{ср.}$ у боксеров были аналогичны показателям контрольной группы ($p>0,05$). По-видимому, это объясняется простотой поддержания равновесия в данном тесте, когда компенсаторные механизмы системы равновесия одинаково успешно способны поддерживать вертикальное положение тела как у боксеров, так и у представителей контрольной группы [3].

Анализ постуральной устойчивости в тесте Ромберга (с закрытыми глазами) показал, что постуральная стратегия боксеров по всем показателям была более надежна, чем в контрольной группе ($p<0,05$; табл. 1). Действительно, сложные позы требуют

дополнительных ресурсов для стабилизации функции равновесия, которые лучше развиты у спортсменов [8]. Более эффективный постуральный баланс спортсменов может объясняться совершенствованием функций проприоцептивной, тактильной и вестибулярной сенсорных систем при ограничении зрительного контроля [9].

Таблица 1

Показатели усредненной статокинезиограммы ($СКГ_{ср.}$) в тесте Ромберга у боксеров и группы контроля до нагрузки, M±m

Показатели	Боксеры (n=24)		Контроль (n=26)	
	ОГ	ЗГ	ОГ	ЗГ
Q(x), мм	0,9±0,1	1,2±0,1▪	1,1±0,1	2,7±0,3*▪
Q(y), мм	1,8±0,2	3,3±0,2▪	2,1±0,2	4,3±0,4*▪
EIIS, мм^2	20,5±1,8	41,4±2,7▪	23,4±9,1	77,9±3,5*▪
ЛСС, мм/с	6,5±0,5	10,9±0,9▪	7,2±0,6	16,2±0,7*▪
УСС, °/с	26,2±1,9	23,1±2,4▪	30,5±3,6	27,3±3,5*▪

Примечание: Q(x) – разброс центра давления во фронтальной плоскости; Q(y) – разброс центра давления в сагиттальной плоскости; EllS – площадь доверительного эллипса; ЛСС – линейная средняя скорость перемещения центра давления; УСС – угловая средняя скорость перемещения центра давления; ▪ – различия показателей между ОГ и ЗГ ($p<0,05$); * – различия показателей между боксерами и контролем ($p<0,05$); ОГ – открытые глаза; ЗГ – закрытые глаза.

При переходе от поддержания равновесия с открытыми глазами к закрытым в обеих группах показатели Qx, Qy, EllS, ЛСС статистически значимо увеличивались ($p<0,05$). Исключение составило уменьшение УСС ($p<0,05$). Известно, что ЛСС и УСС отражают две разные стратегии поддержания равновесия: «бедренную» и «голеностопную». Так, в стандартных условиях с участием всех постуральных звеньев используется «голеностопная» стратегия, а при сложных условиях (например, депривации зрения) система выбирает «бедренную», что находит отражение в увеличении ЛСС и параллельном снижении УСС [4].

У боксеров на фоне физического утомления с ОГ и ЗГ наблюдалось ухудшение поддержания равновесия по всем показателям ($p<0,05$; табл. 2). В контрольной группе наблюдалась аналогичная динамика, что закономерно, т.к. утомление снижает способность центральной нервной системы обрабатывать, передавать и интегрировать сенсорную информацию. Это, в свою очередь, негативно сказывается на равновесии [7].

Таблица 2

Показатели усредненной статокинезиограммы ($СКГ_{ср.}$) в тесте Ромберга у боксеров и группы контроля в состоянии утомления после нагрузки, M±m

Показатели	Боксеры (n=24)		Контроль (n=26)	
	ОГ	ЗГ	ОГ	ЗГ
Q(x), мм	3,1±0,2	4,9±0,4▪	3,7±0,3	6,6±0,9*▪
Q(y), мм	5,2±0,3	7,3±0,4▪	7,4±0,5*	10,2±1,2*▪
EIIS, мм^2	96,5±12,1	171,5±16,3▪	142,5±24,7*	266,5±34,3*▪
ЛСС, мм/с	11,2±0,6	16,3±1,3▪	14,9±1,2*	21,7±1,3*▪
УСС, °/с	31,3±2,1	28,1±2,9▪	35,5±3,8*	31,3±3,9*▪

Примечание: Q(x) – разброс центра давления во фронтальной плоскости; Q(y) – разброс центра давления в сагиттальной плоскости; EllS – площадь доверительного эллипса; ЛСС – линейная средняя скорость перемещения центра давления; УСС – угловая средняя скорость перемещения центра давления; ▪ – различия показателей между ОГ и ЗГ ($p<0,05$); * – различия показателей между боксерами и контролем ($p<0,05$); ОГ – открытые глаза; ЗГ – закрытые глаза.

Анализ постуральной устойчивости в позе Ромберга с ОГ после нагрузки показал преимущество боксеров над контролем по показателям Qy, EllS, ЛСС и УСС ($p<0,05$). При поддержании позы Ромберга с ЗГ в контрольной группе наблюдалось тотальное снижение устойчивости, которое резко увеличило преимущество спортсменов по всем показателям $СКГ_{ср.}$ ($p<0,05$).

Исследование постурального баланса при выраженном утомлении после субмаксимальной нагрузки показало так же, как и до нагрузки значительное увеличение ЛСС при уменьшении УСС в обеих группах ($p<0,05$). Эти результаты указывают на уменьшение напряжения постуральных механизмов в области голеностопного сустава и повышение значимости «бедренной» стратегии для поддержания равновесия как при открытых, так и при закрытых глазах.

Билатеральная характеристика постуральной устойчивости у боксеров до и после нагрузки. В состоянии покоя (до начала нагрузки) билатеральный анализ стабилографических данных в тесте Ромберга с ОГ показал, что левая ($СКГ_1$) и правая ($СКГ_2$) опоры вносят симметричный вклад в поддержание равновесия у исследуемых обеих групп ($p>0,05$, табл. 3).

При выполнении теста с ЗГ симметрия вклада опор у боксеров сохранялась несмотря на усложнение условий поддержания позы ($p>0,05$). Однако в контрольной группе это вызвало нарушение симметрии и усиление роли левой (неведущей) ноги в поддержании вертикальной позы. Это подтвердилось результатами EIIS ($p<0,05$), как показано в таблице 3.

В тесте Ромберга с ОГ при утомлении после субмаксимальной велоэргометрической нагрузки у обеих групп обнаружена асимметрия стабилографических показателей для левой и правой опор ($p<0,05$, табл. 4). У боксеров были обнаружены различия между показателями EIIS и УСС, в то время как в контрольной группе различия проявились между Qy, EIIS и УСС ($p<0,05$).

Таблица 3

Показатели статокинезиограммы отдельно для левой ($СКГ_1$) и правой ($СКГ_2$) опоры в тесте Ромберга у боксеров и группы контроля до нагрузки, M±m

Показатели	Боксеры (n=24)		Контроль (n=26)	
	$СКГ_1$	$СКГ_2$	$СКГ_1$	$СКГ_2$
Открытые глаза				
Q(x), мм	0,9±0,1	0,8±0,1	1,3±0,1	1,1±0,2
Q(y), мм	1,9±0,2	1,5±0,2	2,5±0,2	2,1±0,1
EIIS, мм^2	22,6±2,1	19,4±1,9	25,9±9,2	21,1±9,2
ЛСС, мм/с	6,9±0,7	6,2±0,5	7,7±0,7	7,1±0,4
УСС, °/с	27,1±1,8	25,8±1,9	31,6±3,7	30,1±3,4
Закрытые глаза				
Q(x), мм	1,3±0,1▪	1,1±0,1▪	3,1±0,4▪	2,5±0,2▪
Q(y), мм	3,5±0,4▪	3,1±0,2▪	4,6±0,6▪	4,1±0,4▪
EIIS, мм^2	44,1±2,8▪	39,5±2,6▪	81,3±3,9▪	62,7±3,1 ⁑ ▪
ЛСС, мм/с	12,3±1,3▪	11,1±1,3▪	16,9±0,8▪	15,8±0,7▪
УСС, °/с	23,4±2,5	23,1±2,4	27,8±3,6	26,5±3,5

Примечание: $СКГ_1$ – статокинезиограмма для левой опоры; $СКГ_2$ – статокинезиограмма для правой опоры; Q(x) – разброс центра давления во фронтальной плоскости; Q(y) – разброс центра давления в сагиттальной плоскости; EllS – площадь доверительного эллипса; ЛСС – линейная средняя скорость перемещения центра давления; УСС – угловая средняя скорость перемещения центра давления; ▪ – различия показателей между ОГ и ЗГ ($p<0,05$); ⁑ – различия между показателями $СКГ_1$ и $СКГ_2$ ($p<0,05$).

Нарушение симметрии вклада правой и левой опор в вертикальную устойчивость указывает на значительное напряжение механизмов постуральной регуляции [10]. Показатели статокинезиограммы для левой опоры ($СКГ_1$) значительно увеличились, что свидетельствует о возросшей роли левой (неведущей) ноги в обеих группах для

компенсации нарушений равновесия позы. Результаты соответствуют современным представлениям о межполушарной асимметрии в поддержании вертикальной позы [6, 11]. Правое полушарие мозга, особенно его теменно-височные области, выполняет основную функцию в регуляции статических двигательных задач. Эти области отвечают за создание «схемы тела», интегрируя кинестетическую и проприоцептивную информацию.

В тесте Ромберга с ЗГ у исследуемых обеих групп наблюдалась еще более выраженная асимметрия в показателях статокинезиограммы левой и правой стоп ($p<0,05$, табл. 4). У боксеров выявлены различия между Qy, EIIS и ЛСС, в контроле – между Qx, Qy, EIIS, ЛСС ($p<0,05$). При этом левая (неведущая) нога продолжала играть ключевую роль в компенсации отклонений вертикальной позы в обеих группах, что подтвердилось высокими стабилографическими показателями. Ведущая нога сохраняла устойчивость, несмотря на усталость.

Асимметрия стабилографических показателей левой ($СКГ_1$) и правой ($СКГ_2$) опор у боксеров проявлялась только на фоне утомления после физической нагрузки, в то время как у контрольной группы она возникала уже при закрытии глаз ($p<0,05$, табл. 3, 4). Симметрия вклада ног в вертикальную устойчивость у спортсменов сохранялась даже при усложнении позы (за счет депривации зрительного контроля), требующей дополнительных ресурсов для поддержания равновесия. Это еще раз указывает на высокий уровень постуральной устойчивости у высококвалифицированных боксеров, что является результатом совершенствования всей многоуровневой системы постуральной регуляции в процессе индивидуального развития и тренировок [8, 12].

Таблица 4

Показатели статокинезиограммы отдельно для левой ($СКГ_1$) и правой ($СКГ_2$) опоры в тесте Ромберга у боксеров и группы контроля после нагрузки, M±m

Показатели	Боксеры (n=24)		Контроль (n=26)	
	$СКГ_1$	$СКГ_2$	$СКГ_1$	$СКГ_2$
Открытые глаза				
Qx, мм	3,1±0,1	3,2±0,2	3,8±0,4	3,6±0,3
Qy, мм	5,5±0,3	5,1±0,3	8,1±0,6	7,1±0,4 ⁑
EIIS, мм^2	99,8±12,5	91,4±11,9 ⁑	155,3±25,6	134,2±24,1 ⁑
ЛСС, мм/с	11,6±0,7	10,9±0,5	14,1±1,3	12,2±1,1
УСС, °/с	34,1±2,2	30,2±1,9 ⁑	38,5±3,9	32,1±3,8 ⁑
Закрытые глаза				
Qx, мм	5,1±0,1▪	4,9±0,1▪	7,5±1,1▪	6,4±0,9 ⁑ ▪
Qy, мм	7,6±0,4▪	6,2±0,3▪ ⁑	10,9±1,4	9,8±1,3 ⁑
EIIS, мм^2	181,5±20,3▪	162,5±9,4 ⁑ ▪	272,5±39,6▪	262,5±33,7 ⁑ ▪
ЛСС, мм/с	16,6±1,3▪	15,5±1,3 ⁑ ▪	22,4±1,3▪	21,1±1,3 ⁑ ▪
УСС, °/с	28,3±2,9	27,2±2,9	31,8±3,8	30,4±3,9

Примечание: $СКГ_1$ – статокинезиограмма для левой опоры; $СКГ_2$ – статокинезиограмма для правой опоры; Q(x) – разброс центра давления во фронтальной плоскости; Q(y) – разброс центра давления в сагиттальной плоскости; EllS – площадь доверительного эллипса; ЛСС – линейная средняя скорость перемещения центра давления; УСС – угловая средняя скорость перемещения центра давления; ▪ – различия показателей между ОГ и ЗГ ($p<0,05$); ⁑ – различия между показателями $СКГ_1$ и $СКГ_2$ ($p<0,05$).

Заключение. Квалифицированные боксеры отличаются более совершенной системой постуральной регуляции. Они проявили большую устойчивость в вертикальной позе, чем участники контрольной группы, как до, так и после физической нагрузки. Эти различия особенно заметны при усложненных условиях (депривации зрения, утомлении). Причины таких различий связаны с генетическими и адаптационными факторами – развитие у боксеров проприоцептивной и вестибулярной систем

улучшает интеграцию информации в центральной нервной системе и позволяет создавать более точные постуральные команды, обеспечивающие сохранение равновесия.

Билатеральный анализ постуральной устойчивости позволяет определить, какой вклад в поддержание равновесия у боксеров вносят правая и левая опоры. Так, в простых условиях поддержания вертикальной позы, независимо от того открыты или закрыты глаза, обе опоры вносят равноценный вклад в сохранении вертикального положения. Однако при усложнении условий прямостояния, например, после физической нагрузки, регуляторная симметрия нарушается. Результаты исследования указывают на ключевую роль левой (неведущей) ноги (следовательно, и правого полушария) у спортсменов в попытках своевременной компенсации угрожающих падением на ринг нарушений вертикальной позы.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тришин, А.С. Особенности постуральной устойчивости у баскетболистов в течение годичного макроцикла тренировочного процесса / А.С. Тришин, Е.М. Бердичевская, Е.С. Тришин // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8. – № 4(30). DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_04_15.
2. Оценка максимальной способности удержания вертикальной позы на нестабильной опоре / А.А. Мельников, А.Ю. Пеганов, Т.П. Ширяева, В.Д. Сонькин // Физиология человека. – 2025. – Т. 51. – № 6. – С. 58-71.
3. Horak, F.B. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? / F.B. Horak // Age and Ageing. – 2006. – Vol. 35. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16926210/ (дата обращения: 02.02.2026).
4. Высокая тактильная чувствительность подошвы у спортсменов способствует повышению устойчивости вертикальной позы в сложных сенсорных условиях / А.А. Мельников, В. Ли, С.Д. Шипунов [и др.] // Российский журнал информационных технологий в спорте. – 2024. – Т. 1. – № 3. – С. 22-29.
5. Бердичевская, Е.М. Функциональные асимметрии в спорте: курс лекций / Е.М. Бердичевская, Е.С. Тришин. – Краснодар: КГУФКСТ, 2017. – 120 с.
6. Жаворонкова, Л.А. Нейрофизиология: межполушарная асимметрия мозга человека (правши-левши): монография / Л.А. Жаворонкова. – М.: Издательство Юрайт, 2025. – 217 с.
7. Николаев, Р.Ю. Эффект утомления абдукторов бедра на устойчивость вертикальной позы во фронтальной и сагиттальной плоскости / Р.Ю. Николаев, А.А. Мельников, А.В. Борисов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2014. – № 10. – С. 227-236.
8. Postural stability in athletes: The role of sport direction / A. Andreeva, A. Melnikov, D. Skvortsov [et al.] // Gait & Posture. – 2021. – Vol. 89 – P. 120-125.
9. Paillard, T. Relationship between sport expertise and postural skills / T. Paillard // Frontiers in Physiology. – 2019. – Vol. 10. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31293483/ (дата обращения: 02.02.2026).
10. Педагогические аспекты спортивной деятельности. Статодинамические особенности удержания позы и сравнение распределения давления под стопой у баскетболистов до и после тренировки / Р. Васильев, П. Рубин, И. Васильева, С. Милославльевичь // Теоретико-методологические и прикладные аспекты социальных институтов права, экономики, управления и образования: материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, Красково, 21 апреля 2016 г. – М.: Издательство «Перо», 2016. – С. 236-240.
11. Боброва, Е.В. Современные представления о корковых механизмах и межполушарной асимметрии контроля позы (обзор литературы по проблеме) / Е.В. Боброва // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. – 2008. – Т. 58. – № 1. – С. 12-27.
12. Judo, better than dance, develops sensorimotor adaptabilities involved in balance control / P. Perrin, D. Deviterne, F. Hugel, C. Perrot // Gait Posture. – 2002. – Vol. 15. – P. 187-194.

REFERENCES

1. Trishin A.S., Berdichevskaya E.M., Trishin E.S. Features of postural stability in basketball players during the annual macrocycle of the training process. *Modern Issues of Biomedicine*, 2024, vol. 8, no. 4(30). DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_04_15. (in Russ.)
2. Melnikov A.A., Peganov A.Yu. et al. Assessment of the maximum ability to maintain an upright position on an unstable support. *Human Physiology*, 2025, vol. 51, no. 6, pp. 58-71. (in Russ.)

3. Horak F.B. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age and Ageing*, 2006, vol. 35. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16926210/ (accessed: 02.02.2026).
4. Mel'nikov A., Li W. et al. The higher tactile sensitivity of the sole in athletes helps to increase the postural stability in difficult sensory conditions. *Russian Journal of Information Technology in Sports*, 2024, vol. 1, no. 3, pp. 22-29. (in Russ.)
5. Berdichevskaya E.M., Trishin E.S. Functional asymmetries in sports: a course of lectures. Krasnodar: KGUFKST, 2017. 120 p. (in Russ.)
6. Zhavoronkova L.A. Neurophysiology: interhemispheric asymmetry of the human brain (right-handed-left-handed): monograph. Moscow: Yurait Publishing House, 2025. 217 p. (in Russ.)
7. Nikolaev R.Y., Melnikov A.A., Borisov A.V. The effects of thigh abductors fatigue on postural stability in the frontal and sagittal plane. *Izvestiya SFedU. Engineering sciences*, 2014, no. 10, pp. 227-236. (in Russ.)
8. Andreeva A., Melnikov A., Skvortsov D. et al. Postural stability in athletes: The role of sport direction. *Gait & Posture*, 2021, vol. 89, pp. 120-125.
9. Paillard T. Relationship between sport expertise and postural skills. *Frontiers in Physiology*, 2019, vol. 10. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31293483/ (accessed: 02.02.2026).
10. Vasiliev R., Rubin P., Vasilyeva I., Miloslavlevichi S. Pedagogical aspects of sports activity. Statodynamic features of posture retention and comparison of pressure distribution under the foot of basketball players before and after training. Theoretical, methodological and applied aspects of social institutions of law, economics, management and education: proceedings of the All-Russian Scientific Conference with international participation, Kraskovo, April 21, 2016. Moscow: Pero Publishing House, 2016, pp. 236-240. (in Russ.)
11. Bobrova E.V. Modern concepts of cortical mechanisms and interhemispheric asymmetry of posture control (literature review on the problem). *I.P. Pavlov Journal of Higher Nervous Activity*, 2008, vol. 58, no. 1, pp. 12-27. (in Russ.)
12. Perrin P., Deviterne D. et al. Judo, better than dance, develops sensorimotor adaptabilities involved in balance control. *Gait Posture*, 2002, vol. 15, pp. 187-194.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Алексей Степанович Тришин – кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар, e-mail: trishin1988@inbox.ru.
Евгений Степанович Тришин – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры физиологии, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар, e-mail: evgenijtrishin@yandex.ru.
Елена Маевна Бердичевская – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры физиологии, Заслуженный деятель науки Кубани, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар, e-mail: emberd@mail.ru.
Ринат Руфатович Мурсалов – магистрант кафедры физиологии, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар, e-mail: saint0g@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Aleksej S. Trishin – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Physiology Department, Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar, e-mail: trisgin1988@inbox.ru.
Evgenij S. Trishin – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Physiology Department, Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar, e-mail: evgenijtrishin@yandex.ru.
Elena M. Berdichevskaya – Doctor of Medical Sciences, Honored Scientist of Kuban, Professor of the Physiology Department, Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar, e-mail: emberd@mail.ru.
Rinat R. Mursalov – Master's Student of the Physiology Department, Kuban State University of Physical Education, and Tourism, Krasnodar, e-mail: saint0g@mail.ru.

Для цитирования: Билатеральный анализ постуральной устойчивости на фоне утомления у квалифицированных спортсменов, занимающихся боксом / А.С. Тришин, Е.С. Тришин, Е.М. Бердичевская, Р.Р. Мурсалов // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_22

For citation: Trishin A.S., Trishin E.S., Berdichevskaya E.M., Mursalov R.R. Bilateral analysis of postural stability in qualified boxers in conditions of fatigue. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_22

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_23
УДК 612.821

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_23
UDC 612.821

ПОКАЗАТЕЛИ СВОЙСТВ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ДЕВОЧЕК ВОСЬМЫХ И ДЕСЯТЫХ КЛАССОВ В УСЛОВИЯХ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО И ПРОФИЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ

Н.С. Куприна
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный педагогический университет», г. Новосибирск, Россия

Аннотация. ***Введение***. Углубленное изучение предметов требует высокой степени концентрации и усилий от обучающихся, что может создать значительную учебную нагрузку. Цель исследования: изучить показатели нервной системы девочек, обучающихся в 8 и 10 профильных и специализированных классах. ***Методы.*** Для измерения силы нервной системы была использована методика «Теппинг-тест». ***Результаты.*** Девочки 8 специализированного и 10 профильного классов демонстрируют большую силу и более высокую точность выполнения моторного акта, что указывает на высокий уровень развития нервных процессов по отношению к девочкам 8 профильного и 10 специализированного классов. ***Заключение.*** Для эффективной работы с обучающимися профильных и специализированных классов необходимо изучать и учитывать их индивидуальные особенности, скорость врабатывания и уровень адаптированности к нагрузкам.
Ключевые слова: специализированные классы, профильные классы, теппинг-тест, сила нервных процессов, психофизиология.

INDICATORS OF THE PROPERTIES OF THE NERVOUS SYSTEM OF EIGHTH AND TENTH GRADE GIRLS IN SPECIALIZED AND PROFILED EDUCATION

N.S. Kuprina
Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia

Abstract. ***Introduction.*** In-depth study of subjects requires a high degree of concentration and effort, which can create a significant learning load. The objective of the work: to study the strength of girls' nervous processes girls studying in 8th and 10th profiled and specialized classes. ***Methods.*** The Tapping Test technique was applied to measure the strength of the nervous system. ***Results.*** Girls of the 8th specialized class and the 10th profiled class demonstrate greater strength and higher accuracy in performing the motor act, which indicates a high level of development of nervous processes in relation to girls of the 8th profiled class and 10th specialized class. ***Conclusion.*** To work effectively with students of specialized and profiled classes, it is necessary to study and take into account their individual characteristics, the speed of learning and the level of adaptability to loads.
Keywords: specialized classes, profiled classes, tapping test, strength of nervous processes, psychophysiology.

Введение. Современная школа направлена на формирование гибкой, конкурентоспособной личности, владеющей ключевыми компетенциями для ответа на социальные вызовы. Для этого эффективно используются профильные и специализированные классы как инструмент не просто углубленного образования, но и профессионально-ориентированной подготовки [1, 2].

Поступление обучающихся в профильные и специализированные классы проводится на конкурсной основе на основании вступительных испытаний, проводимых учреждением. Основными критериями являются мотивационная составляющая (например, написание эссе, прохождение входного собеседования), текущая успеваемость (средний балл по всем предметам) и сдача вступительного экзамена (тест, проверочная работа).

Работа с одаренными обучающимися в профильных и специализированных классах обусловлена не просто совпадением врожденных задатков и образовательной среды, но и их синергетическим взаимодействием: потенциал раскрывается не в изоляции, а в контексте среды, которая может как

ускорять развитие через стимулирующие ресурсы, так и тормозить его через инерционные практики, недостаток индивидуализации или культурное игнорирование исключительности. Эффективность педагогического сопровождения определяется способностью системы не просто «поддерживать» способности, но и активно «выращивать» их через целенаправленную, гибкую и эмпатичную среду [3, 4].

Углубленное изучение предметов требует высокой степени концентрации и усилий, что может создать значительную учебную нагрузку. В результате у обучающихся может формироваться состояние перегрузки, при котором учебные требования выходят за пределы адаптационных возможностей личности, провоцируя не только стресс, но и снижение мотивации к обучению [5].

Сила нервной системы является показателем общей работоспособности. Выделяют три основных типа нервной системы (сильный, стабильный и слабый) и два промежуточных типа (средне-сильный и средне-слабый) [6]. Люди с высокоразвитыми нервными процессами способны переносить более значительные и продолжительные нагрузки по сравнению с теми, у кого нервная система менее устойчива [7]. При этом у людей с ослабленной нервной системой наблюдается более быстрое утомление, возникающее в результате как психического, так и физического напряжения.

Для измерения силы нервной системы используют методику «Теппинг-тест». Данная методика была разработана Ильиным Е.П. в 1972 году, она служит для оценки характеристик нервной системы. Тест основан на измерениях изменений во времени максимального темпа теппинга (движений кисти, имитирующих работу «на телеграфном ключе»). Установлено, что утомление связано с развитием запредельного торможения в нервных центрах только при работе с максимальной интенсивностью [8, 9].

В большинстве физиологических работ с помощью теппинг-теста определяют свойства нервной системы у спортсменов [10, 11].

Однако, публикаций по изучению свойств нервной системы с помощью теппинг-теста у обучающихся профильных и специализированных классов обнаружено не было.

Цель нашего исследования: изучить показатели нервной системы девочек, обучающихся в 8-х и 10-х профильных и специализированных классах.

Методы и организация исследования. В исследовании приняли добровольное участие 46 девочек в возрасте 14-15 лет: 26 обучающихся 8-х профильных (8П) и специализированных классов (8С) и 20 обучающихся 10-х профильных (10П) и специализированных классов (10С). База проведения: муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Биотехнологический лицей № 21».

В соответствии с этическими нормами и требованиями Хельсинкской декларации о правах человека и биоэтики, протокол обследования был рассмотрен и одобрен на заседании кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности Новосибирского государственного педагогического университета (протокол № 1 от 04.09.2023). Родители участников исследования дали письменное согласие на обработку персональных данных.

Для оценки показателей силы нервных процессов была использована методика «Теппинг-тест» в аппаратно-программном комплексе «НС-Психотест» (Нейрософт, Россия) [12].

Перед обследованием всем испытуемым проводился краткий инструктаж. Обследуемый располагался сидя в удобной для себя позе. Ведущая рука обследуемого с зажатым в ней щупом располагалась над пластиной. Учет доминирующей руки является критическим фактором при интерпретации показателей максимального темпа выполнения заданий: у правшей и амбидекстров наблюдается значимое снижение устойчивости темпа на левой руке, у левшей –на правой [13, 14].

По команде «Старт» обследуемый наносил удары щупом по пластине, удерживая максимальный для себя темп, в течение 30 секунд. Важным условием выполнения теста для определения силы нервной системы является работа в максимальном темпе. Результаты обследования автоматически рассчитывались и заносились в базу данных.

Полученные материалы были обработаны с использованием программы Statistica. При обработке количественных показателей были использованы: проверка на нормальность распределения измеренных переменных на основе критериев Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка. Результаты параметрических методов обработки представлены как среднее значение показателя (M) и средняя квадратическая ошибка (σ). Анализ различий между показателями девочек из профильных и специализированных классов проводили с использованием t-критерия Стьюдента и считались достоверными при $p \leq 0,05$. Нормальное распределение подтверждали правилом трех сигм.

Результаты исследования и их обсуждение. При анализе результатов теппинг-теста девочек, обучающихся в 8-х профильных и специализированных классах, мы установили достоверные отличия (табл. 1).

Таблица 1

Результаты теппинг-теста девочек, обучающихся в 8-х профильных и специализированных классах, M±σ

Показатели	8С	8П
Средняя частота, Гц	7,0±0,2	6,6±0,2
Количество ударов, раз	205,9±5,3*	189,2±5,2
Уровень начального темпа работы, с	7,6±0,2*	6,9±0,2
Средняя величина различия в темпе, Гц	-0,3±0,03*	-0,2±0,05
Усредненный межударный интервал, мс	140,7±3,2*	153,5±5,2
Степень отклонения кривой работоспособности от исходного уровня, %	22,3±4,4	16,4±5,3
Показатель силы нервной системы	3,9±0,2	4±0,3

Примечание: 8С – обучающиеся 8-го специализированного класса; 8П – обучающиеся 8-го профильного класса; * – достоверные различия при $p \leq 0,05$

Высокое количество ударов – прямой показатель способности нервной системы поддерживать высокий уровень возбуждения в течение всего периода нагрузки. Девочки 8С демонстрируют более высокую силу нервных процессов и способны лучше выдерживать длительную интенсивную моторную нагрузку.

Начальный темп отражает скорость включения нервных процессов и максимальную способность к моторной инициации. Сила возбуждения в начальной фазе выше у обучающихся 8С. Таким образом, нервная система быстрее достигает максимального уровня активации по отношению к обучающимся 8П. У девочек 8С наблюдаются более высокая возбудимость корковых структур, более эффективная передача импульсов от моторной коры к периферическим мышцам и более быстрая моторная активация.

При рассмотрении показателя «Средняя величина различия в темпе» мы наблюдаем отрицательное значение. Отрицательное значение демонстрирует снижение темпа, что является признаком усталости или истощения нервных процессов. Девочки 8С имеют более высокую силу возбуждения, но низкую уравновешенность (недостаточную силу торможения).

Девочки 8С демонстрируют не только большую силу, но и более высокую точность выполнения моторного акта, что указывает на высокий уровень развития нервных процессов. Девочки 8П имеют более сбалансированную, устойчивую нервную систему, но менее выраженную силу возбуждения.

На следующем этапе работы был проведен анализ результатов девочек, обучающихся в 10-х профильных и специализированных классах (табл. 2).

Общая продуктивность при максимальной нагрузке является основным показателем силы нервных процессов. Более высокое число ударов у девочек 10П говорит о том, что их нервная система лучше выдерживает длительную интенсивную моторную активность по отношению к девочкам 10С.

Таблица 2

Результаты теппинг-теста девочек, обучающихся в 10-х профильных и специализированных классах, M±σ

Показатели	10С	10П
Средняя частота, Гц	6,3±0,2**	7,4±0,2
Количество ударов, раз	185,1±6,3**	214,5±6
Уровень начального темпа работы, с	6,9±0,3*	8,1±0,4
Средняя величина различия в темпе, Гц	0,2±0,04	0,2±0,07
Усредненный междударный интервал, мс	166,1±7,7**	137,8±3,7
Степень отклонения кривой работоспособности от исходного уровня, %	21,7±3,3	28,4±5,3
Показатель силы нервной системы	3,9±0,2	3,7±0,2

Примечание: 10С – обучающиеся 10-го специализированного класса; 10П – обучающиеся 10-го профильного класса; * – достоверные различия при $p \leq 0,05$; ** – достоверные различия при $p \leq 0,01$.

С помощью анализа средней частоты ударов определяется подвижность нервных процессов [15]. Средняя частота – это средняя производительность за весь тест, включая возможное замедление. Высокая средняя частота у девочек 10П означает, что они не только начинают быстрее, но и сохраняют высокий уровень активности на протяжении всего теста. Девочки 10С демонстрируют более низкую устойчивость нервных процессов – сила возбуждения выражена слабее по отношению к девочкам 10П. Девочки 10П демонстрируют большую силу возбуждения, высокую устойчивость и точность моторного контроля (сбалансированная сильная нервная система).

Заключение. Проведенная оценка особенностей нервной системы у девочек, обучающихся в профильных и специализированных классах, позволяет сделать следующие выводы:

- у девочек 8С, несмотря на высокую начальную продуктивность (205,9±5,3 уд.) и быстрый старт (7,6±0,2 уд/с), наблюдается снижение темпа на 0,3±0,03 уд/с, что свидетельствует о возможной перегрузке корковых структур. Полученные результаты следует рассматривать как переизбыток возбуждения без адекватного тормозного контроля. Таким образом, мы считаем, что девочки 8С эффективны в краткосрочных, высоконагруженных задачах (экзамены, олимпиады, соревнования), но возможно будут более уязвимы к хроническому стрессу и монотонным действиям;
- девочки 8П демонстрируют меньшую силу по сравнению с девочками 8С, но при этом имеют хорошую регуляцию. Их темп не взрывной, но стабильный. Их вариабельность является оптимальной;
- у девочек 10П высокий начальный темп (8,1±0,4 уд/с) сочетается с минимальной вариабельностью интервалов (137,8±3,7 мс) и устойчивым средним темпом (7,4±0,2 уд/с). Это может свидетельствовать о том, что девочки 10П могут выдерживать нагрузки и их оптимизировать;
- девочки 10С демонстрируют низкую силу возбуждения, высокую вариабельность (166,1±7,7 мс) и низкую общую продуктивность. Это может свидетельствовать о неадаптированности нейронных сетей к требованиям максимальной нагрузки или низкой мотивированности обучающихся в выполнении данного задания. Обучающимся требуется тренировка ритма, переключение внимания, расслабление.

Для эффективной работы с обучающимися профильных и специализированных классов необходимо изучать и учитывать их индивидуальные особенности, скорость врабатывания и уровень адаптированности к нагрузкам. Важно создать условия для раскрытия потенциала, но при этом необходимо сохранять здоровье.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. Куприна, Н.С. Особенности вегетативной адаптации девочек-подростков в условиях специализированного обучения / Н.С. Куприна, М.А. Суботялов, М.С. Головин // Мир науки. Педагогика и психология. – 2025. – Т. 13. – № 5. – URL: https://mir-nauki.com/PDF/29PSMN525.pdf (дата обращения: 23.01.2026).
3. Голоднова, Е.А. Программа психолого-педагогического сопровождения специализированного класса МБОУ «Лицей № 81» / Е.А. Голоднова // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Педагогика. – 2012. – Т. 13. – № 2. – С. 120-130.
4. Поваляева, В.В. Внимание: одаренные дети! / В.В. Поваляева // Физическая культура в школе. – 2018. – № 5. – С. 22-27.
5. Суботялов, М.А. Функциональные и психофизиологические особенности школьников, обучающихся в условиях специализированного и профильного классов / М.А. Суботялов, Н.С. Шуленина, Н.С. Куприна // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. – 2014. – № 4. – С. 81-87.
6. Шумских, Д.С. Оценка успеваемости студентов с различным типом нервной системы с использованием разработанной программы для ПЭВМ «Теппинг-тест» / Д.С. Шумских, Р.С. Рахманов, А.Л. Орлов // Гигиена и санитария. – 2015. – Т. 94. – № 3. – С. 116-119.
7. Ильин, Е.П. Психомоторная организация человека / Е.П. Ильин. – М.: 2003. – 384 с.
8. Ильин, Е.П. Психофизиология состояний человека / Е.П. Ильин – СПб.: Питер, 2005. – 412 с.
9. Методика экспресс-диагностики свойств нервной системы по психомоторным показателям Е.П. Ильина (Теппинг-тест) / Практическая психодиагностика. Методики и тесты. Учебное пособие. Ред.-сост. Д.Я. Райгородский – Самара, 2001. – С. 528-530.
10. Нопин, С.В. Теппинг-тест как показатель эффективности, силы и выносливости нервной системы у спортсменов различных видах спорта / С.В. Нопин, Ю.В. Корягина, Ю.В. Кушнарева // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6. – № 2(19). DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_02_10.
11. Особенности функционального состояния центральной нервной системы у спортсменов с различной направленностью тренировочного процесса / О.И. Коломиец, Н.П. Петрушкина, Е.В. Быков, И.А. Якубовская // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2017. – Т. 12. – № 2. – С. 217-225.
12. Прима, О.С. Показатели силы нервных процессов у хоккеистов-подростков в зависимости от игрового амплуа / О.С. Прима, М.С. Головин, М.А. Суботялов // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2024. – Т. 10. – № 1. – С. 198-206.
13. Дорофеев, В.В. Использование методики теппинг-теста при определении вида двигательной активности студентов на занятиях физической культурой / В.В. Дорофеев, И.А. Бажина, В.В. Сафонова // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2022. – № 11(213). – С. 167-170.
14. Муфтахина, М.М. Особенности некоторых психофизиологических функций праворуких и леворуких боксеров / М.М. Муфтахина, Э.Ш. Шаяхметова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. – 2009. – № 10. – С. 285-291.
15. Будаева, Т.А. Оценка психомоторных показателей у студентов вуза методом теппинг-теста / Т.А. Будаева // Материалы Университетской студенческой научно-практической конференции Калужского государственного университета имени К.Э. Циолковского, Калуга, 22-23 апреля 2021 года. – Калуга: Изд-во Калуж. гос. ун-та им. К.Э. Циолковского, 2021. – С. 247-252.

REFERENCES

1. Kuprina N.S., Subotialov 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.)
2. Kuprina N.S., Subotyalov M.A., Golovin M.S. Features of vegetative adaptation in adolescent girls under specialized training conditions. *World of Science. Pedagogy and psychology*, 2025, vol. 13, no. 5. Available at: https://mir-nauki.com/PDF/-29PSMN525.pdf (accessed: 23.01.2026). (in Russ.)
3. Golodnova E.A. Program of psychological and pedagogical support of a specialized class at Municipal Budget Educational Institution “Lyceum № 81”. *Vestnik of Novosibirsk State University. Series: Pedagogy*, 2012, vol. 13, no. 2, pp. 120-130. (in Russ.)
4. Povalyaeva V.V. Attention: gifted children! *Fizicheskaya kul'tura v shkole*, 2018, no. 5, pp. 22-27. (in Russ.)
5. Subotyalov M.A., Shulenina N.S., Kuprina N.S. Functional and psychophysiological features of schoolchildren studying in specialized and specialized classes. *Novosibirsk State Pedagogical University Bulletin*, 2014, no. 4, pp. 81-87. (in Russ.)
6. Shumskikh D.S. Rakhmanov R.S., Orlov A.L. Assessment of performance in students with

different types of the nervous system with the use of the developed software for PC “Tapping-Test”. *Hygiene and sanitation*, 2015, vol. 94, no. 3, pp. 116-119. (in Russ.)
7. Il’in E.P. Human psychomotor organization. Moscow, 2003. 384 p. (in Russ.)
8. Il’in E.P. Psychophysiology of human conditions. Saint Petersburg: Piter, 2005. 412 p. (in Russ.)
9. Methods of express diagnosis of nervous system properties by psychomotor parameters by E.P. Il’in (Tapping test). Practical psychodiagnostics. Methods and tests. A textbook. Raigorodskij D.Ya., ed. Samara, 2001. pp. 528-530. (in Russ.)
10. Nopin S.V., Koryagina Yu.V., Kushnareva Yu.V. Tapping test as an indicator of efficiency, strength and endurance of the nervous system in athletes of different sports. *Modern Issues of Biomedicine*, 2022, vol. 6, no. 2. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_02_10. (in Russ.)
11. Kolomiets O.I., Petrushkina N.P., Bykov E.V., Yakubovskaya I.A. Functional state characteristics of central nervous system among sportsmen with different orientation of the training process. *Russian Journal of Physical Education and Sport*, 2017, vol. 12, no. 2, pp. 217-225. (in Russ.)
12. Prima O.S. Golovin M.S., Subotyalov M.A. Indicators of the strength of nervous processes in teenage hockey players, depending on the playing role. *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry,* 2024, vol. 10, no. 1, pp. 198-206. (in Russ.)
13. Dorofeev V.N., Bazhina I.N., Safonova V.N. Use of the tapping test techniques in deter mining the type of motor activity of students in physical education classes. *Scientific notes of the P.F. Lesgaft University*, 2022, no. 11(213), pp. 167-170. (in Russ.)
14. Muftakhina R.M., Shayakhmetova E.Sh. Special features of some psycho-physiological functions among dextral and sinistral boxers. *I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University Bulletin*, 2009, no. 10-1, pp. 285-291. (in Russ.)
15. Budaeva D.A. Assessment of psychomotor parameters in university students by tapping test. Materials of the University Student Scientific and Practical Conference of the Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky (Kaluga, April 22-23, 2021). Kaluga: Publishing House of the Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, 2021. pp. 247-252. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:
Нина Сергеевна Куприна – старший преподаватель, аспирант кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности, Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск, e-mail: kuprina_nina@inbox.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR:
Nina S. Kuprina – Senior Lecturer, Postgraduate Student of the Department of Anatomy, Physiology and Life Safety, Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, e-mail: kuprina_nina@inbox.ru.

Для цитирования: Куприна, Н.С. Показатели свойств нервной системы девочек восьмых и десятых классов в условиях специализированного и профильного обучения / Н.С. Куприна // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_23

For citation: Kuprina N.S. Indicators of the properties of the nervous system of eighth and tenth grade girls in specialized and profiled education. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_23

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_24
УДК 615.851.83

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_24
UDC 615.851.83

РЕСПИРАТОРНЫЕ РЕАКЦИИ И ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ПРЕДРЕАБИЛИТАЦИИ КОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ

Н.В. Архипова[1,2], Е.В. Быков[2]
[1]Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», г. Кемерово, Россия
[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный университет физической культуры», г. Челябинск, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Анализировали особенности оксигенации и психоэмоционального напряжения в стационарной реабилитации пациентов, подвергшихся коронарному шунтированию. ***Методы.*** В предреабилитации среди обследуемых применяли обучение дыхательной гимнастике и послеоперационному поведению в школе для больных, в группе контроля пациенты проходили предребилитацию без дополнительных мероприятий. ***Результаты.*** На основании сопоставления результатов нагрузочного и психологического тестирования установлена реакция внешнего дыхания лучшей и худшей переносимости физической нагрузки. ***Заключение.*** Вероятными признаками лучшей переносимости физической нагрузки, свидетельствующими о меньшей выраженности эмоциональных реакций и более благоприятных вентиляционно-перфузионных отношениях, являются: не вызывающее дискомфорт ощущение собственного дыхания, высокая сатурация и ее сохранность при физической нагрузке, в отличие от ощущения одышки, падения сатурации, характерных при состоянии повышенного стресса.
Ключевые слова: обучающая программа, коронарное шунтирование, респираторные осложнения, стресс-преодолевающее поведение, предреабилитация, ускоренное восстановление.

RESPIRATORY REACTIONS AND THEIR RELATIONSHIP WITH PSYCHOEMOTIONAL STRESS IN PREHABILITATION AFTER CORONARY ARTERY BYPASS GRAFTING

N.V. Arkhipova[1,2], E.V. Bykov[2]
[1]Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Kemerovo, Russia
[2]Ural State University of Physical Education, Chelyabinsk, Russia

Abstract. ***Introduction***. We analyzed the characteristics of oxygenation and psychoemotional stress during inpatient rehabilitation of patients after coronary artery bypass grafting. ***Methods.*** During prehabilitation, subjects were taught breathing exercises and postoperative behavior at a healthcare school for patients. The control group underwent prehabilitation without additional measures. ***Results.*** Based on a comparison of the results of exercise and psychological testing, the external respiration response of better and worse exercise tolerance was established. ***Conclusion.*** Probable signs of better exercise tolerance, indicating less pronounced emotional reactions and more favorable ventilation-perfusion relationships are: a comfortable awareness of one's own breathing, high saturation and its preservation during physical activity, in contrast to the feeling of shortness of breath and a drop in saturation, characteristic of a state of increased stress.
Keywords: educational program, coronary artery bypass grafting, respiratory complications, stress-coping behavior, prehabilitation, accelerated recovery.

Введение. В настоящее время на международном уровне чаще применяются образовательные программы предреабилитации для повышения готовности пациента к хирургическому вмешательству, лучшей переносимости и ускоренного послеоперационного восстановления [1]. Идеальной моделью стали различные программы вторичной профилактики [2], направленные на раннее выявление заболеваний и предупреждение обострений. Школы для больных ишемической

болезнью сердца (ИБС) продемонстрировали преимущества от знаний о болезни, лечения и изменения образа жизни [3]. С этой целью в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Научно-исследовательском институте комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний» (НИИ КПССЗ) г. Кемерово была разработана и внедрена обучающая программа «Школы предоперационной подготовки больных к операции коронарного шунтирования». Перед хирургической операцией члены мультидисциплинарной бригады (кардиолог, кардиохирург, врач физической и реабилитационной медицины, психолог) в выбранном формате (индивидуальные консультации или видеоуроки) передавали необходимые знания и умения, подготавливающие больных к хирургическому лечению [4]. На занятиях рассматривались основные особенности метода хирургического лечения с искусственным кровообращением (ИК), характер послеоперационных респираторных осложнений и их профилактика. Главными задачами школы являлись оптимизация выздоровления и снижение уровня стресса и переживаний перед медицинским вмешательством ввиду того, что психоэмоциональное напряжение может сопровождаться респираторными реакциями в виде аффективно-респираторного синдрома или дыхательного невроза, характер которого имеет прямое отношение к его переносимости. Предполагалось, что наиболее очевидным критерием индивидуальной переносимости медицинского вмешательства может быть наличие или отсутствие респираторной реакции, вызванной психоэмоциональным стрессом [5-7] и усиливающейся нарушениями регуляции дыхания в виде одышки, учащенного дыхания (гипервентиляции) или кратковременных остановок дыхания, часто сопровождающихся чувством нехватки воздуха и тревогой.

Цель исследования – установление признаков лучшей и худшей переносимости раннего послеоперационного периода стационарной медицинской реабилитации по отдельным характеристикам внешнего дыхания при физической нагрузке (ФН) вследствие программы предреабилитации.

Методы и организация исследования. Критерии включения: верифицированный диагноз ИБС, изолированная операция коронарного шунтирования (КШ) в условиях ИК, возраст – от 18 до 75 лет.

Критерии исключения: декомпенсация хронической сердечной недостаточности (ХСН); клиника стенокардии IV функционального класса (ФК) и ХСН III ФК и выше; неконтролируемая артериальная гипертензия.

Все исследования с участием пациентов соответствовали этическим стандартам биоэтического комитета, разработанным в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека». Всеми пациентами было подписано информированное согласие на участие в исследовании.

Все пациенты методом простой рандомизации были разделены на две сопоставимые по основным анамнестическим и клинико-функциональным показателям группы (табл. 1). Основную группу составили 38 пациентов (30 мужчин и 8 женщин 63,6±5,7 лет), участвующих в «Школе предоперационной подготовке больных к операции коронарного шунтирования». Наряду с информированием о хирургическом лечении и послеоперационном поведении, больных обучали умению управлять своим дыханием под руководством инструктора-методиста по лечебной физкультуре за 2-3 занятия по разработанной ранее в клинике НИИ КПССЗ методике [8]. Комплекс дыхательной гимнастики включал: полное (диафрагмально-грудомежреберное) дыхание, когда в дыхательном процессе принимают участие диафрагма, грудные и межреберные мышцы; смешанное (диафрагмально-межреберное) дыхание, когда к работе диафрагмы подключаются нижние межреберные мышцы; диафрагмальное дыхание, выполняемое в основном за счет работы диафрагмы.

В контрольную группу вошли 35 пациентов (28 мужчин и 7 женщин 60,5±7,7 лет). Предреабилитация в контрольной группе не предусматривала каких-либо дополнительных воздействий, сводясь к информированию о состоянии здоровья лечащим

врачом, об установленном диагнозе, о методах оказания медицинской помощи, связанном с ними риске в соответствии с нормативными актами [9].

Таблица 1

Клинико-анамнестическая характеристика больных, планируемых для выполнения коронарного шунтирования в условиях искусственного кровообращения, M±σ, Me [Q1; Q3]

Показатель	Контрольная группа (n=35)	Основная группа, (n=38)
Возраст, лет	60,5±7,7	63,6±5,7
Индекс массы тела, кг/м^2	28,1 [25,3; 30,8]	26 [25,3; 30,8]
ФК ХСН по NYHA	1 [1; 1]	1 [1; 2]
Инфаркт миокарда в анамнезе, кол-во чел.	19 (54,29%)	17 (44,74%)
Фракция выброса левого желудочка сердца, %	53,5±9,9	55,0±7,9
Острое нарушение мозгового кровообращения в анамнезе, кол-во чел.	5 (14,29%)	2 (5,26%)
Сахарный диабет в анамнезе, кол-во чел.	9 (25,71%)	8 (21,05%)
Наличие артериальной гипертензии, кол-во чел.	27 (77,14%)	31 (81,58%)
Дислипидемия, кол-во чел.	22 (62,86%)	21 (55,26%)
Число пациентов со стенозами брахиоцефальных сосудов, кол-во чел.	16 (45,71%)	16 (42,11%)
Хроническая болезнь почек, кол-во чел.	8 (22,86%)	9 (23,68%)
Хронические заболевания легких, кол-во чел.	3 (8,57%)	6 (15,79%)

Примечание: ФК – функциональный класс; ХСН – хроническая сердечная недостаточность; NYHA – Нью-Йоркская ассоциация сердца.

Все пациенты прошли I и II этапы стационарной медицинской реабилитации, включавшей медикаментозную терапию (ингибитор ангиотензин превращающего фермента (ИАПФ), бета-блокатор, гиполипидснижающий препарат), физические методы лечения больных ИБС после реваскуляризации миокарда (вазодилатирующие, кордиотонические, коррекции обмена веществ), а также дозированную ходьбу и физические тренировки на велоэргометре, дыхательную гимнастику, в форме групповых занятий также проводилась и лечебная гимнастика.

Оценивали состояние пациентов до операции, перед началом (9-10 сутки после КШ) и в конце II этапа реабилитации (23-24 сутки). У всех пациентов проводилась комплексная оценка клинического статуса (наличие коронарной и сердечной недостаточности, нарушений ритма и проводимости сердца, нарушений гемодинамики), эхокардиография с оценкой размеров левых и правых отделов сердца, наличия и степени дискинезии миокарда левого желудочка, а также наличия аневризмы, выпота в полость перикарда, ультразвуковое исследование плевральной полости (аппарат «Philips Clear Vue 550», Китай) и R-графия органов грудной клетки (рентген-аппарат «TMX R+», GE Healthcare, США) для оценки наличия выпота в плевральной полости. Из нагрузочных тестов проводили тест с 6-минутной ходьбой (ТШХ) и велоэргометрию (ВЭМ) на аппарате с системой нагрузочного тестирования «CARDIOVIT AT-104 PC» (SCHILLER, Швейцария) для оценки толерантности к физической нагрузке (ТФН) и расчета интенсивности физических тренировок. Для мониторирования уровня сатурации проводили пульсоксиметрию (пульсоксиметр «OxyWatch», США). Для уточнения психоэмоционального напряжения использовали Госпитальную шкалу тревоги и депрессии (HADS) [10]. После прочтения пациент выбирал одно из высказываний в вопросе, которое наиболее полным образом характеризовало его состояние. Каждый пункт шкалы оценивался от 0 до 3 баллов в соответствии с нарастанием тяжести симптомов, баллы по каждому вопросу суммировались. Результат интерпретировался следующим образом: 0-9 баллов – отсутствие депрессивных симптомов; 10-15 – легкая депрессия; 16-19 – умеренная депрессия; 20-29 – выраженная депрессия (средней тяжести); 30-63 – тяжелая депрессия.

Статистический анализ проводился с использованием программного обеспечения Statistica 8.0 (Dell Statsoft, США). Гипотеза о нормальном распределении проверялась с использованием критерия Шапиро-Уилка. Для каждой из непрерывных величин, имеющих нормальное распределение, приведены среднее значение (M) и стандартное отклонение (σ). Распределения, отличные от нормального, описаны при помощи медианы, перцентилей и межквартильного размаха. Проверка двух независимых выборок осуществлялась с использованием критерия Манна-Уитни для несвязанных выборок и критерия Вилкоксона для связанных. Статистически значимыми признавали значения $p<0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Клинико-анамнестическая характеристика больных, которым планировалась операция коронарного шунтирования в условиях искусственного кровообращения, представлена в таблице 1. После операции пациенты были сопоставлены по основным параметрам интраоперационного периода (табл. 2).

Таблица 2

Основные параметры интраоперационного периода пациентов при коронарном шунтировании в условиях искусственного кровообращения, M±σ, Me [Q1; Q3]

Показатели	Контрольная группа (n=35)	Основная группа (n=38)
Продолжительность искусственного кровообращения, мин	78,4±28,1	81,7±32,3
Количество наложенных коронарных шунтов, ед.	2 [2; 3]	3 [2; 3]
Продолжительность искусственной вентиляции легких, ч	4 [3,3; 4,2]	4 [3,6; 4,6]

В анализе предполагалось получение фактических подтверждений лучшей и худшей переносимости медицинского вмешательства по аналогии с исследованиями функций организма при нагрузочном тестировании [11]. С этой целью были проанализированы показатели сатурации, психоэмоционального напряжения и ТФН. В качестве характеристики переносимости хирургического вмешательства принимались показатели психоэмоционального напряжения по шкале HADS, которые были положены в основу оценок сатурации при выполнении контрольного теста с ходьбой (табл. 3). На этом основании испытуемые были формально разделены на группу лучшей переносимости физических нагрузок и группу худшей переносимости. Группа с лучшей переносимостью в ТШХ была с высокими показателями сатурации кислорода ($p=0,001$) при не выявленных депрессивных симптомах по шкале HADS – 4 [2; 6], ≤9 баллов, в то время как представители группы с худшей переносимостью продемонстрировали недостоверное изменение сатурации ($p=0,886$) при выявленных симптомах легкой депрессии – 15 [9; 19] ≥10-15 баллов, несмотря на то, что в большинстве случаев тест был выполнен.

При сравнении результатов ВЭМ, проводимой перед началом (9-10 сутки после КШ) и в конце II этапа реабилитации (23-24 сутки), установлено, что средние арифметические значения ТФН в группах также различались (табл. 4), $p=0,005$.

Таким образом, можно предположить, что в группе с предоперационной подготовкой в школе (основная группа, n=38) была лучшая психоэмоциональная переносимость хирургического вмешательства, а в группе без обучающих мероприятий (контрольная группа, n=35) – худшая.

В итоге, при сопоставлении показателей сатурации, психоэмоционального напряжения и проб с физической нагрузкой определены показатели лучшей и худшей переносимости хирургического вмешательства. Предположительно, признаками лучшей переносимости оказались более высокие показатели сатурации, что, по-видимому, во многом связано с менее выраженным эмоциональным стрессом, свидетельствующим о большей эффективности функции внешнего дыхания. Меньшая вариативность количественных показателей сатурации при ФН = 98 [96; 99]% свидетельствует о более устойчивом режиме функционирования внешнего дыхания в этих условиях.

Установлено, что чаще самые выраженные колебания количественных показателей сатурации с явлениями вентиляционно-перфузионных нарушений во время пробы с ФН наблюдались в контрольной группе – 95,2 [94; 97]%. Менее заметное снижение сатурации, наблюдаемое в основной группе, можно считать показателем лучшего удовлетворения кислородного запроса организма при ФН, что в данном случае может отражать преобладание в балансе катехоламинов норадреналинового компонента, обеспечивающего в сравнении с адреналином более благоприятное течение адаптационного процесса в сфере метаболических и эмоциональных реакций, что согласовывается с данными литературы [12-15].

Таблица 3

Динамика психоэмоционального напряжения и сатурация в сравниваемых группах, Me [Q1; Q3]

Характеристики	Контрольная группа (n=35)		Основная группа (n=38)		P
	До лечения	После лечения	До лечения	После лечения	
	1	2	3	4	
Психоэмоциональное напряжение, кол-во чел.	5 (14,29%)	7 (20%)	9 (23,68%)	4 (10,53%)	p_{2-4}=0,004 p_{1-2}=0,962 p_{3-4}=0,000001
Психоэмоциональное напряжение, баллы	18 [16; 19]	15 [9; 19]	18 [17; 19]	4 [2; 6]	–
SpO_2 в покое, %	96 [96; 97]	97 [96; 97,5]	96 [96; 97]	98 [96; 98]	p_{1-3}=0,865 p_{2-4}=0,410 p_{1-2}=0,442 p_{3-4}=0,108
SpO_2 при ТШХ, %	95,1 [90; 96]	95,2 [94; 97]	95,2 [90; 96]	98 [96; 99]	p_{1-3}=0,775 p_{2-4}=0,042 p_{1-2}=0,886 p_{3-4}=0,001

Примечание: SpO_2 – насыщение крови кислородом (сатурация); ТШХ – тест с 6-минутной ходьбой.

Таблица 4

Динамика нагрузочных тестов в сравниваемых группах, Me [Q1; Q3]

Характеристики	Контрольная группа (n=35)		Основная группа (n=38)		P
	До лечения	После лечения	До лечения	После лечения	
	1	2	3	4	
ТШХ, м	254,7 [198,2; 302]	355 [300; 500]	269,8 [205; 310,4]	490,2 [400; 540]	p_{1-3}=0,900 p_{2-4}=0,296 p_{1-2}=0,001 p_{3-4}=0,001
ВЭМ, Вт	35,2 [25; 50]	55,1 [25; 75]	40,3 [25; 50]	74,2 [50; 100]	p_{1-3}=0,244 p_{2-4}=0,005 p_{1-2}=0,0001 p_{3-4}=0,0001

Примечание: ТШХ – тест с 6-минутной ходьбой; ВЭМ – велоэргометрия.

Заключение. Установлены вероятные респираторные признаки лучшей и худшей переносимости психоэмоционального напряжения хирургического вмешательства в связи с программой предреабилитации. Вероятными свидетельствами лучшей переносимости такого воздействия являются меньшие колебания сатурации при выполнении нагрузочного тестирования, более высокие исходные величины сатурации и их сохранность после ФН в отличие от неблагоприятной реакции в виде падения

сатурации в результате воздействия психоэмоционального напряжения. Совокупность вышеперечисленных признаков указывает на меньшую выраженность эмоционального компонента нагрузочного тестирования, более благоприятную ситуацию в сфере вентиляционно-перфузионных отношений в результате проведения занятий предоперационной подготовки для больных перед хирургическим вмешательством.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Multimodal prehabilitation as strategy for reduction of postoperative complications after cardiac surgery: a randomised controlled trial protocol / M. Coca-Martinez, A. Lopez-Hernandez, M. Montane-Muntane [et al.] // BMJ Open. – 2020. – Vol. 10. – No. 12. – P. e039885. DOI: 10.1136/bmjopen-2020-039885.
2. Эффективность образовательной профилактической технологии у больных стабильной стенокардией в амбулаторных условиях / Г.В. Погосова, А.М. Калинина, Е.Ю. Спивак, В.А. Назаркина // Кардиология. – 2008. – № 7. – С. 4-9.
3. Бубнова, М.Г. Актуальные проблемы участия и обучения кардиологических пациентов в программах кардиореабилитации и вторичной профилактики / М.Г. Бубнова // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2020. – № 6. – С. 101-108.
4. Бокерия, Л.А. Российские клинические рекомендации. Коронарное шунтирование больных ишемической болезнью сердца: реабилитация и вторичная профилактика / Л.А. Бокерия, Д.М. Аронов // КардиоСоматика. – 2016. – Т. 7. – № 3-4. – С. 5-71.
5. Dotevall, G. Involvement of cardiac, respiratory and gastrointestinal functions in neural responses to stressful events / G. Dotevall // Integr Physiol Behav Sci. – 1994. – Vol. 29. – No. 4. – P. 374-382. DOI: 10.1007/BF02691357.
6. Slow breathing for reducing stress: The effect of extending exhale / G. Birdee, K. Nelson, K. Wallston [et al.] // Complement Ther Med. – 2023. – Vol. 73. – P. 102937. DOI: 10.1016/j.ctim.2023.102937.
7. Du Pasquier, D. Syndrome d'hyperventilation et respiration dysfonctionnelle: mise à jour [Hyperventilation syndrome and dysfunctional breathing: update] / D. Du Pasquier, J.M. Fellrath, A. Sauty // Rev Med Suisse. – 2020. – Vol. 16. – No. 698. – P. 1243-1249. (in French.)
8. Патент RU 2817090 C1. МПК A61H 1/00 (2006.01). Способ выполнения дыхательной гимнастики после кардиохирургической операции: N 2023101047; заявл. 18.01.23, опубл. 09.04.24 / О.Л. Барбараш, Н.Б. Лебедева, С.А. Помешкина, Н.В. Архипова; патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний» (НИИ КПССЗ).
9. Федеральный закон «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» от 21.11.2011 № 323-ФЗ. – URL: https:// minzdrav.rav.gov.ru. (дата обращения: 01.03.2025).
10. The validity of the Hospital Anxiety and Depression Scale. An updated literature review / I. Bjelland, A.A. Dahl, T.T. Haug, D. Neckelmann // J Psychosom Res. – 2002. – Vol. 52. – No. 2. – P. 69-77. DOI: 10.1016/s0022-3999(01)00296-3.
11. Карпикова, Т.С. Изменение физиологических параметров при проведении пассивной ортостатической пробы / Т.С. Карпикова, Е.В. Дорохов, В.А. Семилетова // Актуальные исследования. – 2022. – Т. 18 – № 97. – С. 25-27.
12. Sothmann, M.S. Sympathetic nervous system and behavioral responses to stress following exercise training / M.S. Sothmann, B.A. Hart, T.S. Horn // Physiol Behav. – 1992. – Vol. 51 – No. 6. – P. 1097-1103. DOI: 10.1016/0031-9384(92)90293-b.
13. Pedersen, B.K. Physical activity and muscle-brain crosstalk / B.K. Pedersen // Nat Rev Endocrinol. – 2019. – Vol. 15. – No. 7. – P. 383-392. DOI: 10.1038/s41574-019-0174-x.
14. Inoue, D.S. Integrative insights into PNI: Low-grade chronic inflammation, skeletal muscle wasting, and brain impairments / D.S. Inoue, M. Janini Gomes // Brain Behav Immun Health. – 2024 – No. 40. – P. 100838. DOI: 10.1016/j.bbih.2024.100838.
15. Francis, G.S. Hemodynamic and neurohumoral responses to dynamic exercise: normal subjects versus patients with heart disease / G.S. Francis // Circulation. – 1987. – Vol. 76 – No. 6 Pt 2. – P. VI11-V117.

REFERENCES

1. Coca-Martinez M., Lopez-Hernandez A. et al. Multimodal prehabilitation as strategy for reduction of postoperative complications after cardiac surgery: a randomised controlled trial protocol. *BMJ Open*, 2020, vol. 10, no. 12, p. e039885. DOI: 10.1136/bmjopen-2020-039885.
2. Pogosova G.V., Kalinina A.M., Spivak E.Yu., Nazarkina V.A. Efficacy of an educational

preventive technology in patients with stable angina in ambulatory conditions. *Cardiology*, 2008, no. 7, pp. 4-9. (in Russ.)
3. Bubnova M.G. Relevant problems of participation and education of patients in cardiac rehabilitation and secondary prevention programs. *Cardiovascular Therapy and Prevention*, 2020, no. 6, pp. 101-108. (in Russ.)
4. Bokeria L.A., Aronov D.M. Russian clinical guidelines. Coronary artery bypass grafting in patients with ischemic heart disease: rehabilitation and secondary prevention. *CardioSomatic*s, 2016, vol. 7, no. 3-4, pp. 5-71. (in Russ.)
5. Dotevall G. Involvement of cardiac, respiratory and gastrointestinal functions in neural responses to stressful events. *Integr Physiol Behav Sci*, 1994, vol. 29, no. 4, pp. 374-382. DOI: 10.1007/BF02691357.
6. Birdee G., Nelson K., Wallston K., Nian H., Diedrich A. et al. Slow breathing for reducing stress: The effect of extending exhale. *Complement Ther Med*, 2023, no. 73, p. 102937. DOI: 10.1016/j.ctim.2023.102937.
7. Du Pasquier D., Fellrath J.M., Sauty A. Syndrome d'hyperventilation et respiration dysfonctionnelle: mise à jour [Hyperventilation syndrome and dysfunctional breathing: update]. *Rev Med Suisse*, 2020, vol. 16, no. 698, pp. 1243-1249. (in French)
8. Barbarash O.L., Lebedeva N.B., Pomeshkina S.A., Arkhipova N.V. Method for performing breathing exercises after cardiac surgery. Patent RU 2817090 C1, 2024. (in Russ.)
9. Federal Law "On the Fundamentals of Health Protection of Citizens in the Russian Federation" dated November 21, 2011, No. 323-FZ. Available at: https://minzdrav.rav.gov.ru. (accessed: 01.03.2025).
10. Bjelland I., Dahl A.A., Haug T.T., Neckelmann D. The validity of the Hospital Anxiety and Depression Scale. An updated literature review. *J Psychosom Res*, 2002, vol. 52, no. 2, pp. 69-77. DOI: 10.1016/s0022-3999(01)00296-3.
11. Karpikova T.S., Dorokhov E.V., Semiletova V.A. Changes in physiological parameters during a passive orthostatic test. *Aktual'nye issledovania*, 2022, vol. 18, no. 97, pp. 25-27. (in Russ.)
12. Sothmann M.S., Hart B.A., Horn T.S. Sympathetic nervous system and behavioral responses to stress following exercise training. *Physiol Behav*, 1992, vol. 51, no. 6, pp. 1097-1103. DOI: 10.1016/0031-9384(92)90293-b.
13. Pedersen B.K. Physical activity and muscle-brain crosstalk. *Nat Rev Endocrinol*, 2019, vol. 15, no. 7, pp. 383-392. DOI: 10.1038/s41574-019-0174-x.
14. Inoue D.S., Janini Gomes M. Integrative insights into PNI: Low-grade chronic inflammation, skeletal muscle wasting, and brain impairments. *Brain Behav Immun Health*, 2024, no. 40, p. 100838. DOI: 10.1016/j.bbih.2024.100838.
15. Francis G.S. Hemodynamic and neurohumoral responses to dynamic exercise: normal subjects versus patients with heart disease. *Circulation*, 1987, vol. 76, no. 6 pt. 2, pp. VI11-V117.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Наталья Викторовна Архипова – инструктор-методист по лечебной физкультуре отделения медицинской реабилитации взрослых для пациентов с соматическими заболеваниями, Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний, Кемерово, e-mail: arkhipova.natali@list.ru.
Евгений Витальевич Быков – директор научно-исследовательского института олимпийского спорта, председатель диссертационного совета, профессор, главный редактор сетевого издания «Научно-спортивный журнал», Уральский государственный университет физической культуры, Челябинск, e-mail: bykovev@uralgufk.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Natalya V. Arkhipova – Instructor and Methodologist in Therapeutic Physical Training, Department of Medical Rehabilitation for Adults with Somatic Diseases, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Kemerovo, e-mail: arkhipova.natali@list.ru.
Evgenij V. Bykov – Director of the Olympic Sports Research Institute, Chairman of the Dissertation Council, Professor, Editor-in-Chief of the online publication "Scientific and Sports Journal", Ural State University of Physical Education, Chelyabinsk, e-mail: bykovev@uralgufk.ru.

Для цитирования: Архипова, Н.В. Респираторные реакции и психоэмоциональное напряжение при предреабилитации коронарного шунтирования / Н.В. Архипова, Е.В. Быков // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_24

For citation: Arkhipova N.V., Bykov E.V. Respiratory reactions and their relationship with psychoemotional stress in prehabilitation after coronary artery bypass grafting. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_24

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_25
УДК 615.838.03:616.36

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_25
UDC 615.838.03:616.36

КАЧЕСТВО ЖИЗНИ ПАЦИЕНТОВ С МЕТАБОЛИЧЕСКИ-АССОЦИИРОВАННОЙ ЖИРОВОЙ БОЛЕЗНЬЮ ПЕЧЕНИ ПОД ВЛИЯНИЕМ КОМПЛЕКСНОГО САНАТОРНО-КУРОРТНОГО ЛЕЧЕНИЯ

Н.В. Ефименко[1], Е.В. Гребенюк[1], А.С. Кайсинова[1,2], Б.А. Гусова[2]
[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

Аннотация. ***Введение.*** Цель исследования – изучить эффективность санаторно-курортного лечения больных с метаболически-ассоциированной жировой болезнью печени по динамическим показателям качества жизни. ***Методы.*** В рандомизированное контролируемое исследование было включено 80 пациентов, которые были распределены в две группы: 1 группа (n=39) – стандартное санаторно-курортное лечение, 2 группа (n=41) – с включением фармакотерапии урсосаном и транскраниальной электростимуляции. Критериями оценки служили данные по Шкале оценки гастроэнтерологических симптомов и Ноттингемскому профилю здоровья. ***Результаты.*** Применение разработанной технологии санаторно-курортного лечения с включением фармако- и физиотерапии привело к существенному улучшению физического и психического здоровья: суммарный показатель по Шкале оценки гастроэнтерологических симптомов у пациентов основной группы был существенно ниже (в 1,3 раз), по Ноттингемскому профилю здоровья итоговый результат (средние значения) снизился в 3,3 раза ($p<0,01$), в группе контроля – в 1,8 раз ($p<0,01$). При этом определялись межгрупповые различия ($p<0,05$) по всем доменам обоих опросников. ***Заключение.*** Включение в программу санаторно-курортного лечения гепатопротектора урсосана и транскраниальной электрической стимуляции обеспечивает существенное улучшение физического и психического здоровья пациентов.

Ключевые слова: метаболически-ассоциированная жировая болезнь печени, санаторно-курортное лечение, гепатопротектор урсосан, транскраниальная электростимуляция, качество жизни.

QUALITY OF LIFE IN PATIENTS WITH METABOLIC-ASSOCIATED FATTY LIVER DISEASE INFLUENCED BY COMPREHENSIVE SPA TREATMENT

N.V. Efimenko[1], E.V. Grebenyuk[1], A.S. Kajsinova[1,2], B.A. Gusova[2]
[1]North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency, Essentuki, Russia
[2]Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – a branch of the Volgograd State Medical University, Pyatigorsk, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Objective of the study: to identify the effectiveness of spa treatment in patients with metabolic-associated fatty liver disease according to the dynamic quality of life indicators. ***Methods.*** A randomized controlled trial included 80 patients, who were divided into 2 groups: group 1 (n=39) – standard spa treatment; group 2 (n=41) – pharmacotherapy with ursosan and transcranial electrical stimulation included. The evaluation criteria were data from the Gastrointestinal Symptom Rating Scale and the Nottingham Health Profile. ***Results.*** The use of the developed spa treatment technology, including pharmacotherapy and physiotherapy, resulted in significant improvements in physical and mental health: the total score of the Gastrointestinal Symptom Rating Scale was significantly lower (1.3 times) in patients of the main group, the final result in the Nottingham Health Profile decreased by 3.3 times ($p<0.01$), compared to 1.8 times ($p<0.01$) in the control group. Intergroup differences ($p<0.05$) were also observed across all domains of both questionnaires. ***Conclusion.*** The inclusion of the hepatoprotector ursosan and transcranial electrical stimulation in the spa treatment program significantly improves physical and mental health of patients.

Keywords: metabolic-associated fatty liver disease, spa treatment, hepatoprotector ursosan, transcranial electrical stimulation, quality of life.

Введение. В настоящее время исследованию качества жизни в медицине уделяется значительная роль. Оно рассматривается как субъективная оценка пациентом своего благополучия, включающая физические, психологические, эмоциональные и социальные вопросы [1-3]. Данный показатель все чаще применяется для оценки исходов лечения и реабилитации после различных заболеваний, включая болезни органов пищеварения [4-6].

Известно, что нарушения функции печени приводят к существенному ухудшению качества жизни пациентов, что обусловлено сочетанием физических, метаболических и психоэмоциональных расстройств, а также более ранним развитием у данной когорты больных сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета, цирроза и рака печени [7-9]. Это является основанием к поиску и разработке новых медицинских технологий, в том числе с применением природных лечебных ресурсов.

Цель исследования: изучить эффективность санаторно-курортного лечения больных с метаболически-ассоциированной жировой болезнью печени (МАЖБП) по динамическим показателям качества жизни.

Методы и организация исследования. Проведено рандомизированное контролируемое исследование в условиях Железноводского курорта на базе медицинского центра «Салют» Северо-Кавказского федерального научно-клинического центра Федерального медико-биологического агентства России, в которое были включены 80 пациентов с МАЖБП (протокол исследования № 30 от 20.12.2024 г. одобрен Локальным этическим комитетом по экспертизе биомедицинских исследований ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России).

Критерии включения: пациенты с МАЖБП – неалкогольным стеатогепатитом минимальной степени активности; лица обоих полов; возраст – от 18 до 65 лет; подписанное информированное добровольное согласие.

Критерии невключения: противопоказания к санаторно-курортному лечению и медицинской реабилитации, определенные в приказе Минздрава России № 143н от 27.03.2024 г.; вирусные гепатиты; наличие кардиостимулятора; повышенная чувствительность к урсодезоксихолевой кислоте.

Критерии исключения: нарушения санаторно-курортного режима пациентом.

Пациенты были распределены в 2 группы с использованием методов рандомизации: в контрольной (n=39) пациенты получали стандартное санаторно-курортное лечение (приказ Минздравсоцразвития № 277 от 23.11.2004 г.): диетотерапию – общий вариант стандартной диеты с ограничением жирной, жареной, острой пищи; лечебную физкультуру, в малой группе для больных с заболеваниями печени, желчного пузыря, желчевыводящих путей, продолжительность – 30 мин, на курс лечения 10 процедур; внутренний прием углекисло-гидрокарбонатно-сульфатной натриево-кальциевой воды малой минерализации «Славяновская» (Железноводское месторождение) из расчета 3,5 мл на килограмм массы тела, 3 раза в день, за 40-45 минут до еды; минеральные ванны с минеральной водой «Славяновская», температура – 37-38 °С, продолжительность – 15 мин, на курс лечения 8 процедур, проводимых через день; в основной (n=41) больным дополнительно в программу санаторно-курортного лечения были включены: гепатопротектор Урсосан в дозе 500 мг 3 раза в день во время еды в течение 21 дня; транскраниальная электростимуляция (ТЭС) на аппарате «Трансаир-03» (Россия) по лобно-затылочной методике; режим импульсного тока – биполярный; сила тока – 0,6 мА (до ощущения легкого покалывания в коже под прокладками и мелькания света при закрытых веках), при этом в течение процедуры целесообразно добавлять ток не более, чем на 0,1-0,2 мА, частота воздействия прямоугольными импульсными токами – 77 Гц, длительность импульсов – 3,5 мс, продолжительность процедуры – 30 мин, курс лечения – 10 ежедневных процедур.

Исходы санаторно-курортного лечения (динамические показатели качества жизни) определяли по Шкале оценки гастроэнтерологических симптомов – Gastrointestinal Symptom Rating Scale (GSRS), включающей 15 вопросов, сформатированных в 5 доменов, оцениваемых по 7-балльной шкале Лайкерта, где 1 балл означает отсутствие, а

7 – выраженный дискомфорт; а также по Ноттингемскому профилю здоровья – Nottingham Health Profile (NHP), включающему 6 доменов, где за 0 баллов принимали хорошие показатели, а за 100 – худшие показатели [5, 6, 9, 10].

Статистическая обработка материала проводилась с использованием стандартной программы Statistica-13.0; проверка на нормальность распределения данных проводилась с применением критерия Шапиро-Уилка. Для количественных показателей, имеющих нормальное распределение, проводился расчет средних арифметических (M) и стандартных отклонений (σ). Для величин в нормально распределенных совокупностях рассчитывался t-критерий Стьюдента, результаты считались статистически значимыми при $p<0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Применение разработанной нами новой технологии санаторно-курортного лечения больных с МАЖБП привело к существенному улучшению физического и психического здоровья (табл. 1, 2).

Таблица 1

Динамика показателей качества жизни по Шкале оценки гастроэнтерологических симптомов (GSRS), M±σ, баллы

Показатели	Группа контроля (n=39)		Основная группа (n=41)		P<
	До лечения	После лечения	До лечения	После лечения	
1	2	3	4	5	6
Абдоминальный болевой синдром	3,7±1,5	2,4±0,8	3,6±1,7	1,7±0,8	$P_{2,3}<0,01$ $P_{3,5}<0,05$ $P_{4,5}<0,01$
Рефлюкс-синдром	2,1±1,3	1,7±1,0	2,2±1,0	1,3±0,7	$P_{2,3}<0,05$ $P_{3,5}<0,05$ $P_{4,5}<0,01$
Диспепсия	2,6±1,4	2,2±1,3	2,7±1,4	1,6±1,1	$P_{2,3}<0,05$ $P_{3,5}<0,05$ $P_{4,5}<0,01$
Диарея	1,5±0,9	1,1±0,8	1,6±1,0	0,9±0,5	$P_{2,3}<0,01$ $P_{3,5}<0,05$ $P_{4,5}<0,01$
Обстипация	2,0±1,0	1,5±0,9	2,1±1,0	1,2±0,6	$P_{2,3}<0,01$ $P_{3,5}<0,05$ $P_{4,5}<0,01$
Итоговый результат	11,9±3,4	8,9±2,5	12,2±3,3	6,7±1,8	$P_{2,3}<0,01$ $P_{3,5}<0,05$ $P_{4,5}<0,01$

Так, степень выраженности абдоминальной боли по опроснику GSRS у пациентов основной группы снизилась в 2,1 раза ($p<0,01$), в группе контроля – в 1,5 раз ($p<0,01$), рефлюкс-синдрома – в 1,7 ($p<0,01$) и 1,2 раз ($p<0,05$), диспепсии – в 1,6 ($p<0,01$) и 1,2 раз ($p<0,05$), диарея – в 1,7 ($p<0,01$) и 1,4 раз ($p<0,05$), обстипация – в 1,8 ($p<0,01$) и 1,3 раз ($p<0,05$) соответственно. Следует отметить межгрупповые различия ($p<0,05$) по всем доменам опросника.

С такой же достоверностью отмечалась положительная динамика по опроснику NHP: уровень энергичности снизился в 3,8 раза ($p<0,01$), в группе контроля – в 1,5 раз ($p<0,01$), болевого синдрома – в 3,7 раза ($p<0,01$) и в 1,6 раз ($p<0,01$), социальной изоляции – в 3,3 ($p<0,01$) и 2,5 раз ($p<0,01$), сна – в 3,0 ($p<0,01$) и 1,7 раз ($p<0,01$), физической активности – в 3,2 ($p<0,01$) и 1,9 раз ($p<0,01$), эмоциональных реакций – в 3,2 ($p<0,01$) и 1,9 раз ($p<0,01$) соответственно. Межгрупповые различия по всем доменам опросника составили $p<0,05$ – $p<0,01$.

Проведенный анализ показал, что положительная динамика по опросникам GSRS и NHP была лучше (в 1,3-1,8 раз при p) в основной группе пациентов. Это, на наш взгляд, можно объяснить синергией терапевтических эффектов, используемых природных лечебных ресурсов, фармако- и физиотерапевтических факторов. Так, описана

высокая эффективность лечения на курорте больных неалкогольной жировой болезнью печени [11, 12]. В исследованиях приведены и обоснованы лечебные эффекты минеральных вод при неалкогольной жировой болезни печени, особенно их специфический и неспецифический компоненты лечебного действия, способствующие формированию у пациентов противовоспалительного, секретостимулирующего, метаболического, холерегулирующего, панкреорегулирующего, колонокорригирующего и других эффектов [13-16]. Включение в программу гепатопротектора урсосана и ТЭС по лобно-затылочной методике, обладающей психокорригирующим эффектом [15, 17, 18], обеспечили достоверно значимое повышение эффективности санаторно-курортного лечения, проявившееся в значимом улучшении физического и психического здоровья пациентов с МАЖБП.

В целом, проведенный анализ показателей качества жизни позволяет разработать персонализированную технологию санаторно-курортного лечения пациентов с МАЖБП.

Таблица 2

Динамика показателей качества жизни по Ноттингемскому профилю здоровья (NHP), M±σ, баллы

Показатели	Группа контроля (n=39)		Основная группа (n=41)		P<
	До лечения	После лечения	До лечения	После лечения	
1	2	3	4	5	6
Энергичность	46,6±4,8	29,4±3,0	47,3±4,6	12,4±2,6	$P_{2,3}$<0,01 $P_{3,5}$<0,01 $P_{4,5}$<0,01
Болевой синдром	41,4±4,4	25,2±2,3	42,5±4,3	11,3±2,0	$P_{2,3}$<0,01 $P_{3,5}$<0,01 $P_{4,5}$<0,01
Социальная изоляция	31,6±3,7	12,4±1,8	32,3±3,6	9,6±1,4	$P_{2,3}$<0,01 $P_{3,5}$<0,05 $P_{4,5}$<0,01
Сон	39,1±3,6	22,3±1,9	39,5±3,7	12,8±1,2	$P_{2,3}$<0,01 $P_{3,5}$<0,01 $P_{4,5}$<0,01
Физическая активность	38,8±3,6	20,5±2,0	39,1±3,7	12,2±1,1	$P_{2,3}$<0,01 $P_{3,5}$<0,05 $P_{4,5}$<0,01
Эмоциональная реакция	44,9±4,7	23,0±1,9	45,6±4,8	14,1±1,2	$P_{2,3}$<0,01 $P_{3,5}$<0,05 $P_{4,5}$<0,01
Итоговый результат (средние значения)	40,4±4,2	22,1±1,7	41,0±4,3	12,1±1,3	$P_{2,3}$<0,01 $P_{3,5}$<0,05 $P_{4,5}$<0,01

Заключение. Включение в программу санаторно-курортного лечения больных с метаболически ассоциированной жировой болезнью печени гепатопротектора урсосана и транскраниальная электростимуляция обеспечивает существенное улучшение их физического и психического здоровья.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ионова, Т.И. Исследование качества жизни в здравоохранении: этапы развития в Российской Федерации / Т.И. Ионова, В.Я. Мельниченко // Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова. – 2022. – Т. 17. – № 4(1). – С. 138-143.

2. Новик, А.А. Руководство по исследованию качества жизни в медицине / А.А. Новик, Т.И. Ионова / Под ред. акад. РАН Ю.Л. Шевченко. – М.: РАЕН, 2021. – 664 с.

3. Качество жизни больных ИБС с диффузным поражением коронарного русла в разные сроки после АКШ, дополненного методикой ЮрЛеон / Ю.Л. Шевченко, Ф.А. Зайниддинов, Г.Г. Борщев, Д.С. Ульбашев // Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова. – 2021. – Т. 16. – № 4. – С. 30-35.

4. Новик, А.А. Концепция и стратегия исследования качества жизни в гастроэнтерологии (обзор) / А.А. Новик, Т.И. Ионова, И.Л. Денисов // Терапевтический архив. – 2003. – Т. 78. – № 10. – С. 42-45.
5. Применение специфического опросника GSRS для дифференциальной диагностики заболеваний органов пищеварения / Д.Д. Казарин, А.Е. Шкляев, П.С. Болкисева, Е.В. Петрова // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. – 2022. – Т. 14. – № 1. – С. 163-180.
6. Применение гастроэнтерологического опросника GSRS в диагностике дисфункции ЖКТ у больных старческого возраста с артрозами на фоне сахарного диабета / С.И. Кирилина, В.С. Сирота, Г.Г. Сирота, В.А. Айрумян // Вестник Авиценны. – 2019. – Т. 21. – № 1. – С. 33-37.
7. Голубева, Ю.А. Взаимосвязь депрессии и неалкогольной жировой болезни печени: что известно на сегодняшний день / Ю.А. Голубева, А.Ф. Шептулина, О.М. Драпкина // Доказательная гастроэнтерология. – 2022. – Т. 11. – № 1. – С. 20-27.
8. Кролевец, Т.С. Образ жизни пациентов с неалкогольной жировой болезнью печени: оценка пищевых привычек и физической активности / Т.С. Кролевец, М.И. Сыровенко, М.А. Ливзан // Доказательная гастроэнтерология. – 2023. – Т. 12. – № 4. – С. 43-53.
9. Качество жизни больных циррозом печени в зависимости от тонуса вегетативной нервной системы / Л.П. Филиппова, Э.И. Белобородова, Е.В. Белобородова [и др.] // Бюллетень сибирской медицины. – 2012. – Т. 11. – № 4. – С. 152-157.
10. Неалкогольная жировая болезнь печени. Клинические рекомендации / В.Т. Ивашкин, О.М. Драпская, М.В. Маевская [и др.] – М., 2024. – 144 с.
11. Ортабаева, М.Х. Сочетанное применение курортных факторов и гепатопротектора эслидина у больных неалкогольной жировой болезнью печени: автореф. дисс. … канд. мед. наук / Мариана Хетаговна Ортабаева. – Пятигорск, 2014. – 24 с.
12. Неалкогольная жировая болезнь печени – связь с метаболическим синдромом, методики курортной терапии / Т.М. Симонова, Н.В. Ефименко, А.С. Кайсинова [и др.] // Вестник физиотерапии и курортологии. – 2021. – Т. 27. – № 3. – С. 66-70.
13. Филимонов, Р.М. Минеральные воды при неалкогольной жировой болезни печени / Р.М. Филимонов, А.Д. Фесюн, Т.Р. Филимонова // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2024. – № 10. – С. 188-194.
14. Фролков, В.К. Природные и физические факторы в коррекции обмена веществ у пациентов с метаболическим синдромом / В.К. Фролков, О.В. Михайлюк // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2014. – № 4. – С. 11-14.
15. Физическая и реабилитационная медицина: Национальное руководство. Краткое издание / Г.Р. Абусева, В.А. Бадтиева, А.В. Барсуков [и др.] // Под ред. члена-корр. РАН, профессора Г.Н. Пономаренко. 2-е издание, переработанное и дополненное. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2025. – 704 с. DOI: 10.33029/9704-9011-2-PRM-2025-1-704.
16. Заболотная, И.Б. Перспективы применения природных и преформированных лечебных факторов в терапии больных неалкогольной жировой болезнью печени / И.Б. Заболотная // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2016. – Т. 93. – № 4. – С. 42-48.
17. Эффекты транскраниальной магнитной и электростимуляции в терапии болевого синдрома при мигрени и головной боли напряжения / Н.Д. Сорокина, С.С. Перцов, Л.А. Савин [и др.] // Российский журнал боли. – 2022. – Т. 20. – № 3. – С. 62-68.
18. Клинико-лабораторное обоснование эффективности транскраниальной электростимуляции при лечении хронического генерализованного пародонтита в геронтостоматологической практике / С.В. Крайнов, А.Н. Попова, И.В. Фирсова [и др.] // Пародонтология. – 2021. – Т. 26. – № 3. – С. 178-187.

REFERENCES

1. Ionova T.I., Melnichenko V.Ya. Quality of life research in health care: stages of development in the Russian Federation. *Bulletin of the Pirogov National Medical and Surgical Center*, 2022, vol. 17.4, no. 1, pp. 138-143. (in Russ.)
2. Novik A.A., Ionova T.I. Guidelines for quality of life research in medicine. Ed. by Yu.L. Shevchenko. Moscow: Russian Academy of Natural Sciences, 2021. 664 p. (in Russ.)
3. Shevchenko Yu.L., Zayniddinov F.A., Borshchev G.G., Ulbashev D.S. The quality of life of patients with coronary heart disease with diffuse coronary lesion at different times after CABG, supplemented by the YurLeon procedure. *Bulletin of the Pirogov National Medical and Surgical Center*, 2021, vol. 4, no. 16, pp. 30-35. (in Russ.)
4. Novik A.A., Ionova T.I., Denisov I.L. Quality of life in gastroenterology: conception and research policy (a review). *Terapevticheskii arkhiv*, 2003, vol. 78, no. 10, pp. 42-45. (in Russ.)
5. Kazarin D.D., Shklyaev A.E., Bolkiseva P.S., Petrova E.V. The use of a specific GSRS questionnaire for differential diagnosis of diseases of the gastrointestinal tract. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2022, vol. 14, no. 1, pp. 163-180. (in Russ.)
6. Kirilina S.I., Sirota V.S., Sirota G.G., Airumyan V.A. Use of the GSRS gastroenterological questionnaire in the diagnosis of gastrointestinal dysfunction in elderly patients with arthrosis due to diabetes mellitus. *Avicenna Bulletin*, 2019, vol. 21, no. 1, pp. 33-37. (in Russ.)
7. Golubeva Yu.A., Sheptulina A.F., Drapkina O.M. The relationship between depression and non-alcoholic fatty liver disease: what is known today. *Evidence-Based Gastroenterology*, 2022, vol. 11, no. 1, pp. 20-27. (in Russ.)
8. Krolevets T.S., Syrovenko M.I., Livzan M.A. Lifestyle of patients with non-alcoholic fatty liver disease: assessment of dietary habits and physical activity. *Evidence-Based Gastroenterology*, 2023, vol. 12, no. 4, pp. 43 53. (in Russ.)

9. Filippova L.P., Beloborodova E.I., Beloborodova E.V. et al. Quality of life in patients with liver cirrhosis depending on the tone of the autonomic nervous system. *Bulletin of Siberian Medicine*, 2012, vol. 11, no. 4, pp. 152-157. (in Russ.)
10. Ivashkin V.T., Drapskaya O.M., Maevskaya M.V. et al. Non-alcoholic fatty liver disease: Clinical guidelines. Moscow, 2024. 144 p. (in Russ.)
11. Ortabaeva M.Kh. Combined use of spa factors and the hepatoprotector eslidin in patients with non-alcoholic fatty liver disease: an author's abstract. Pyatigorsk, 2014. 24 p. (in Russ.)
12. Simonova T.M., Efimenko N.V., Kaisinova A.S. et al. Non-alcoholic fatty liver disease – association with metabolic syndrome, methods of spa therapy. *Herald of Physiotherapy and Resort Therapy*, 2021, vol. 27, no. 3, pp. 66-70. (in Russ.)
13. Filimonov R.M., Fesyun A.D., Filimonova T.R. Mineral waters for non-alcoholic fatty liver disease. *Experimental and Clinical Gastroenterology*, 2024, no. 10, pp. 188-194. (in Russ.)
14. Frolkov V.K., Mikhailyuk O.V. The use of the natural and physical factors for the correction of metabolic processes in the patients presenting with metabolic syndrome. *Russian Journal of Physiotherapy, Balneology and Rehabilitation*, 2014, no. 4, pp. 11-14. (in Russ.)
15. Abuseva G.R., Badtieva V.A., Barsukov A.V. et al. Physical and Rehabilitation Medicine: National Guidelines. Brief Edition. Edited by the Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor G.N. Ponomarenko. 2nd ed., revised and supplemented. Moscow: GEOTAR-Media, 2025. 704 p. DOI: 10.33029/9704901 12PRM 2025 1704. (in Russ.)
16. Zabolotnaya I.B. The prospects for the application of the natural and preformed therapeutic factors in the treatment of non-alcoholic fatty liver disease. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*, 2016, vol. 93, no. 4, pp. 42-48. (in Russ.)
17. Sorokina N.D., Pertsov S.S. et al. Effects of neuromodulation of electro- and magnetic neurostimulation in the treatment of pain syndrome in migraine and tension headache. *Russian Journal of Pain*, 2022, vol. 20, no. 3, pp. 62-68. (in Russ.)
18. Kraynov S.V., Popova A.N., Firsova I.V. et al. Clinical and laboratory rationale for the effectiveness of transcranial electrostimulation in the treatment of chronic generalized periodontitis in elderly patients. *Parodontologiya*, 2021, vol. 26, no. 3, pp. 178-187. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Наталья Викторовна Ефименко – доктор медицинских наук, профессор, заместитель генерального директора, Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр ФМБА России, Ессентуки; e-mail: pniik.adm@skfmba.ru, ORCID: 0000-0002-8854-9916.
Екатерина Валерьевна Гребенюк – заведующая медицинским отделением, врач-терапевт, Медицинский центр «Салют», Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр ФМБА России, Железноводск; e-mail: lady.grebenyuk.katerina2014@yandex.ru, ORCID: 0009-0003-7539-8877.
Агнесса Сардоевна Кайсинова – доктор медицинских наук, заместитель генерального директора, Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр ФМБА России; профессор кафедры Медицины катастроф, Пятигорский медико-фармацевтический институт, Пятигорск; e-mail: zamoms@skfmba.ru, ORCID: 0000-0003-1199-3303.
Берта Ахматовна Гусова – кандидат медицинских наук, заведующий кафедрой клинических дисциплин с курсом экстремальной медицины, Пятигорский медико-фармацевтический институт, Пятигорск; e-mail: 61312@mail.ru, ORCID: 0000-0001-5979-9185.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Natalya V. Efimenko – Doctor of Medical Sciences, Professor, Deputy Head of the General Director, North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency, Essentuki; e-mail: pniik.adm@skfmba.ru, ORCID: 0000-0002-8854-9916.
Ekaterina V. Grebenyuk – Head of the Medical Department, General Practitioner, Medical Center "Salyut", North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency, Essentuki; e-mail: lady.grebenyuk.katerina2014@yandex.ru, ORCID: 0009-0003-7539-8877.
Agnessa S. Kajsinova – Doctor of Medical Sciences, Deputy Head of the General Director, North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency, Essentuki; Professor of the Emergency Medicine Department, Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute, Pyatigorsk; e-mail: zamoms@skfmba.ru, ORCID: 0000-0003-1199-3303.
Berta A. Gusova – Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Clinical Disciplines with the emergency medicine course, Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute, Pyatigorsk; e-mail: 61312@mail.ru, ORCID: 0000-0001-5979-9185.

Для цитирования: Качество жизни пациентов с метаболически-ассоциированной жировой болезнью печени под влиянием комплексного санаторно-курортного лечения / Н.В. Ефименко, Е.В. Гребенюк, А.С. Кайсинова, Б.А. Гусова // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_25

For citation: Efimenko N.V., Grebenyuk E.V., Kajsinova A.S., Gusova B.A. Quality of life in patients with metabolic-associated fatty liver disease influenced by comprehensive spa treatment. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_25

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_26
УДК 616.06

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_26
UDC 616.06

ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕЧЕНИЯ САХАРНОГО ДИАБЕТА У ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКИМ ГЕНЕРАЛИЗОВАННЫМ ПАРОДОНТИТОМ

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]Акционерное общество «Московский центр проблем здоровья Правительства Москвы», г. Москва, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Сахарный диабет и хронический генерализованный пародонтит представляют собой распространенные коморбидные заболевания, связанные двусторонними патогенетическими взаимоотношениями. Изучение эпидемиологических особенностей их сочетанного течения необходимо для оптимизации медицинской помощи. ***Методы.*** Проведено исследование 195 пациентов с хроническим генерализованным пародонтитом и диабетом 1 и 2 типов, средний возраст – 59,5 [50,0; 66,0] лет. Статистический анализ выполнен с использованием языка Python. ***Результаты.*** В выборке преобладали женщины (63,6%) и пациенты с диабетом 2 типа (78,5%), которые были значимо старше лиц с диабетом 1 типа. Установлена связь между возрастом и тяжестью инвалидности. Пародонтит на фоне диабета диагностировался у мужчин в среднем на 5 лет раньше (через 8 лет от начала диабета), чем у женщин (через 13 лет). Уровни глюкозы и HbA1c не имели значимых различий в зависимости от пола, типа диабета или группы инвалидности, однако наиболее высокие показатели глюкозы отмечались при длительности диабета от 5 до 10 лет. ***Заключение.*** Результаты подтверждают тесную двустороннюю связь диабета и пародонтита. Более раннее развитие пародонтита у мужчин с диабетом обосновывает необходимость активного стоматологического скрининга в этой группе. Полученные данные подчеркивают важность междисциплинарного подхода и включения пародонтологического обследования в стандарты ведения пациентов с диабетом.
Ключевые слова: сахарный диабет, хронический генерализованный пародонтит, коморбидность, хронические инфекционно-воспалительные процессы.

EPIDEMIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF DIABETES MELLITUS IN PATIENTS WITH CHRONIC GENERALIZED PERIODONTITIS

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 Center of Health Problems, Moscow, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Diabetes mellitus and chronic generalized periodontitis are common comorbid conditions linked by bidirectional pathogenetic relationships. Studying the epidemiological features of their combined development is essential for optimizing medical care. ***Methods.*** A study was conducted involving 195 patients with chronic generalized periodontitis and type 1/type 2 diabetes, with a median age of 59.5 [50.0; 66.0] years. A statistical analysis was performed using the Python programming language. ***Results.*** The sample was predominantly female (63.6%) and consisted of patients with type 2 diabetes (78.5%), who were significantly older than those with type 1 diabetes. A correlation was found between age and the severity of disability. Periodontitis against the background of diabetes was diagnosed in men on average 5 years earlier (8 years after diabetes onset) than in women (13 years after diabetes onset). Glucose and HbA1c levels showed no significant differences depending on gender, type of diabetes, or disability group; however, the highest glucose levels were observed with a diabetes duration of 5 to 10 years. ***Conclusion.*** The results confirm a close bidirectional relationship between diabetes and periodontitis. The earlier development of periodontitis in men with diabetes justifies the need for active dental screening in this group. The obtained data emphasize the importance of an interdisciplinary approach and the inclusion of periodontal examination in the standards of care for patients with diabetes.
Keywords: diabetes mellitus, chronic generalized periodontitis, comorbidity, chronic infectious-inflammatory processes.

Введение. Современные эпидемиологические исследования все чаще выявляют взаимосвязь между локальными хроническими инфекционно-воспалительными процессами и системными заболеваниями. Одним из примеров такой связи служит взаимозависимость между хроническим генерализованным пародонтитом (ХГП) и сахарным диабетом (СД). СД и ХГП – два наиболее распространенных хронических заболевания, от которых страдает население планеты. Правильное лечение заболеваний пародонта у пациентов с диабетом является одним из основных механизмов и средств, которые в настоящее время используются для контроля заболеваний пародонта и метаболизма глюкозы, а также для предотвращения возникновения или развития диабетических осложнений [1].

Пародонтит – это хроническое воспалительное заболевание, прогрессирующее при отсутствии лечения и обратимое на ранних стадиях. В основе патогенеза лежит образование бактериальной биопленки, известной как зубной налет, которая вызывает разрушение периодонтальной связки, образование карманов и резорбцию альвеолярной кости [2], что в итоге приводит к поражению опорного аппарата зубов [3].

В 2021 году было зарегистрировано около 1,1 миллиарда тяжелых случаев пародонтита [4, 5]. В настоящее время пародонтитом страдает более 50% взрослого населения планеты: самая высокая распространенность заболевания наблюдается среди пожилых людей (82%), за ними следуют взрослые (73%) и подростки (18,8%) [6].

По прогнозам [4], к 2050 году более 1,56 миллиарда человек будут страдать от тяжелой формы пародонтита, что на 500 миллионов человек больше, чем в 2021 году (+44,32%), а ежегодный прирост составит 3,06%. Ожидается, что к 2050 году количество новых случаев заболевания вырастет до 120,45 миллионов (+32,64% по сравнению с 2021 годом) [4].

Для диагностики пародонтита используются такие клинические показатели, как кровоточивость при зондировании, глубина пародонтального кармана, уровень клинической прикрепленности. Также проводится лучевая оценка состоятельности опорного аппарата зубов. Степень тяжести заболевания может варьироваться от легкой формы без серьезных последствий до тяжелой, когда потеря зубов является неизбежным осложнением [5].

Сахарный диабет – это нарушение обмена веществ различной этиологии, характеризующееся гипергликемией в сыворотке крови, вызванной дефицитом инсулина, нарушением его действия или и тем, и другим [2]. Всемирная организация здравоохранения определяет нормальную концентрацию глюкозы в плазме крови натощак менее 6,1 ммоль/л, при диабете – 7,0 ммоль/л и выше.

Диабет оказывает значительное влияние на многие системы и органы организма, в том числе на сердечно-сосудистую систему (сердечно-сосудистые заболевания), почки (нефропатия), головной мозг и церебральную кровеносную систему (цереброваскулярные заболевания, инсульт, когнитивная дисфункция), нижние конечности (заболевания периферических сосудов, диабетическая стопа), иммунную систему (повышенный риск инфекций) и глаза (ретинопатия) [2].

По данным Международной диабетической федерации, в 2019 году в мире насчитывалось около 463 миллионов пациентов с диабетом в возрасте от 20 до 79 лет, и за последние 20 лет эта цифра выросла в три раза [7]. Ожидается, что к 2045 году от этого заболевания будут страдать 783 миллиона человек [8].

Существует два типа диабета:

1) Диабет 1-го типа (СД1) – аутоиммунное заболевание, характеризуется нарушением метаболизма глюкозы, вызванным постепенным аутоиммунным разрушением бета-клеток поджелудочной железы. У людей с СД1 наблюдается дефицит инсулина в сочетании с гипергликемией. Эта форма диабета характерна для детей и подростков и составляет около 5-10% от общего числа случаев [2].

2) Диабет 2-го типа (СД2), на который приходится около 90-95% всех случаев, характерен для взрослых и характеризуется как дефицитом инсулина, так и инсулинорезистентностью. Причинами диабета 1-го типа являются генетические факторы и

факторы окружающей среды (например, энтеровирусы), в то время как диабет 2-го типа связан с образом жизни, физической активностью и питанием [2].

С 1993 года тяжелое заболевание пародонта считается «шестым, часто недооцененным, осложнением сахарного диабета» после сердечно-сосудистых заболеваний, ретинопатии, нейропатии, нефропатии и заболеваний периферических сосудов [5, 9]. У пациентов с плохо контролируемым уровнем глюкозы в сыворотке крови риск развития пародонтита в 2-3 раза выше (при этом уровень гликемического контроля является критически важным фактором риска) [2, 3]. Гипергликемия усугубляет воспаление пародонта, способствуя высвобождению системных провоспалительных цитокинов и нарушая иммунные реакции.

Все больше исследователей настаивают на включение пародонтита в стандарты ведения пациентов с СД 1 и 2 типов [1].

Распространенность пародонтита среди пациентов с СД1 на 18,5% выше по сравнению с общей популяцией. У пациентов с диабетом частота развития пародонтита была на 24% выше, чем у пациентов без диабета, а у пациентов с пародонтитом риск развития диабета был на 26% выше [9].

У пациентов с плохо контролируемым СД1 местные механизмы защиты тканей от воспаления могут быть нарушены из-за повышенной микробной активности, что делает их более уязвимыми к тяжелым заболеваниям пародонта. Пародонтит у таких пациентов часто протекает тяжелее, чем у людей без диабета, из-за повышенного системного уровня провоспалительных цитокинов.

У пациентов с СД2 неконтролируемая гликемия ассоциирована с более высокими индексами налета, кровоточивости, большой глубиной карманов и прогрессирующей потерей альвеолярной кости по сравнению с лицами с контролируемым диабетом и без диабета [10].

Генерализованный пародонтит увеличивает риск развития СД. Верно и обратное: тяжелый пародонтит увеличивает риск наличия СД примерно в 1,5-2 раза, а у пациентов с диабетом существенно повышена распространенность и тяжесть пародонтита с более выраженной глубиной карманов и потерей прикрепления [11]. Воспаление пародонта может ухудшить гликемический контроль за счет повышения резистентности к инсулину. Это взаимодействие хорошо изучено при СД2, оно все чаще обнаруживается и при СД1 [12].

СД и ХГП – это серьезные хронические заболевания с двусторонней связью, которая может усугублять течение этих болезней. Диабет способствует возникновению и прогрессированию пародонтита, а пародонтит влияет на течение диабета и даже способствует его развитию [13]. Среди пациентов с СД2 доля пациентов с пародонтитом средней и тяжелой степени была выше, чем среди населения, не страдающего диабетом, а у пациентов с пародонтитом средней и тяжелой степени риск развития СД2 был на 69% выше [14].

Воспаление является общим фактором, связывающим диабет с заболеваниями пародонта. Контроль над воспалением является краеугольным камнем в борьбе с риском развития диабета и пародонтита [1]. В связи с этим становится актуальной цель исследования.

Цель исследования: изучить клинико-эпидемиологические особенности течения СД 1 и 2 типов у пациентов с ХГП.

Методы и организация исследования. Исследование проводили на базе Первой городской больницы и Диагностического центра Республики Дагестан с 2023 по 2025 годы.

В исследовании приняли участие 195 взрослых пациентов от 18 до 81 года, страдающих ХГП, с ранее диагностированным СД 1 или 2 типа. Средний возраст участников составил 55,9±14,18 лет (59,5 [50,0; 66,0] лет).

Статистический анализ проводили с использованием технологии DataScience на высокоуровневом языке функционального программирования Python, при помощи которого выполняли:

1. Описательную статистику (среднее значение, стандартное отклонение, медиана, межквартильный размах для количественных переменных), вычисляли частоты и проценты для категориальных переменных.

2. Сравнение групп: Т-тест Стьюдента для сравнения 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). F-статистика и p- указывали на наличие/отсутствие общих различий, непараметрический тест Краскела-Уоллиса использовался как аналог ANOVA 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, был 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. Оценка 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.

6. Дополнительно: пост-хок тесты для уточнения, между какими именно парами групп существуют различия после значимого результата ANOVA (например, Тьюки, Данна).

Результаты исследования и их обсуждение. В исследовании преобладали пациенты женского пола – 63,6% (n=124) (61,0 [53,0; 66,0]), в то время как процент пациентов мужского пола составил 36,4% (n=71) (53,0 [40,0; 65,0]). У большинства пациентов (78,5% (n=153)) был диагностирован СД2, в то время как у меньшей части (21,0% (n=41)) был диагностирован СД1. У одного участника диагноз был не уточнен.

Среди пациентов с СД1 распределение по полу было примерно одинаковым: мужчины – 53,7% (n=22), средний возраст – 36 [24,0; 46,2] лет; женщины – 46,3% (n=19), средний возраст – 42 [36,0; 54,5] года. Пациенты с СД2 были более старшего возраста, среди них преобладали женщины – 68,6% (n=105), средний возраст – 62,0 [55,0, 66,0] года, против 31,4% (n=48) мужчин, средний возраст – 60,5 [52,0; 67,0] лет.

Тест показал статистически значимые различия в возрасте между мужчинами и женщинами (p=0,0031).

Тест ANOVA показал статистически значимые различия в возрасте между типами диабета (F=72,024, p=0,001) (рис. 1).

Информация о подтвержденной инвалидности имелась у 91 пациента, инвалидов второй и третьей групп было одинаковое количество – 44,0% (n=40), инвалидов первой группы было значимо меньше – 12% (n=11). При этом инвалидов женского пола было значимо больше – 61,5% (n=56), против 38,5% (n=35) инвалидов мужского пола. Среди инвалидов женского пола преобладали пациенты третьей (44,6% (n=25)) и второй (42,9% (n=24)) групп, инвалидов первой группы было значимо меньше – 12,5% (n=7). Среди инвалидов мужского пола преобладали пациенты второй (45,7% (n=16)) и третьей (42,9% (n=15)) групп, инвалидов первой группы также было значимо меньше –11,4% (n=4) (табл. 1).

Распределение возраста пациентов в зависимости от имеющейся группы инвалидности показало линейную зависимость увеличения возраста пациента с утяжелением группы инвалидности: третья группа – 52,5 [41,5; 60,3], вторая группа – 63,5 [58,0; 68,3], первая группа – 67,0 [56,0; 72,0] (табл. 2).

Анализ групп инвалидности в зависимости от пола и типа СД показал, что среди 91 пациента с установленной инвалидностью пациенты с СД2 значимо преобладали над пациентами с СД1: 71,4% (n=65) против 28,6% (n=26). Распределение пациентов с СД1 по группам инвалидности следующая:

первая группа – 15,4% (n=4), вторая группа – 23,1% (n=6), третья группа – 61,5% (n=16). Распределение пациентов с СД2 по группам инвалидности следующая: первая группа – 10,8% (n=7), вторая группа – 52,3% (n=34), третья группа – 52,3% (n=24). Более подробная информация о распределении приведена в таблице 3.

Длительность течения диабета на момент установления ХГП имеет важное клиническое значение. У пациентов мужского пола ХГП на фоне диабета наступает в среднем на пять лет раньше, чем у женщин: у мужчин – через 8 [3,5; 13,5] лет, у женщин – через 13 [5,6; 19,0] лет после начала заболевания. Статистически значимые различия в длительности заболевания между мужчинами и женщинами ($p<0,05$) подтверждены результатами анализа ($p=0,0074$). При этом тип диабета особого значения не имеет. Также отсутствуют статистически значимые различия и в длительности заболевания между типами диабета ($p=0,6686$) (рис. 2, 3).

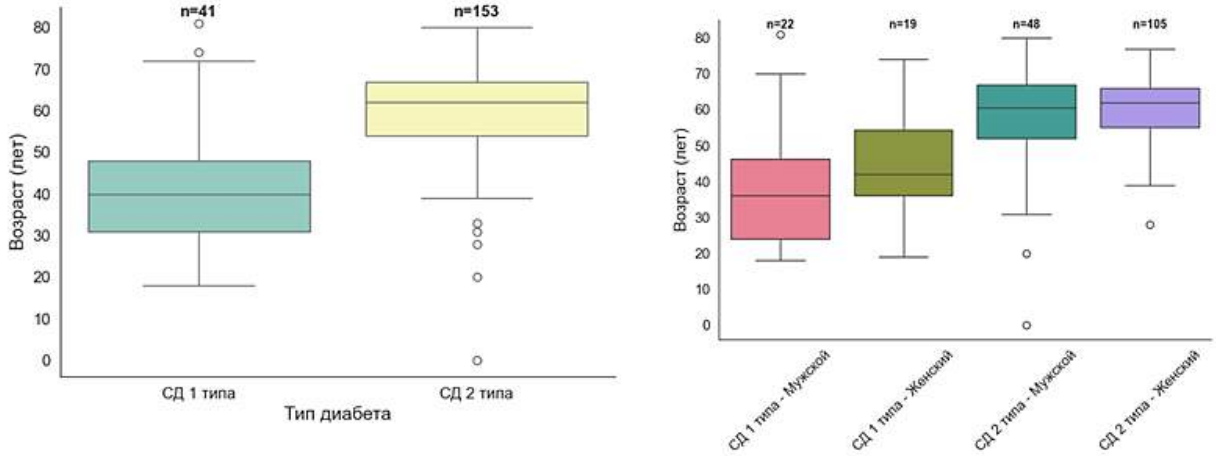


Рис. 1. Бокс-плоты распределения возраста пациентов: слева – в зависимости от типа сахарного диабета (СД), справа – в зависимости от типа СД и пола.

Таблица 1

Распределение пациентов по группам инвалидности и полу

Пол	1 группа	2 группа	3 группа
Мужской n=35 (38,5%)	4 (11,4%)	16 (45,7%)	15 (42,9%)
Женский n=56 (61,5%)	7 (12,5%)	24 (42,9%)	25 (44,6%)
Всего (n=91)	11 (12,0%)	40 (44,0%)	40 (44,0%)

Таблица 2

Распределение возраста пациентов
в зависимости от имеющейся группы инвалидности, лет, n=91

Группы инвалидности	Количество пациентов	M±σ	Me [Q1; Q3]
1	11	60,91±16,18	67,0 [56,0; 72,00]
2	40	61,72±9,43	63,5 [58,0; 68,25]
3	40	48,92±16,09	52,5 [41,5; 60,25]

Таблица 3

Распределение пациентов по типам сахарного диабета (СД),
группам инвалидности и полу, n=91

Тип диабета	Пол	Группы инвалидности			Всего, n (%)
		1	2	3	
СД1	Мужской	2	4	7	13 (50%)
	Женский	2	2	9	13 (50%)
	Всего	4 (15,4%)	6 (23,1%)	16 (61,5%)	26 (28,6%)
СД2	Мужской	2	12	8	22 (33,8%)
	Женский	5	22	16	43 (66,2%)
	Всего	7 (10,8%)	34 (52,3%)	24 (52,3%)	65 (71,4%)
Всего		11	40	40	91

Однофакторный тест ANOVA показал, что длительность заболевания сахарным диабетом у пациентов в различных группах инвалидности не имеет статистически значимых различий (F=1,643, p=0,199204). Аналогичный результат дал непараметрический тест Краскела-Уоллиса (H=3,268, p=0,195131) (табл. 4, рис. 4).

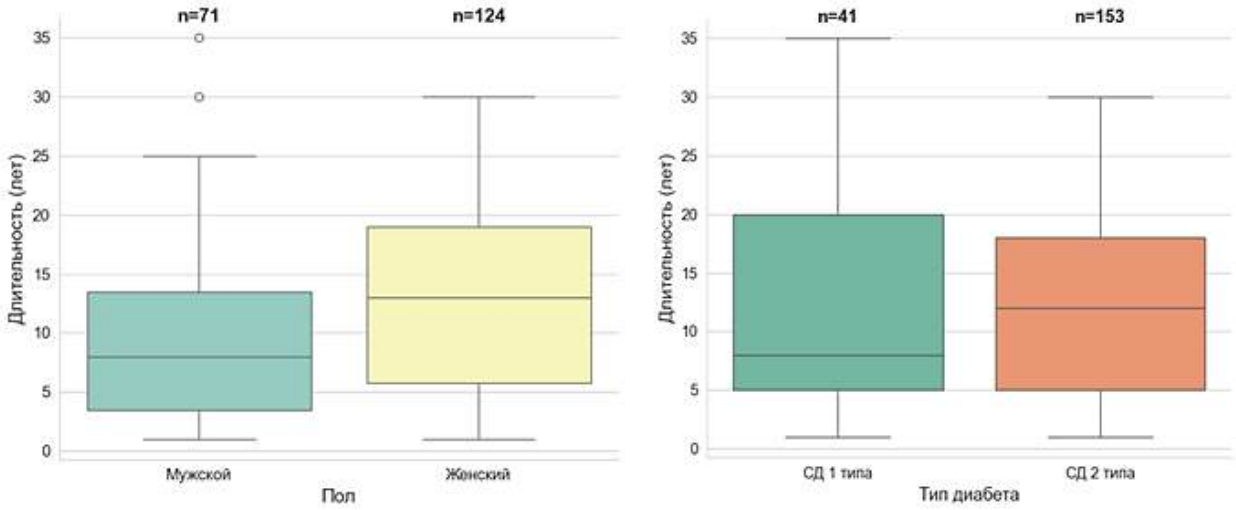


Рис. 2. Распределение длительности заболевания сахарным диабетом (СД) у пациентов с хроническим генерализированным пародонтитом (ХГП):
слева – по полу, справа – по типу диабета

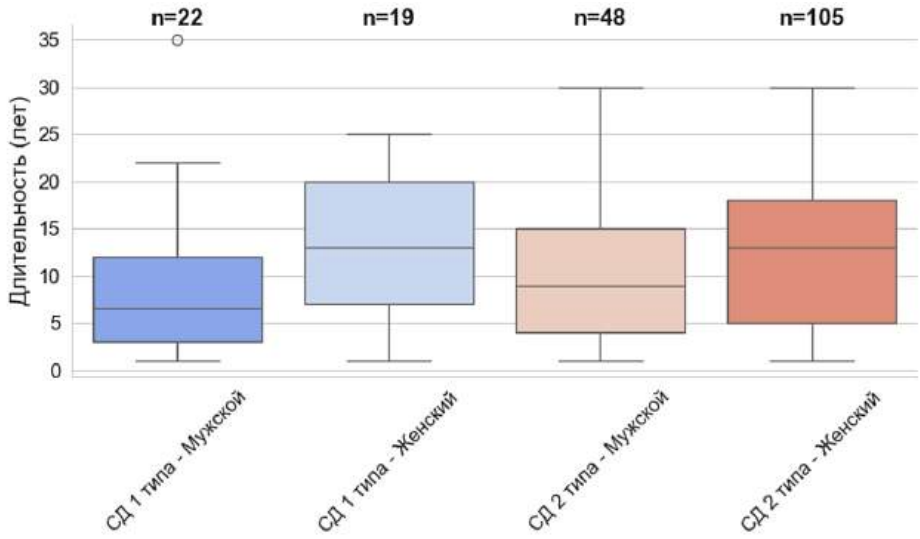


Рис. 3. Распределение длительности заболевания сахарным диабетом (СД) у пациентов с хроническим генерализированным пародонтитом (ХГП) с учетом типа диабета и пола

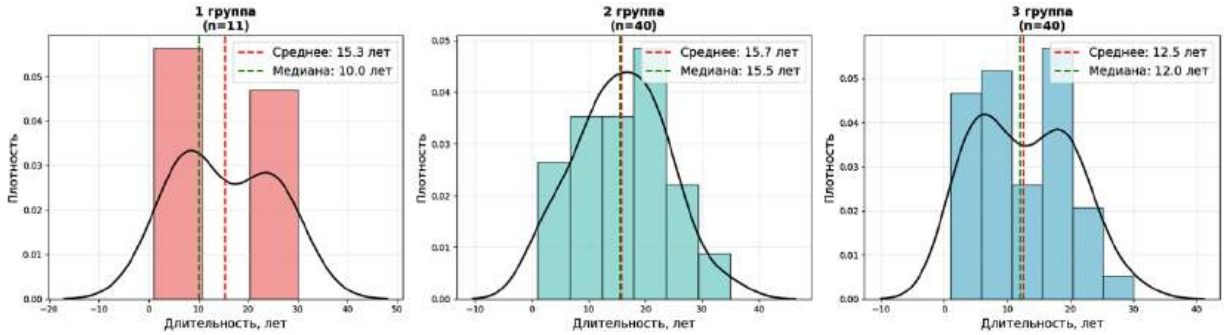


Рис. 4. Плотность распределения длительности заболевания сахарным диабетом среди пациентов разных групп инвалидности

Тест ANOVA показал статистически значимые различия в длительности заболевания между возрастными группами: средние значения длительности заболевания статистически значимо различаются между возрастными группами (F=5,439, p=0,000363) (табл. 4, рис. 5).

Анализ уровня глюкозы в крови (ммоль/л) у пациентов с ХГП, страдающих СД, представляет особый интерес.

Сравнение уровня глюкозы в крови у мужчин и женщин не показало статистически значимых различий (p=0,1068). U-тест Манна-Уитни также не выявил статистически значимых различий (p=0,3699) (рис. 6).

Сравнение уровня глюкозы в крови у пациентов с СД1 и СД2 не показало статистически значимых различий (p=0,4572). U-тест Манна-Уитни также не показал статистически значимых различий (p=0,5591) (рис. 7).

Распределение глюкозы в крови в зависимости от типа СД и пола также не выявило статистически значимых различий: для СД1 по мужчинам/женщинам (p=0,9151); для СД2 по мужчинам/женщинам (p=0,083) (рис. 8).

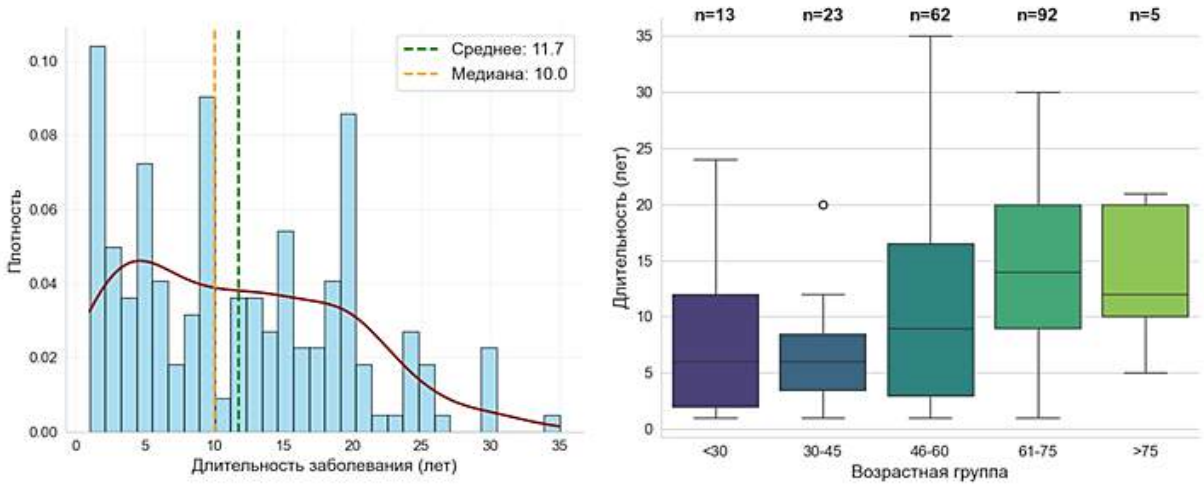


Рис. 5. Распределение длительности заболевания сахарным диабетом (СД) у пациентов с хроническим генерализированным пародонтитом (ХГП): слева – плотность распределения длительности, справа – длительность заболевания по возрастным группам

Согласно результатам ANOVA, в распределении глюкозы в крови в зависимости от группы инвалидности статистически значимых различий между группами инвалидности не обнаружено (F=2,586, p=0,0813). Тест Краскела-Уоллиса также не показал статистически значимых различий между группами инвалидности (H=3,372, p=0,1853) (рис. 9, табл. 5).

Таблица 4

Статистика по длительности заболевания сахарным диабетом в зависимости от группы инвалидности и возрастных групп пациентов, (n=91)

Параметр	Количество пациентов	M±σ	Me [Q1; Q3]
По группам инвалидности			
1	11	15,27±9,67	10,0 [8,5; 24,00]
2	40	15,70±7,98	15,5 [10,0; 20,25]
3	40	12,52±7,72	12,0 [6,0; 19,25]
По возрасту			
<30 лет	13	8,62±7,69	6,0 [2,0; 12,0]
30-45 лет	23	7,57±5,69	6,0 [3,5; 8,5]
46-60 лет	62	10,40±8,41	9,0 [3,0; 16,5]
61-75 лет	92	14,00±7,30	14,0 [9,0; 20,0]

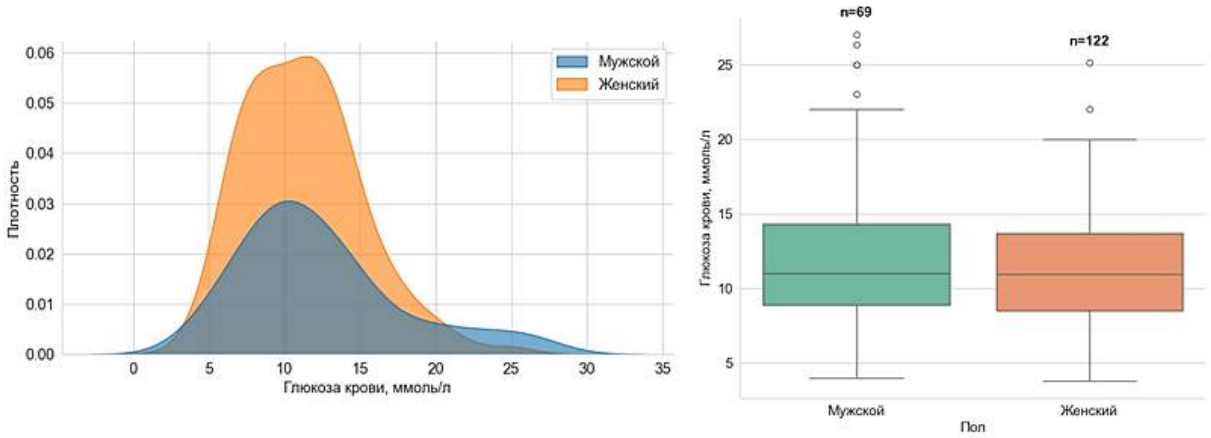


Рис. 6. Распределение глюкозы в крови в зависимости от пола пациентов: слева – графики плотности, справа – бокс-плоты

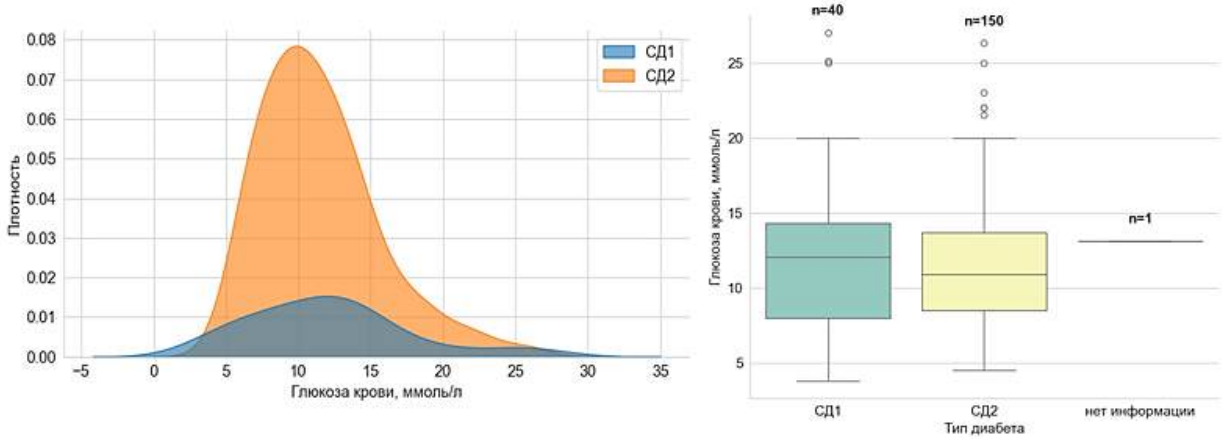


Рис. 7. Распределение глюкозы в крови в зависимости от типа сахарного диабета (СД): слева – графики плотности, справа – бокс-плоты

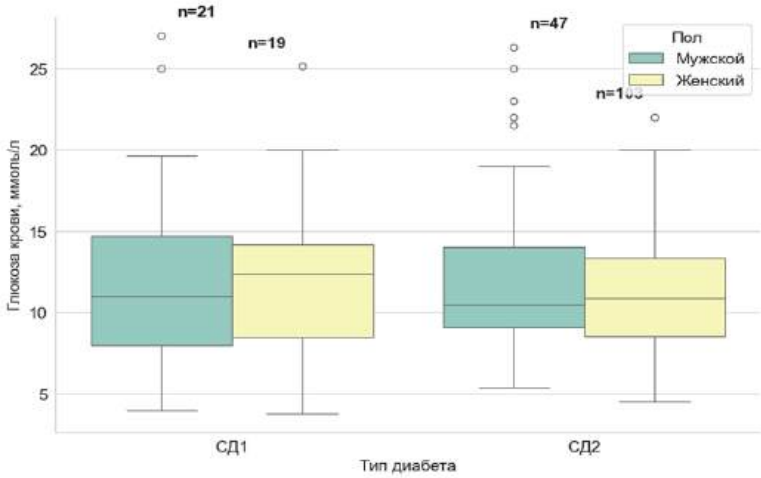


Рис. 8. Распределение глюкозы в крови в зависимости от типа сахарного диабета (СД) и пола

Сравнение уровня глюкозы по возрастным группам согласно тесту Краскела-Уоллиса (F=5,2743, p=0,260) не дало статистически значимых отличий (рис. 10, табл. 5).

Сравнение уровня глюкозы по интервалам длительности заболевания согласно тесту Краскела-Уоллиса (F=19,4706, p=0,0006) показало наличие статистически значимых различий. Пост-хок сравнения (только значимые пары, p<0,05) показали статистически значимые отличия уровня глюкозы в следующих интервалах длительности заболевания СД (рис. 10, табл. 5):

1. Интервал «<5 лет» vs интервал «5-10 лет» (p=0,0023);

2. Интервал «5-10 лет» vs интервал «10-15 лет» (p=0,0069).

Анализ уровня HbA1c (%) в крови значимо дополняет анализ глюкозы в крови (ммоль/л) у пациентов с ХГП, страдающих СД (рис. 11). В исследовании обнаружился 101 (51,8%, n=195) пациент, обследованный на HbA1c (%) и имеющий ненулевой показатель.

Сравнение уровня HbA1c (%) в крови у мужчин и женщин не показало статистически значимых различий (p=0,1672).

Т-тест для сравнения уровня HbA1c (%) в крови у пациентов с СД1 и СД2 не показал статистически значимых различий (p=0,6338) (рис. 12, 13).

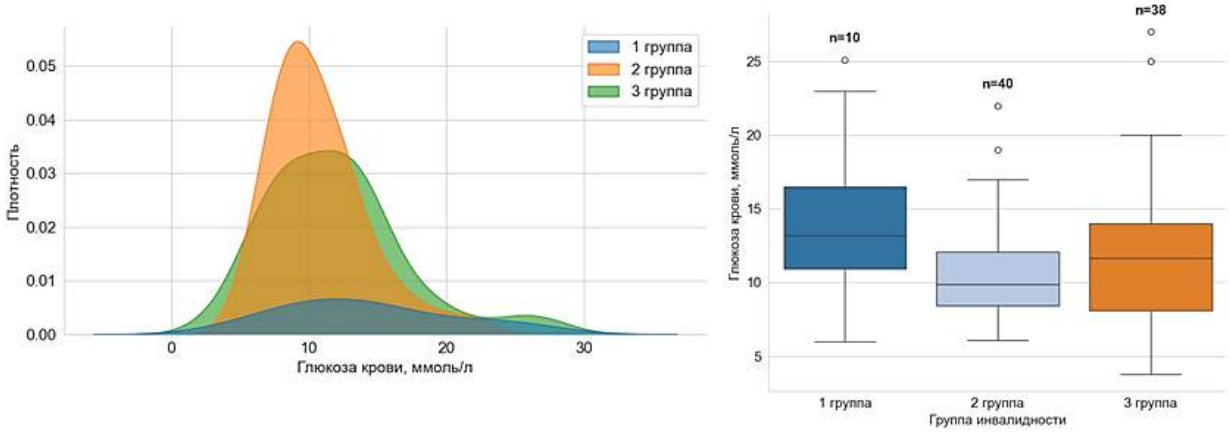


Рис. 9. Распределение глюкозы в крови в зависимости от группы инвалидности: слева – графики плотности, справа – бокс-плоты

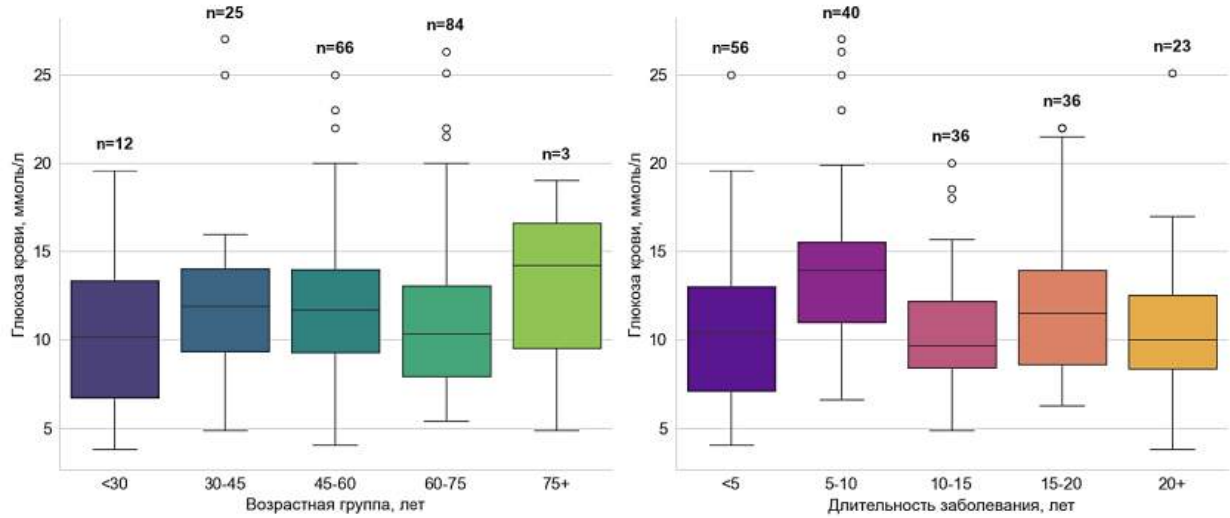


Рис. 10. Распределение глюкозы в крови по возрастным показателям: слева – в зависимости от возрастной группы, справа – от длительности заболевания сахарным диабетом

Таблица 5

Статистика по уровню глюкозы в крови (ммоль/л) в зависимости от групп инвалидности и возрастных групп пациентов, n=191

Параметр	Количество пациентов	M±σ	Me [Q1; Q3]
Нет данных по инвалидности	103	11,64±4,42	11,00 [8,85; 13,80]
Уровень глюкозы в крови (ммоль/л) в зависимости от группы инвалидности			
1	10	14,24±6,17	13,20 [10,92; 16,52]
2	40	10,70±3,51	9,90 [8,43; 12,08]
3	38	11,91±4,98	11,65 [8,12; 14,00]

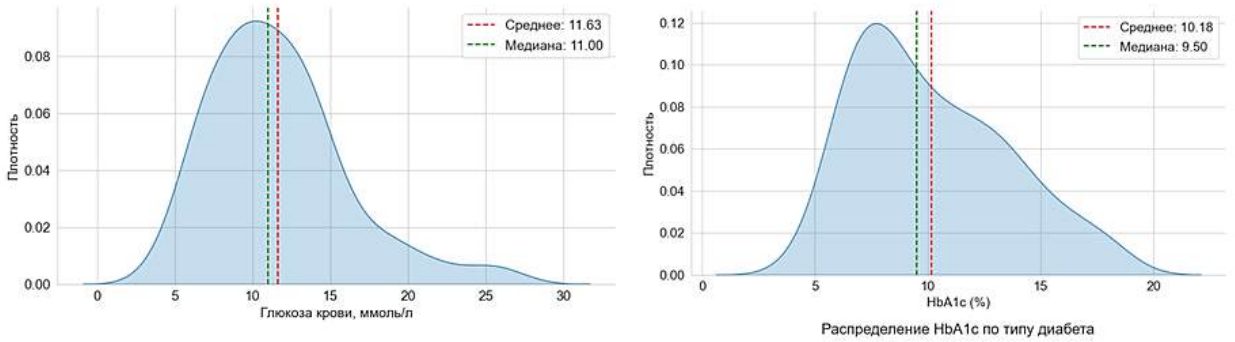


Рис. 11. Графики плотности распределения у пациентов с хроническим генерализованным пародонтитом (ХГП), страдающих сахарным диабетом (СД): слева – глюкозы в крови (ммоль/л), справа – HbA1c (%)

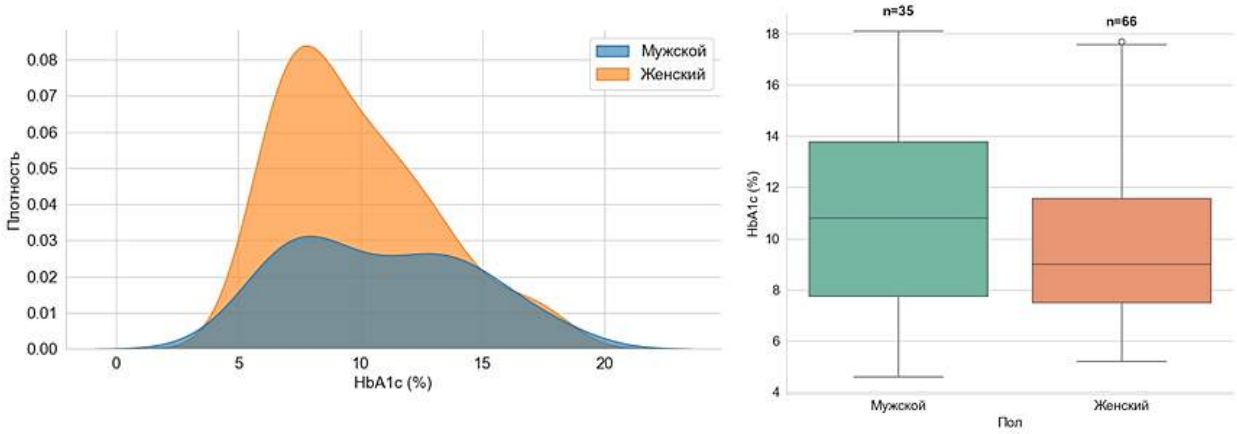


Рис. 12. Распределение HbA1c (%) в крови в зависимости от пола пациентов: слева – графики плотности, справа – бокс-плоты

Распределение HbA1c (%) в крови в зависимости от типа сахарного диабета и пола также не показало статистически значимых различий: для СД1 по мужчинам/женщинам (p=0,8677); для СД2 по мужчинам/женщинам (p=0,0848) (рис. 14).

Согласно тесту ANOVA, в распределении HbA1c (%) в крови в зависимости от группы инвалидности статистически значимые различия между группами инвалидности не были обнаружены (F=1,086, p=0,3462) (рис. 15, табл. 6).

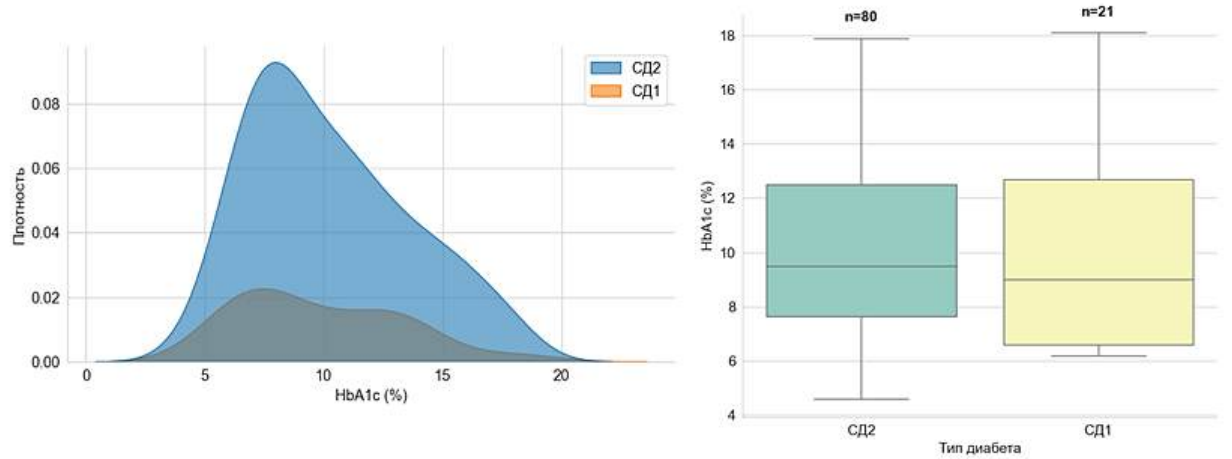


Рис. 13. Распределение HbA1c (%) в крови в зависимости от типа сахарного диабета: слева – графики плотности, справа – бокс-плоты

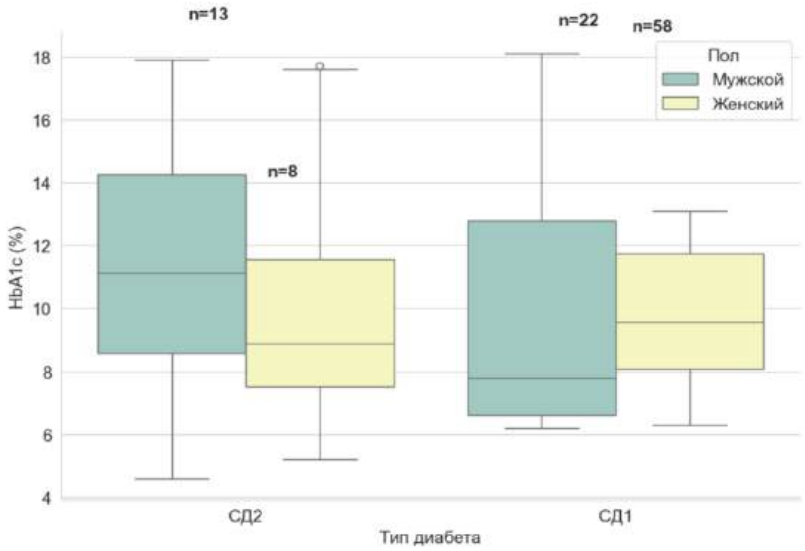


Рис. 14. Распределение HbA1c (%) в крови в зависимости от типа сахарного диабета (СД) и пола

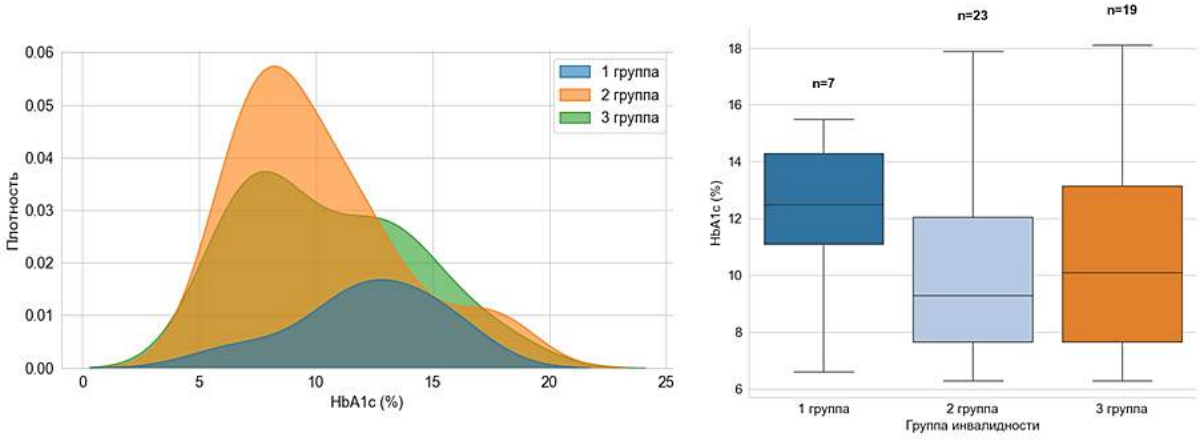


Рис. 15. Распределение HbA1c (%) в крови в зависимости от группы инвалидности: слева – графики плотности, справа – бокс-плоты

Сравнение уровня глюкозы по возрастным группам согласно ANOVA статистически значимых различий не выявило (F=0,551, p=0,648767).

Сравнение уровня глюкозы по интервалам длительности заболевания согласно ANOVA статистически значимых различий не выявило (F=0,514, p=0,725292).

Взаимосвязи между HbA1c (%) и возрастом (r=-0,136; p=0,174139), длительностью (r=0,056, p=0,011665) заболевания СД не обнаружено (рис. 16, табл. 6).

Корреляции между HbA1c (%), возрастом, длительностью заболевания с учетом типа диабета также не обнаружена (рис. 16, 17, табл. 6):

СД1 (n=21): HbA1c ↔ возраст (r=-0,1316, p=0,569738), HbA1c ↔ длительность СД1 (r=-0.1593, p=0.490452); СД2 (n=80): HbA1c ↔ возраст (r=-0,2073, p=0,065016), HbA1c ↔ длительность СД2 (r=0,1144, p=0,312448).

При выполнении сравнительного анализа положительных показателей глюкозы и HbA1c в крови пациентов (n=101) были получены следующие результаты:

- Корреляция Пирсона (r=0,2991, p=0,002375);
- Корреляция Спирмена (ρ=0,2234, p=0,024751);
- Модель линейной регрессии (R^2= 0,0895, p=0,002375):

HbA1c = 7,466 + 0,2241 × Глюкоза.

Линейная регрессия показала, что при повышении уровня глюкозы на 1 ммоль/л уровень HbA1c увеличивается на 0,2241%.

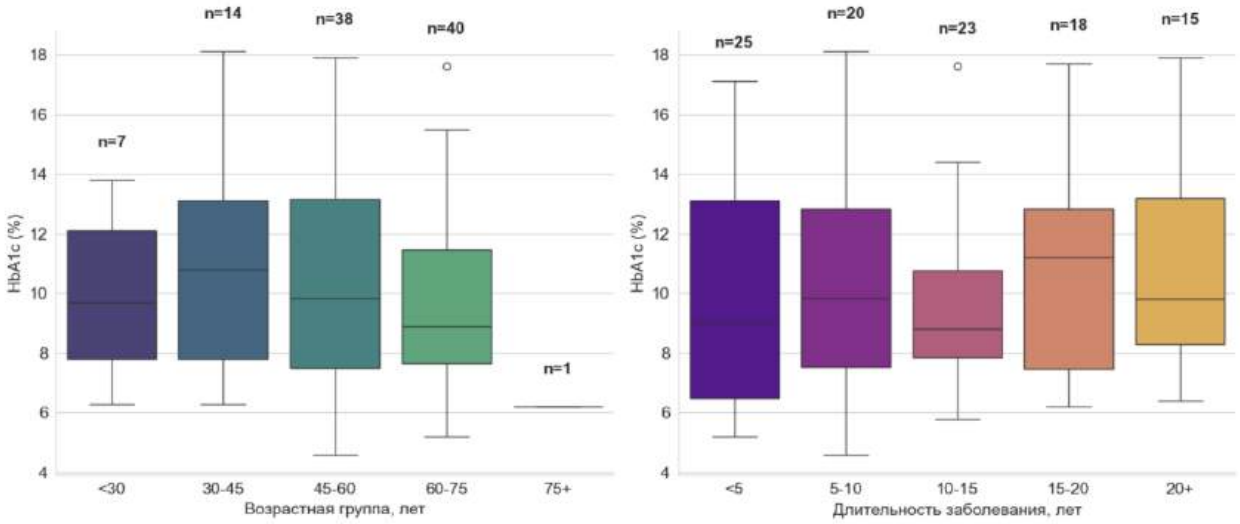


Рис. 16. Распределение глюкозы в крови по возрастным показателям: слева – в зависимости от возрастной группы, справа – от длительности заболевания сахарным диабетом

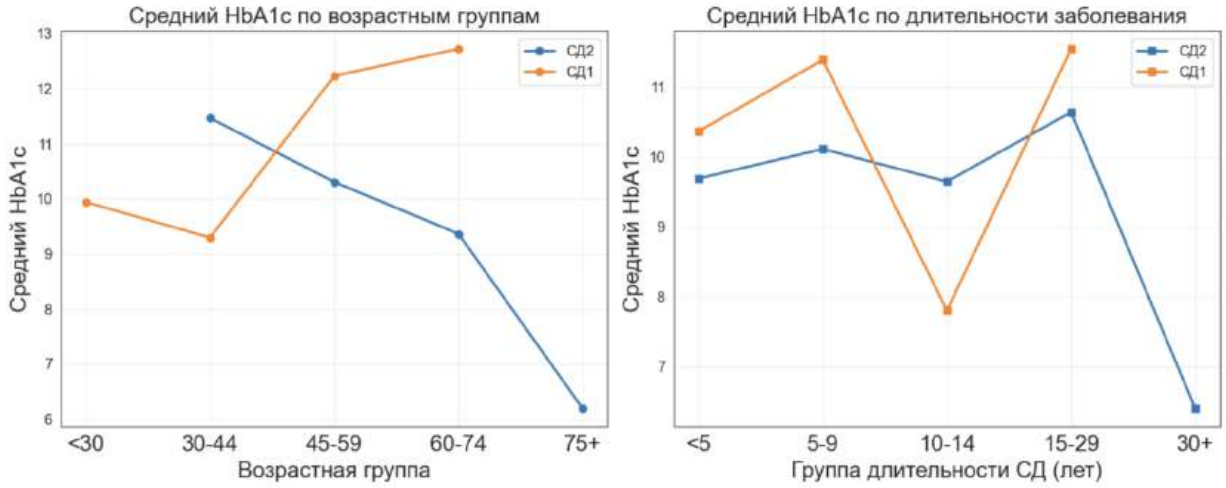


Рис. 17. Средние значения HbA1c (%): слева – по возрастным группам, справа – по длительности заболевания

Таблица 6

Статистика по уровню HbA1c в крови в зависимости от группы инвалидности и возрастных групп пациентов, %, n=101

Параметр	Количество пациентов	M±σ	Me [Q1; Q3]
Уровень HbA1c (%) в зависимости от наличия инвалидности			
Есть инвалидность	49	10,52±3,44	10,5 [7,8; 12,80]
Уровень HbA1c (%) в зависимости от группы инвалидности			
1	7	12,20±3,28	12,5 [11,10; 14,30]
2	23	10,02±3,38	9,3 [7,65; 12,05]
3	19	10,51±3,61	10,1 [7,65; 13,15]

Заключение:

1. В исследовании преобладали пациенты женского пола (63,6%) с СД2 (78,5%). Пациенты с СД2 были значительно старше, чем пациенты с СД1, что соответствует естественному течению этих заболеваний.

2. Установлена связь между тяжестью состояния (группой инвалидности) и возрастом: чем старше пациент, тем тяжелее группа инвалидности. Среди пациентов с инвалидностью также преобладали лица с СД2.

3. ХГП у мужчин диагностируется в среднем на 5 лет раньше (через 8 лет от начала СД), чем у женщин (через 13 лет).

4. Уровни глюкозы крови и HbA1c не показали статистически значимых различий в зависимости от пола, типа СД или группы инвалидности.

5. Наиболее высокие показатели глюкозы наблюдались в интервале от 5 до 10 лет заболевания с последующим снижением к интервалу 10-15 лет.

Проведенное исследование подтверждает наличие тесной двусторонней связи между СД и ХГП. Полученные клинико-эпидемиологические данные подчеркивают важность стоматологического мониторинга у пациентов с диабетом, особенно у мужчин, у которых пародонтит может развиться и быть диагностирован на фоне диабета значительно раньше. Отсутствие различий в основных показателях гликемии (глюкоза, HbA1c) между группами указывает на то, что наличие пародонтита является значимым независимым фактором, требующим внимания вне зависимости от типа диабета и формальной компенсации углеводного обмена.

Результаты 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 Glycemic Control and Metabolic Status in Diabetes Patients: Current Knowledge on Early Disease Markers and Therapeutic Perspectives / S. Santonocito, A. Polizzi, E. Marchetti [et al.] // Mediators Inflamm. – 2022. – Vol. 2022. – P. 4955277.
2. Preshaw, P.M. Periodontitis and diabetes / P.M. Preshaw, S.M. Bissett // British Dental Journal. – 2019. – Vol. 227(7). – P. 577-584.
3. The Bidirectional Relationship between Periodontal Disease and Diabetes Mellitus-A Review / I. Păunică, M. Giurgiu, A.S. Dumitriu [et al.] // Diagnostics (Basel). – 2023. – Vol. 13(4). – P. 681.
4. Nascimento, G.G. Burden of severe periodontitis and edentulism in 2021, with projections up to 2050: The Global Burden of Disease 2021 study / G.G. Nascimento, S. Alves-Costa, M. Romandini // J Periodontal Res. – 2024. – Vol. 59(5). – P. 823-867.
5. Kudiyirickal, M.G. Periodontitis: An often-neglected complication of diabetes / M.G. Kudiyirickal, J.M. Pappachan // World J Diabetes. – 2024. – Vol. 15(3). – P. 318-325.
6. Global Prevalence of Periodontal Disease and Lack of Its Surveillance / M. Nazir, A. Al-Ansari, Al- K. Khalifa [et al.] // Sci. World J. – 2020. – Vol. 2020. – P. 2146160.
7. The Diabetes Atlas / International Diabetes Federation. – Dunia: IDF, 2019. –P. 5-9.
8. Diabetes Mellitus: Impact on Bone, Dental and Musculoskeletal Health / ed. M.H. Tan. – Cambridge, MA, USA: Academic Press, 2020. – 376 p.
9. Scientific evidence on the links between periodontal diseases and diabetes: Consensus report and guidelines of the joint workshop on periodontal diseases and diabetes by the International Diabetes Federation and the European Federation of Periodontology / M. Sanz, A. Ceriello, M. Buysschaert [et al.] // J. Clin. Periodontol. – 2018. – Vol. 45. – No. 2. – P. 138-149.
10. Association and comparison of periodontal and oral hygiene status with serum HbA1c levels: a cross-sectional study / A. Rahim, S. Hassan, N. Ullah [et al.] // BMC Oral Health. – 2023. – Vol. 23(1). – P. 442.
11. A systematic review and meta-analysis of epidemiologic observational evidence on the effect of periodontitis on diabetes / F. Graziani, S. Gennai, A. Solini [et al.] // J. Clin. Periodontol. – 2023. – Vol. 50. – No. S26. – P. 125-148.
12. Diabetes mellitus promotes susceptibility to periodontitis – novel insight into the molecular mechanisms / M. Zhao, Y. Xie, W. Gao [et al.] // Front Endocrinol. – 2023. – Vol. 14. – P. 1192625.
13. The bidirectional relationship between periodontitis and diabetes: New prospects for stem cell-derived exosomes / N. Shi, C. Kong, L. Yuan [et al.] // Biomed Pharmacother. – 2023. – Vol. 165. – P. 115219.
14. Periodontitis and incident type 2 diabetes: a prospective cohort study / L. Winning, C.C. Patterson, C.E. Neville [et al.] // J Clin Periodontol. – 2017. – Vol. 44(3). – P. 266-274.

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, Махачкала, e-mail: medzhidov_mn@mail.ru, ORCID: 0009-0001-6320-7952.
Олег Станиславович Васильев – доктор медицинских наук, профессор кафедры спортивной медицины и медицинской реабилитации, Первый Московский государственный медицинский университет 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, Московский центр 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, Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова, Москва, e-mail: 2215.g23@rambler.ru, ORCID ID: 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, Moscow Center of Health Problems, Moscow, e-mail: leonidgridin@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-4941-8876.
Evgenij E. Achkasov – Doctor of Medical Sciences, 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: 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

For citation: 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

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_27
УДК 364.07 + 364.48:725.515

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_27
UDC 364.07 + 364.48:725.515

БИОСОЦИАЛЬНЫЕ ДЕТЕРМИНАНТЫ: КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ВКЛАДА БИОЛОГИЧЕСКОГО КОМПОНЕНТА В ФОРМИРОВАНИЕ ДОСТУПНОЙ СРЕДЫ

О.А. Мирошниченко[1], Г.Н. Пономаренко[1,2]

[1]Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научно-образовательный центр медико-социальной экспертизы и реабилитации им. Г.А. Альбрехта» Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации, г. Санкт-Петербург, Россия

[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Несмотря на наличие исследований по изучению биопсихосоциального подхода к инвалидности и включенных в него биологических, психологических и социальных компонентов, роль каждого компонента, влияющего на качество жизни и потребность в доступной среде, изучена недостаточно, что определяет цель исследования. ***Методы.*** На основе опроса инвалидов сформированы независимые дискриминантные переменные (критерии), влияющие на качество жизни инвалида с последующим определением значимости дискриминантных переменных с учетом категории инвалидности. ***Результаты*** показали, что биологический компонент, влияющий на качество жизни инвалида, преобладает во всех категориях нарушений, что подтверждает его доминирующую роль в формировании ограничений жизнедеятельности. ***Заключение.*** Полученные данные подтверждают, что биологический компонент, влияющий на качество жизни инвалида, доминирует во всех категориях нарушений, особенно при тяжелых формах ограничений жизнедеятельности, что приоритетно определяет необходимость устранения физических барьеров при формировании доступной среды.

Ключевые слова: доступная среда, реабилитация, биопсихосоциальная модель, инвалид, биологический компонент, доступность инфраструктуры и услуг.

BIOSOCIAL DETERMINANTS: QUANTITATIVE ANALYSIS OF THE CONTRIBUTION OF BIOLOGICAL FACTORS TO THE ACCESSIBLE ENVIRONMENT FORMATION

O.A. Miroshnichenko[1], G.N. Ponomarenko[1,2]

[1]Federal Scientific and Educational Center for Medical and Social Expertise and Rehabilitation named after G.A. Albrecht, Saint Petersburg, Russia

[2]North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Despite the availability of studies on the biopsychosocial approach to disability and its biological, psychological and social components, the role of each component affecting the quality of life and the need for an accessible environment has not been sufficiently studied, which determines the objective of the study. ***Methods.*** Based on a survey of people with disabilities, independent discriminant variables (criteria) were formed that affect the quality of life of a disabled person, followed by a determination of the significance of the discriminant variables, taking into account the disability category. ***The results*** showed that the biological component affecting the quality of life of a disabled person prevails in all categories of disorders, which confirms its dominant role in the formation of disability. ***Conclusion.*** The data obtained confirm that the biological component affecting the quality of life of a disabled person dominates in all categories of disorders, especially in severe forms of disability, which prioritizes the need to eliminate physical barriers in the formation of an accessible environment.

Keywords: accessible environment, rehabilitation, biopsychosocial model, disabled person, biological component, accessibility of infrastructure and services.

Введение. Одним из приоритетных направлений в изучении вопроса улучшения здоровья инвалидов является изучение комплексных биосоциальных подходов как эволюционного перехода от медицинской и социальной моделей инвалидности к

биопсихосоциальной [1, 2]. В работах, посвященных этой теме, подчеркивается взаимодействие биологических, психологических и социальных компонентов в инвалидизации, влияющих на качество жизни [3-5]. Это обусловлено сложным взаимодействием биопсихосоциальных детерминант, таких как социально-экономический статус, доступность организаций социального обслуживания, образования, медицинских организаций, культурных и туристских объектов, субъективное удовлетворение качеством своей жизни [6, 7]. Результаты в отношении здоровья инвалидов зависят от биологических, социальных и психологических составляющих, которые определяют целостный подход в здравоохранении и влияют на качество жизни инвалидов [8-12]. Одновременно роль каждого компонента в функциональной структуре инвалидности изучен недостаточно. Цель исследования – оценить вклад каждого компонента, влияющего на качество жизни, при различных типах ограничений жизнедеятельности и взаимосвязь между тяжестью ограничений и категориями инвалидности с учетом потребности в доступной среде.

Методы и организация исследования. В исследовании приняли участие 5 500 получающих социальные услуги инвалидов из 85 субъектов Российской Федерации. Задание предполагало опрос не менее 40 инвалидов в регионе. Выборка квотная, контролируемые параметры: пол, возраст, городское/сельское население, форма инвалидности. Оценка проводилась с применением структурированного инструментария исследования – анкетного опросника, который включал перечень критериев (дискриминантных переменных), влияющих на качество жизни инвалидов. Статистический анализ проводился с использованием программных комплексов Statistica (версия 12) и SPSS (версия 23). Для изучения различий между группами респондентов по нескольким переменным одновременно применялся пошаговый дискриминантный анализ. Целью применения дискриминантного анализа было найти дискриминантные переменные (предикторы), которые наилучшим образом разделяют группы и позволяют оценить статистическую значимость этих различий. Порог статистической значимости был установлен на уровне $p<0,05$. Результаты представлены в диаграмме и таблицах.

Результаты исследования и их обсуждение. Для определения составляющих значимость компонентов с целью оценки эффективности мероприятий доступной среды, влияющих на качество жизни инвалидов, был проведен пошаговый дискриминантный анализ по данным проведенного социологического исследования [13]. Для анализа были выбраны 37 независимых дискриминантных переменных (критериев), влияющих на качество жизни инвалида, с последующим этапом присвоения характеристики компонента – социальный, биологический, психологический.

Оценка результатов опроса с точки зрения значимости позволяет определить биологический компонент как ведущий за счет следующих показателей:

1. Физическое состояние: физическая мобильность (50,9%); активный образ жизни (34,5%); удовлетворенность качеством питания (38,2%);
2. Возрастные характеристики: возраст (20,9%) напрямую связан с биологическими особенностями организма;
3. Здоровье и медицинские показатели, удовлетворенность услугами здравоохранения (54,3%), важность сферы здравоохранения (54,7%);
4. Физиологические потребности: материальное положение (54,3%) косвенно влияет на доступ к питанию и медицинской помощи, качество питания (38,2%) напрямую влияет на биологическое состояние организма;
5. Адаптационные способности: адаптированность жилья (52,5%) включает физические аспекты адаптации, конструктивная доступность зданий (54,8%).

Эти показатели отражают различные аспекты биологического состояния человека, включая физическое здоровье, двигательную активность, питание и адаптацию к окружающей среде. Отдельные показатели взаимосвязаны: например, физическая мобильность зависит от возраста и состояния здоровья, а качество питания

влияет на общее физическое состояние и активность.

Биологический компонент как доминирующий представлен достаточно широко, хотя и косвенно, через социальные показатели, отражающие физическое состояние и потребности инвалида в формировании доступной среды.

Анализ соотношения дискриминант с компонентами (биологический, социальный, психологический) проведен на основании экспертных оценок специалистов субъектов Российской Федерации (n=1 304), оказывающих медико-социальную помощь инвалидам.

Биологический компонент в общей структуре указывает на то, что физическое состояние и мобильность являются наиболее важными составляющими в биопсихосоциальной модели. Социальный компонент определяет значимость сферы образования и социальной защиты, психологическая составляющая определяется приоритетом межличностных отношений.

В результате пошагового дискриминантного анализа было установлено, что из 37 дискриминантных переменных статистически значимыми для итоговой дискриминантной модели оказались 13. В таблице 1 представлена итоговая модель дискриминантного анализа. Дискриминация между группами статистически значима ($p<0,0000$).

Таблица 1

Дискриминантные переменные, включенные в итоговую модель

Дискриминантные переменные	Характеристика компонента	Итоговый свод дискриминантного анализа					
		Лямбда Уилкса	Частичная лямбда	F-исключ.	p-уровень	Толер.	1-толер.
Уровень материального положения	Социал.	0,67536	0,960533	77,28829	0	0,907242	0,092758
Обладание навыками повседневной самостоятельной жизни	Биолог.	0,664374	0,976416	45,4329	0	0,747313	0,252687
Умение планировать свою жизнь, решать проблемы	Психол.	0,663028	0,978399	41,52834	0	0,802672	0,197328
Удовлетворенность доступностью объектов и услуг	Биолог.	0,657128	0,987184	24,42073	0,000001	0,733613	0,266387
Конструктивная доступность здания для передвижения за его пределы	Биолог.	0,65542	0,989756	19,46766	0,000011	0,58169	0,41831
Отношение семьи	Психол.	0,655308	0,989925	19,14342	0,000013	0,876843	0,123157
Удовлетворенность услугами сферы здравоохранения, полученными в текущем году	Биолог.	0,651569	0,995606	8,30222	0,004005	0,767675	0,232325
Важность сферы культура и туризм	Социал.	0,651459	0,995774	7,98246	0,004773	0,664693	0,335307
Удовлетворенность качеством питания	Биолог.	0,651357	0,995929	7,68804	0,005614	0,870144	0,129856
Важность сферы жилищно-коммунальное хозяйство	Биолог.	0,651322	0,995984	7,58557	0,00594	0,792418	0,207582
Отношение населения к инвалидам	Психол.	0,65056	0,99715	5,37665	0,020515	0,700421	0,299579
Адаптированность жилья	Биолог.	0,650338	0,99749	4,734	0,029696	0,576489	0,423511
Частота посещения учреждений культуры за последний месяц	Социал.	0,650199	0,997704	4,32859	0,037612	0,798427	0,201573

Общий анализ значимых дискриминант с учетом ранее присвоенных характеристик позволяет определить долевое соотношение значимости компонентов, что определяет

функциональный профиль инвалида: 54% – биологический компонент; 23% – социальный и 23% – психологический.

Проведен пошаговый дискриминантный анализ для 9 категорий инвалидов.

Инвалиды с нарушением функций опорно-двигательного аппарата (ОДА), не использующие кресла-коляски (n=1 361): из 37 дискриминантных переменных статистически значимыми являются 13 (p<0,0000) (табл. 2). Общий анализ значимых дискриминант с учетом ранее присвоенных характеристик позволяет определить долевое соотношение значимости компонентов: 46% – биологический компонент; 16% – социальный и 38% – психологический.

Таблица 2

Дискриминантные переменные, включенные в итоговую модель «Инвалиды с нарушением функций ОДА, не использующие кресла-коляски»

Дискриминантные переменные	Характеристика компонента	Итоговый свод дискриминантного анализа					
		Лямбда Уилкса	Частичная лямбда	F-исключ.	p-уровень	Толер.	1-толер.
Уровень материального положения	Социал.	0,637406	0,974155	11,35501	0,000821	0,875453	0,124547
Умение планировать свою жизнь, решать проблемы	Психол.	0,635405	0,977223	9,97584	0,001698	0,749058	0,250943
Обладание навыками повседневной самостоятельной жизни	Биолог.	0,634037	0,979331	9,03327	0,002807	0,694929	0,305072
Отношение семьи	Психол.	0,632057	0,982399	7,66814	0,005865	0,903564	0,096436
Физическая мобильность	Биолог.	0,631366	0,983474	7,19185	0,007607	0,735402	0,264599
Удовлетворенность услугами сферы здравоохранение, полученными в текущем году	Биолог.	0,630832	0,984306	6,82403	0,00931	0,667531	0,332469
Важность сферы жилищно-коммунальное хозяйство	Биолог.	0,630016	0,985581	6,26162	0,01271	0,542207	0,457793
Частота разговоров с близкими по телефону за последний месяц	Психол.	0,629845	0,985849	6,14366	0,013573	0,785562	0,214438
Конструктивная доступность здания для передвижения за его пределы	Биолог.	0,629076	0,987054	5,6136	0,018265	0,577709	0,422291
Удовлетворенность доступностью объектов и услуг	Биолог.	0,628865	0,987385	5,46808	0,019826	0,73771	0,26229
Отношение населения к инвалидам	Психол.	0,628086	0,98861	4,93103	0,026901	0,710623	0,289377
Частота посещения членами семьи за последний месяц	Психол.	0,627892	0,988916	4,7971	0,029047	0,68269	0,31731
Удовлетворенность услугами сферы информация и связь, полученными в текущем году	Социал.	0,62673	0,990748	3,99667	0,046222	0,68726	0,31274

Инвалиды с нарушением функций ОДА, использующие кресла-коляски (n=874): из 37 дискриминантных переменных статистически значимыми оказались 7 (p<0,0000) (табл. 3). Общий анализ значимых критериев с учетом ранее присвоенных характеристик определяет долевое соотношение значимости компонентов: 58% – биологический компонент; 14% – социальный и 28% – психологический.

Таблица 3

Дискриминантные переменные, включенные в итоговую модель «Инвалиды, имеющие выраженные ограничения в передвижении, использующие кресла-коляски»

Дискриминантные переменные	Характеристика компонента	Итоговый свод дискриминантного анализа					
		Лямбда Уилкса	Частичная лямбда	F-исключ.	p-уровень	Толер.	1-толер.
Удовлетворенность доступностью объектов и услуг	Биолог.	0,566536	0,902934	30,10019	0	0,756593	0,243407
Умение планировать свою жизнь, решать проблемы	Психол.	0,535356	0,955522	13,03361	0,000362	0,858248	0,141752
Удовлетворенность качеством питания	Биолог.	0,532849	0,960018	11,66108	0,000733	0,826647	0,173353
Обладание навыками повседневной самостоятельной жизни	Биолог.	0,531935	0,961666	11,16127	0,000949	0,822602	0,177398
Важность сферы жилищно-коммунальное хозяйство	Биолог.	0,530842	0,963647	10,56293	0,001295	0,622449	0,377551
Частота разговоров с близкими по телефону за последний месяц	Психол.	0,522114	0,979756	5,78555	0,016807	0,780975	0,219025
Удовлетворенность услугами сферы образование, полученными в текущем году	Социал.	0,518978	0,985677	4,06865	0,04464	0,620547	0,379453

Инвалиды с нарушением функций верхних конечностей (n=1 361): из 37 дискриминантных переменных 7 статистически значимы (p<0,0000) (табл. 4). Долевое соотношение значимости компонентов: 86% – биологический компонент; 14% – социальный и 0% – психологический.

Таблица 4

Дискриминантные переменные, включенные в итоговую модель «Инвалиды с нарушением функций верхних конечностей»

Дискриминантные переменные	Характеристика компонента	Итоговый свод дискриминантного анализа					
		Лямбда Уилкса	Частичная лямбда	F-исключ.	p-уровень	Толер.	1-толер.
Конструктивная доступность здания для передвижения за его пределы	Биолог.	0,702317	0,933793	14,2512	0,000211	0,761634	0,238366
Уровень материального положения	Социал.	0,693955	0,945045	11,68835	0,000761	0,895086	0,104915
Удовлетворенность услугами сферы социальная защита населения, полученными в текущем году	Биолог.	0,682634	0,960718	8,21848	0,004588	0,624148	0,375852
Удовлетворенность услугами сферы здравоохранение, полученными в текущем году	Биолог.	0,678305	0,966849	6,89192	0,009324	0,546091	0,453909
Обладание навыками повседневной самостоятельной жизни	Биолог.	0,678134	0,967092	6,8395	0,009593	0,797702	0,202298
Возраст	Биолог.	0,672818	0,974734	5,21007	0,023503	0,739375	0,260625
Физическая мобильность	Биолог.	0,67048	0,978133	4,49361	0,035249	0,739509	0,260491

Инвалиды с нарушением функций зрения – слабовидящие (n=718): из 37 дискриминантных переменных 10 являются статистически значимыми (p<0,0000) (табл. 5). Долевое соотношение значимости компонентов: 60% – биологический компонент; 30% – социальный и 10% – психологический.

Таблица 5

Дискриминантные переменные, включенные в итоговую модель «Инвалиды с нарушением функций зрения – слабовидящие»

Дискриминантные переменные	Характеристика компонента	Итоговый свод дискриминантного анализа					
		Лямбда Уилкса	Частичная лямбда	F-исключ.	p-уровень	Толер.	1-толер.
Умение планировать свою жизнь, решать проблемы	Социал.	0,59622	0,935544	15,77739	0,000095	0,790305	0,209696
Важность сферы информация и связь	Биолог.	0,583395	0,95611	10,51219	0,001363	0,709648	0,290352
Уровень материального положения	Социал.	0,582355	0,957818	10,08507	0,0017	0,860393	0,139607
Уровень образования	Социал.	0,575501	0,969224	7,27145	0,007526	0,836999	0,163001
Удовлетворенность услугами сферы здравоохранение, полученными в текущем году	Биолог.	0,569936	0,978689	4,98659	0,026512	0,746886	0,253114
Важность сферы транспорт	Биолог.	0,569727	0,979047	4,90084	0,02783	0,722416	0,277584
Отношение семьи	Психол.	0,569493	0,979449	4,80483	0,029388	0,896136	0,103865
Удовлетворенность доступностью объектов и услуг	Биолог.	0,569117	0,980097	4,65032	0,03209	0,70109	0,29891
Обладание навыками повседневной самостоятельной жизни	Биолог.	0,567811	0,982351	4,11428	0,04368	0,759727	0,240273
Удовлетворенность услугами сферы социальная защита населения, полученными в текущем году	Биолог.	0,56747	0,982942	3,97412	0,047391	0,831092	0,168908

Инвалиды с нарушением функций зрения – слепые (n=216): из 37 дискриминантных переменных статистически значимыми оказались 8 (p<0,0000) (табл. 6). Долевое соотношение значимости компонентов: 25% – биологический компонент; 50% – социальный и 25% – психологический.

Инвалиды с нарушением функций слуха – слабослышащие (n=433): из 37 дискриминантных переменных статистически значимыми оказались 11 (p<0,0000) (табл. 7). Общий анализ значимых дискриминант с учетом ранее присвоенных характеристик позволяет определить долевое соотношение значимости компонентов: 54% – биологический компонент; 36% – социальный и 10% – психологический.

Инвалиды с нарушением функций слуха – глухие (n=155): из 37 дискриминантных переменных статистически значимыми оказались 8 (p<0,0000) (табл. 8). Долевое соотношение значимости компонентов: 50% – биологический компонент; 12% – социальный и 38% – психологический.

Таблица 6

Дискриминантные переменные, включенные в итоговую модель «Инвалиды с нарушением функций зрения – слепые»

Дискриминантные переменные	Характеристика компонента	Итоговый свод дискриминантного анализа					
		Лямбда Уилкса	Частичная лямбда	F-исключ.	p-уровень	Толер.	1-толер.
Умение планировать свою жизнь, решать проблемы	Психол.	0,427917	0,761082	20,71869	0,000023	0,878233	0,121768
Конструктивная доступность здания для передвижения за его пределы	Биолог.	0,372907	0,873355	9,57065	0,002898	0,469221	0,530779
Удовлетворенность услугами сферы транспорт, полученными в текущем году	Социал.	0,369679	0,88098	8,91662	0,003962	0,435955	0,564045
Удовлетворенность услугами сферы информация и связь, полученными в текущем году	Социал.	0,361297	0,901419	7,21787	0,009123	0,431489	0,568511
Отношение семьи	Психол.	0,358157	0,909321	6,58163	0,012583	0,766775	0,233225
Удовлетворенность услугами сферы культура и туризм, полученными в текущем году	Социал.	0,352715	0,92335	5,47885	0,022279	0,453987	0,546013
Удовлетворенность услугами сферы социальная защита населения, полученными в текущем году	Биолог.	0,349753	0,931171	4,87852	0,03067	0,646531	0,35347
Уровень материального положения	Социал.	0,346943	0,938712	4,30911	0,041809	0,827505	0,172495

Инвалиды, имеющие одновременно нарушения функций слуха и зрения (n=137): из 37 дискриминантных переменных 17 оказались статистически значимыми ($p<0,0000$) (табл. 9). Долевое соотношение значимости компонентов: 47% – биологический компонент; 35% – социальный и 18% – психологический.

Инвалиды, имеющие нарушения психических функций (n=1 044): из 37 дискриминантных переменных статистически значимыми оказались 7 (табл. 10). Дискриминация между группами статистически значима ($p<0,0000$). Общий анализ значимых дискриминант с учетом ранее присвоенных характеристик позволяет определить долевое соотношение значимости компонентов: 57% – биологический компонент; 29% – социальный и 14% – психологический.

Биологический компонент, определяющий качество жизни, преобладает во всех категориях нарушений, что подтверждает его доминирующую роль в формировании ограничений жизнедеятельности в аспекте доступной среды. Это отмечается при нарушении функций верхних конечностей (86%); нарушении ОДА с использованием кресел-колясок (58%). Социальный компонент занимает второе место по значимости, определяя доминанту социальной адаптации при нарушении функций зрения (слепые) – 50%; нарушении функций слуха (глухие) – 36% (рис.).

Таблица 7

Дискриминантные переменные, включенные в итоговую модель «Инвалиды с нарушением функций слуха – слабослышащие»

Дискриминантные переменные	Характеристика компонента	Итоговый свод дискриминантного анализа					
		Лямбда Уилкса	Частичная лямбда	F-исключ.	p-уровень	Толер.	1-толер.
Конструктивная доступность здания для передвижения за его пределы	Биолог.	0,530287	0,911273	14,79956	0,000176	0,8404	0,1596
Важность сферы культура и туризм	Биолог.	0,526605	0,917644	13,64154	0,000308	0,670164	0,329836
Уровень материального положения	Социал.	0,526485	0,917853	13,60387	0,000314	0,909146	0,090854
Обладание навыками повседневной самостоятельной жизни	Биолог.	0,515112	0,938119	10,02643	0,001865	0,664163	0,335837
Отношение населения к инвалидам	Психол.	0,514058	0,940043	9,69473	0,002209	0,805131	0,194869
Удовлетворенность услугами сферы физкультура и спорт, полученными в текущем году	Социал.	0,505435	0,956079	6,98267	0,009092	0,582271	0,417729
Удовлетворенность услугами сферы жилищно-коммунальное хозяйство, полученными в текущем году	Социал.	0,503832	0,959121	6,47845	0,011915	0,760439	0,239561
Удовлетворенность услугами социальной защиты, полученными в текущем году	Биолог.	0,503768	0,959243	6,45823	0,012046	0,683444	0,316556
Удовлетворенность услугами здравоохранения, полученными в текущем году	Биолог.	0,503109	0,9605	6,25094	0,013474	0,613401	0,386599
Удовлетворенность услугами информации и связи, полученными в текущем году	Социал.	0,498214	0,969937	4,7113	0,031517	0,528438	0,471563
Важность сферы транспорта	Биолог.	0,496421	0,97344	4,14735	0,043435	0,729354	0,270646

При нарушении ОДА отмечается закономерность: при использовании колясок биологический компонент выше (58%), чем при их отсутствии (46%), что связано с более серьезными ограничениями жизнедеятельности и необходимостью управлять самой креслом-коляской. Сочетанные нарушения (слух+зрение) показывают относительно равномерное распределение всех компонентов (47%, 35%, 18%), что подчеркивает сложность адаптации при множественных нарушениях. Существует прямая зависимость между тяжестью ограничений жизнедеятельности и выраженностью биологического компонента.

Социальная адаптация играет ключевую роль в компенсации нарушений, особенно при нарушениях функций зрения (слепота) (50% социальный компонент) и сочетанных нарушениях (слух+зрение) (35% социальный компонент). Следует отметить тенденцию к высокой представленности биологического компонента при более тяжелых формах нарушений.

Таблица 8

Дискриминантные переменные, включенные в итоговую модель «Инвалиды с нарушением функций слуха – глухие»

Дискриминантные переменные	Характеристика компонента	Итоговый свод дискриминантного анализа					
		Лямбда Уилкса	Частичная лямбда	F-исключ.	p-уровень	Толер.	1-толер.
Частота посещения членов семьи за последний месяц	Психол.	0,385386	0,781509	12,02176	0,001206	0,472904	0,527096
Отношение семьи	Психол.	0,364771	0,825677	9,07847	0,004323	0,516086	0,483914
Важность сферы транспорт	Биолог.	0,359298	0,838254	8,29709	0,006169	0,408772	0,591228
Признание населением достоинств и способностей инвалидов	Психол.	0,352763	0,853783	7,36407	0,009535	0,542742	0,457258
Удовлетворенность доступностью объектов и услуг	Биолог.	0,351406	0,857078	7,17046	0,010453	0,438539	0,561461
Важность сферы образование	Социал.	0,349907	0,860751	6,9564	0,011579	0,5296	0,470401
Важность сферы социальная защита населения	Биолог.	0,345196	0,872498	6,28377	0,016045	0,378303	0,621697
Удовлетворенность качеством питания	Биолог.	0,329965	0,912773	4,10921	0,048878	0,560206	0,439794

Таблица 9

Дискриминантные переменные, включенные в итоговую модель «Инвалиды, имеющие одновременно нарушения функций слуха и зрения»

Дискриминантные переменные	Характеристика компонента	Итоговый свод дискриминантного анализа					
		Лямбда Уилкса	Частичная лямбда	F-исключ.	p-уровень	Толер.	1-толер.
Умение планировать свою жизнь, решать проблемы	Психол.	0,146648	0,112088	118,8232	0	0,032023	0,967977
Важность сферы жилищно-коммунальное хозяйство	Биолог.	0,120203	0,136747	94,6915	0	0,018795	0,981205
Важность сферы информация и связь	Биолог.	0,108689	0,151234	84,1838	0	0,04012	0,95988
Важность сферы потребительский рынок	Биолог.	0,065711	0,250148	44,9645	0,000007	0,023073	0,976927
Удовлетворенность услугами сферы культура и туризм, полученными в текущем году	Социал.	0,06155	0,267059	41,1673	0,000012	0,021852	0,978148
Важность сферы социальная защита населения	Биолог.	0,054479	0,301722	34,7146	0,00003	0,121433	0,878567
Отношение семьи	Психол.	0,048215	0,340922	28,9983	0,000076	0,062918	0,937082
Удовлетворенность услугами сферы образование, полученными в текущем году	Социал.	0,044203	0,371864	25,3373	0,000148	0,018093	0,981907
Важность сферы образование	Социал.	0,04375	0,375714	24,924	0,000161	0,074793	0,925207
Удовлетворенность доступностью объектов и услуг	Биолог.	0,041949	0,391845	23,2804	0,000223	0,207444	0,792556

Продолжение таблицы 9

Дискриминантные переменные	Характеристика компонента	Итоговый свод дискриминантного анализа					
Адаптированность жилья	Биолог.	0,03187	0,515764	14,0831	0,00192	0,143751	0,856249
Регулярное повышение своей цифровой грамотности	Социал.	0,025792	0,637307	8,5365	0,01052	0,164514	0,835486
Возраст	Биолог.	0,024999	0,657532	7,8126	0,013593	0,242576	0,757424
Удовлетворенность услугами сферы информация и связь, полученными в текущем году	Социал.	0,024487	0,671263	7,3459	0,016121	0,119058	0,880942
Частота посещения друзей за последний месяц	Психолог.	0,023979	0,685485	6,8823	0,019183	0,280213	0,719787
Удовлетворенность услугами сферы здравоохранение, полученными в текущем году	Биолог.	0,022301	0,737076	5,3507	0,035314	0,153203	0,846797
Удовлетворенность услугами сферы транспорт, полученными в текущем году	Социал.	0,022232	0,739351	5,2881	0,036254	0,227317	0,772683

Таблица 10

Дискриминантные переменные, включенные в итоговую модель «Инвалиды, имеющие нарушения психических функций»

Дискриминантные переменные	Характеристика компонента	Итоговый свод дискриминантного анализа					
		Лямбда Уилкса	Частичная лямбда	F-исключ.	p-уровень	Толер.	1-толер.
Уровень материального положения	Социал.	0,63844	0,928336	24,7028	0,000001	0,889271	0,110729
Удовлетворенность услугами сферы жилищно-коммунальное хозяйство, полученными в текущем году	Биолог.	0,62129	0,953962	15,44323	0,000104	0,822625	0,177375
Конструктивная доступность здания для передвижения за его пределы	Биолог.	0,616637	0,96116	12,93106	0,000374	0,875478	0,124522
Умение планировать свою жизнь, решать проблемы	Психол.	0,606223	0,977673	7,30797	0,007232	0,71471	0,28529
Активный образ жизни	Биолог.	0,603071	0,982782	5,60616	0,018492	0,857692	0,142308
Важность сферы потребительский рынок	Биолог.	0,600842	0,986429	4,40262	0,036668	0,758449	0,241551
Уровень образования	Социал.	0,600343	0,987248	4,13334	0,042871	0,897575	0,102425

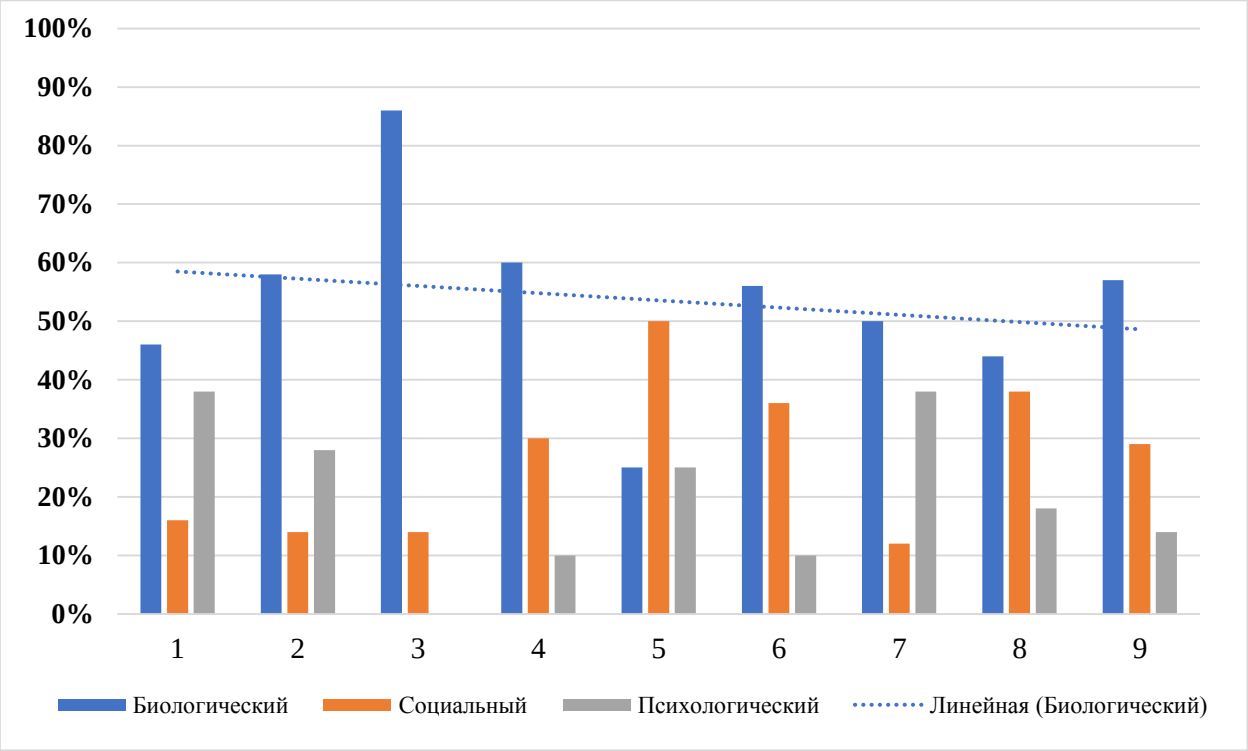


Рис. Результат распределения по значимости компонентов для различных категорий инвалидов

Примечание: 1 – Нарушение ОДА (не использующие кресла-коляски); 2 – Нарушение ОДА (использующие кресла-коляски); 3 – Нарушение функций (отсутствие) верхних конечностей; 4 – Нарушение функций зрения (слабовидящие); 5 – Нарушение функций зрения (слепые); 6 – Нарушение функций слуха (слабослышащие); 7 – Нарушение функций слуха (глухие); 8 – Одновременно нарушение функций слуха и зрения; 9 – Нарушение психических функций.

Заключение. Биологический компонент, определяющий качество жизни инвалида, доминирует во всех категориях нарушений, особенно при тяжелых формах ограничений жизнедеятельности, что обусловливает потребность в приоритетном порядке формирования доступной среды. Социальная адаптация критически важна для компенсации ограничений, особенно при нарушениях зрения и сочетанных патологиях. Одновременно сочетанные нарушения характеризуются более равномерным распределением компонентов, что отражает комплексную природу адаптации. Результаты подчеркивают необходимость мультидисциплинарного подхода к реабилитации, а также к вопросам формирования условий доступной среды, учитывающей баланс биологических, социальных и психологических компонентов. Полученные данные могут быть использованы для оптимизации подходов в формировании доступной среды и повышении эффективности социальной адаптации лиц инвалидов.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Engel, G. The clinical application of the biopsychosocial model / G. Engel // The American Journal of Psychiatry. – 1980. – Vol. 137. – P. 535-544.
2. Engel, G. The need for a new medical model: A challenge for biomedicine / G. Engel // Science. – 1977. – No. 196. – P. 129-136.
3. Саралиева, З.Х. Инвалидизация: макрофакторы и микропрактики / З.Х. Саралиева // Инвалиды – инвалидность – инвалидизация: материалы международной научно-практической конференции, Нижний Новгород, 27-28 сентября 2018 года. – Нижний Новгород: ООО

«Научно-исследовательский социологический центр», 2018. – С. 577-584.
4. Добрынина, В.И. Особенности процесса инвалидизации в разрезе возрастных когорт населения России / В.И. Добрынина, А.А. Колодина // Инвалиды – инвалидность – инвалидизация: материалы международной научно-практической конференции, Нижний Новгород, 27-28 сентября 2018 года. – Нижний Новгород: ООО «Научно-исследовательский социологический центр», 2018. – С. 594-598.
5. Щекатуров, А.А. Биологические детерминанты качества жизни людей старческого возраста при сенсорных дефицитах (на примере патологии органа зрения): автореф. дис. … канд. биол. наук / Алексей Анатольевич Щекатуров. – СПб., 2022. – 27 с.
6. Реабилитация инвалидов: национальное руководство / Г.Н. Пономаренко, В.П. Шестаков, А.А. Свинцов [и др.]; под ред. Г.Н. Пономаренко. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. – 736 с.
7. Качество жизни как предмет научных исследований в физиотерапии / Г.Н. Пономаренко, А.Л. Лещев, С.Л. Морозов [и др.] // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2004. – № 4. – С. 38.
8. Чистобаева, А.И. Эволюция научных представлений о качестве жизни населения / А.И. Чистобаева, З.А. Семенова // Общество. Среда. Развитие. – 2013. – № 3(28). – С. 247-251.
9. Рейс, Ж. Понимание восприятия и построения иерархии рисков для здоровья: научный медико-экологический взгляд в перспективу с учетом пандемии COVID-19 / Ж. Рейс, Н.В. Зайцева, П.С. Спенсер // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 3. – С. 5-18.
10. Пономаренко, Г.Н. Физическая и реабилитационная медицина: клинические рекомендации, основанные на доказательствах / Г.Н. Пономаренко, Д.В. Ковлен; под ред. акад. РАН А.Н. Разумова. – М.: Наука, 2020. – 248 с.
11. Пономаренко, Г.Н. Восстановительная медицина: фундаментальные основы и перспективы развития / Г.Н. Пономаренко // Физическая и реабилитационная медицина. – 2022. – Т. 4. – № 1. – С. 8-20. DOI: 10.26211/2658-4522-2022-4-1-8-20.
12. Пономаренко, Г.Н. Комплексная реабилитация и абилитация инвалидов в Российской Федерации / Г.Н. Пономаренко, О.Н. Владимирова // Физическая и реабилитационная медицина. – 2019. – Т. 1. – № 1. – С. 9-15.
13. Мирошниченко, О.А. Всероссийские мониторинговые социологические исследования в сфере формирования доступной среды для инвалидов и других маломобильных групп населения в 2023 году / А.В. Штепа, Н.Р. Мальков. – СПб: ФГБУ ФНОЦ МСЭ и Р им. Г.А. Альбрехта Минтруда России, ООО «ЦИАЦАН», 2024. – 156 с.

REFERENCES

1. Engel G. The clinical application of the biopsychosocial model. *The American Journal of Psychiatry*, 1980, vol. 137, pp. 535-544.
2. Engel G. The need for a new medical model: A challenge for biomedicine. *Science*, 1977, no. 196, pp. 129-136.
3. Saralieva Z.Kh. Disability: macrofactors and micropracticals. Disabled people – Disability: proceedings of the International Scientific and Practical Conference (Nizhny Novgorod, September 27-28, 2018). Nizhny Novgorod: Scientific Research Sociological Center, LLC, 2018. pp. 577-584. (in Russ.)
4. Dobrynina V.I., Kolodina A.A. Features of the disability process in the context of age cohorts of the Russian population. Disabled people – Disability: proceedings of the International Scientific and Practical Conference (Nizhny Novgorod, September 27-28, 2018). Nizhny Novgorod: Scientific Research Sociological Center, LLC, 2018, pp. 594-598. (in Russ.)
5. Shchekaturov A.A. Biological determinants of the quality of life of senile people with sensory deficits (on the example of pathology of the organ of vision): an author's abstract. St. Petersburg, 2022. 27 p. (in Russ.)
6. Ponomarenko G.N., Shestakov V.P., Svintsov A.A. et al. Rehabilitation of the disabled: a national guide. G.N. Ponomarenko, ed. Moscow: GEOTAR-Media, 2018. 736 p. (in Russ.)
7. Ponomarenko G.N., Leshchev A.L., Morozov S.L. et al. Quality of life as a subject of scientific research in physiotherapy. *Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical culture*, 2004, no. 4, pp. 38. (in Russ.)
8. Chistobaeva A.I., Semenova Z.A. Evolution of scientific ideas about the quality of life of the population. *Society. Environment. Development (Terra Humana)*, 2013, no. 3(28), pp. 247-251. (in Russ.)
9. Reis J., Zaitseva N.V., Spencer P.S. Understanding the perception and hierarchy of risks: an environmental medico-scientific perspective with COVID-19 in mind. *Health Risk Analysis*, 2020, no. 3, pp. 5-18. (in Russ.)
10. Ponomarenko G.N., Kovlen D.V. Physical and rehabilitation medicine: clinical recommendations based on evidence. Razumov A.N., ed. Moscow: Nauka, 2020. 248 p. (in Russ.)
11. Ponomarenko G.N. Restorative Medicine: Fundamentals and Development Prospects. *Physical and Rehabilitation Medicine*, 2022, vol. 4,

no. 1, pp. 8-20. DOI: 10.26211/2658-4522-2022-4-1-8-20. (in Russ.)
12. Ponomarenko G.N., Vladimirova O.N. Comprehensive rehabilitation and habilitation of persons with disabilities in the Russian Federation. *Physical and Rehabilitation Medicine*, 2019, vol. 1, no. 1, pp. 9-15. (in Russ.)
13. Miroshnichenko O.A., Shtepa A.V., Malkov N.R. All-Russian monitoring sociological research in the field of creating an accessible environment for the disabled and other low-mobility groups of the population in 2023. St. Petersburg: Federal Scientific and Educational Center for Medical and Social Expertise and Rehabilitation named after G.A. Albrecht, TSIATSAN LLC, 2024. 156 p. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Оксана Анатольевна Мирошниченко – кандидат психологических наук, директор Федерального ресурсного (информационно-методического) центра по формированию доступной среды для инвалидов и других маломобильных групп населения, Федеральный научно-образовательный центр медико-социальной экспертизы и реабилитации им. Г.А. Альбрехта, Санкт-Петербург, e-mail: miroshnichenko_oa@frcds.ru.

Геннадий Николаевич Пономаренко – доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, заслуженный деятель науки Российской Федерации, Федеральный научно-образовательный центр медико-социальной экспертизы и реабилитации им. Г.А. Альбрехта; заведующий кафедрой физической и реабилитационной медицины, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, e-mail: ponomarenko_g@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Oksana A. Miroshnichenko – Candidate of Psychological Sciences, Director of the Federal Resource (Information and Methodological) Center for the Formation of an Accessible Environment for the Disabled and Other Low-Mobility Groups of the Population, Federal Scientific and Educational Center for Medical and Social Expertise and Rehabilitation named after G.A. Albrecht, Saint Petersburg, e-mail: miroshnichenko_oa@frcds.ru.

Gennadij N. Ponomarenko – Doctor of Medical Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, General Director of the Federal Scientific and Educational Center for Medical and Social Expertise and Rehabilitation named after G.A. Albrecht; Head of the Department of Physical and Rehabilitation Medicine, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, e-mail: ponomarenko_g@mail.ru.

Для цитирования: Мирошниченко, О.А. Биосоциальные детерминанты: количественный анализ вклада биологического компонента в формирование доступной среды / О.А. Мирошниченко, Г.Н. Пономаренко // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_27

For citation: Miroshnichenko O.A., Ponomarenko G.N. Biosocial determinants: quantitative analysis of the contribution of biological factors to the accessible environment formation. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_27

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_28
УДК 364.07 + 364.48:725.515

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_28
UDC 364.07 + 364.48:725.515

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ БИОМАРКЕРОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ДОСТУПНОЙ СРЕДЫ

О.А. Мирошниченко[1], Г.Н. Пономаренко[1,2], Н.В. Иванова[1]
[1]Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научно-образовательный центр медико-социальной экспертизы и реабилитации им. Г.А. Альбрехта» Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации, г. Санкт-Петербург, Россия
[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Традиционный технологический подход, основанный на оценке инфраструктуры объектов, не позволяет определить влияние доступной среды на восстановление функциональных возможностей человека. Цель – разработка и валидация системы биомаркеров для мониторинга эффективности мероприятий доступной среды с учетом функциональных возможностей и реабилитационного потенциала человека. ***Методы.*** Для исследования приняты показатели, отражающие не только состояние здоровья, когнитивного статуса, но и функциональные возможности инвалида. В исследовании приняли участие 102 человека, возраст – от 30 до 65 лет и старше. Для анализа доступности средств показа для разных групп инвалидов и проверки статистической значимости различий применялся критерий хи-квадрат. ***Результаты.*** У обеих групп выявлены положительная корреляция возраста с динамической активностью, минимальное влияние возраста на когнитивные функции. Отрицательная связь силы кисти с отсутствием сил для активности одинакова у обоих полов. ***Заключение.*** Исследование подтверждает влияние функционального состояния организма на социальную активность, вовлеченность в трудовой деятельности. Это обосновывает необходимость в доступной среде, которая определяет мобильность, самостоятельность и способность человека взаимодействовать с окружающим пространством.
Ключевые слова: доступная среда, доступность инфраструктуры и услуг, инвалиды, биомаркеры, социальная активность.

DEVELOPMENT OF A BIOMARKER SYSTEM FOR MONITORING THE EFFECTIVENESS OF ACCESSIBLE ENVIRONMENT ACTIVITIES

O.A. Miroshnichenko[1], G.N. Ponomarenko[1,2], N.V. Ivanova[1]
[1]Federal Scientific and Educational Center for Medical and Social Expertise and Rehabilitation named after G.A. Albrecht, Saint Petersburg, Russia
[2]North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The traditional technological approach based on the assessment of the infrastructure of facilities does not allow us to determine the impact of the available environment on the restoration of human functionality. The goal is to develop and validate a biomarker system for monitoring the effectiveness of accessible environment measures, taking into account human functionality and rehabilitation potential. ***Methods.*** For the study, indicators were used that reflect not only the state of health, cognitive status, but also the functional capabilities of a disabled person. 102 people participated in the study, aged from 30 to 65 years and older. The chi-square criterion was used to analyze the accessibility of screening facilities for different groups of people with disabilities and to verify the statistical significance of the differences. ***Results.*** Both groups showed a positive correlation of age and dynamic activity, the minimal effect of age on cognitive functions. The negative association of hand strength with lack of strength for activity is the same in both genders. ***Conclusion.*** The study confirms the influence of the functional state of the body on social activity, involvement in work, which substantiates the need for an accessible environment, as it determines mobility, independence and a person's ability to interact with the surrounding space.
Keywords: accessible environment, accessibility of infrastructure and services, people with disabilities, biomarkers, social activity.

Введение. Особую актуальность в развитии восстановительной медицины приобретает персонифицированный подход к оценке эффективности реабилитационных мероприятий, включающий формирование доступной среды для лиц с учетом ограничений жизнедеятельности (ОЖД). Традиционный технологический подход, основанный исключительно на оценке инфраструктуры объектов, не позволяет в полной мере оценить влияние доступной среды на восстановление функциональных возможностей человека, а также определить ее эффективность. В данном контексте «доступная среда» выступает как комплекс физических и информационных условий, позволяющих инвалидам независимо и безопасно перемещаться, получать услуги и полноценно участвовать в жизни общества. Оценка состояния здоровья и функциональных возможностей инвалида − фундаментальная междисциплинарная задача медицины, биологии и физиологии [1]. Детальный анализ различных аспектов физического и психического статуса позволяет определить адаптационные резервы и потенциальные пределы для социальной активности человека [2]. Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки новых методологических подходов к оценке результативности мероприятий доступной среды с учетом индивидуальных особенностей и потенциала каждого человека. Внедрение системы биомаркеров может стать шагом в развитии вопросов доступной среды, позволяющим перейти от субъективных оценок к объективным показателям ее эффективности [3]. Существующие методы оценки преимущественно ориентированы на внешние показатели доступности объектов, и не учитывают индивидуальные особенности и потребности человека. Цель исследования – разработка и валидация системы биологических маркеров (биомаркеров) для мониторинга эффективности мероприятий доступной среды с учетом функциональных возможностей и реабилитационного потенциала человека. Биологические маркеры отражают состояние здоровья и благополучия индивидуумов. Они предоставляют объективные данные о физиологических и метаболических процессах, происходящих в организме, что позволяет более точно оценивать уровень здоровья и функциональные возможности человека, а, следовательно, и его потенциал, в том числе при наличии инвалидности [3]. Биомаркеры определяют связь между потребностью в мероприятиях доступной среды и биологическими возможностями человека. В свою очередь, биомаркеры как объективные показатели биологических процессов в организме могут отражать не только состояние здоровья, но и функциональные возможности инвалида [2, 3]. Практическая значимость исследования заключается в индивидуализации реабилитационных программ и повышении эффективности мероприятий доступной среды. Внедрение предложенной методологии − попытка осуществить переход от технологического подхода в доступной среде к персонифицированному, учитывающему особенности каждого человека и его реабилитационного потенциала.

Методы и организация исследования. Исследование проведено на базе организации социального обслуживания с постоянным проживанием. Для исследования приняты показатели (биомаркеры), отражающие не только состояние здоровья, когнитивного статуса, но и функциональные возможности инвалида как объективные показатели биологических процессов в организме. В исследовании приняли участие 102 человека (42 женщины, 60 мужчин), возраст – от 30 до 65 лет и старше. Для оценки функционального профиля участников исследования разработан чек-лист, включающий оценку биомаркеров: возраст, вес, систолическое артериальное давление (САД) / диастолическое артериальное давление (ДАД) [3]; оценка когнитивных функций по MMSE (Mini-Mental State Examination – стандартизированный тест для скрининговой оценки когнитивных функций) [4]; двигательный локус жизнеспособности (способность к поддержанию равновесия (оценка по тесту Ромберга) [3]; склонность к падениям (медицинская карта пациента); динамическая сила кисти (измерение динамометром)); нутритивный локус жизнеспособности

(скрининг нутриционного риска (NRS-2002) (первичный) (со слов пациента) [5]; оценка внутренней мотивации в стратегии адаптации (со слов пациента) [5-8]. Процедура проведения: разработка и пилотаж чек-листов (для проверки понятности и устранения неоднозначных формулировок). Обработка данных производилась при помощи программного пакета Statistica 2.0, программы Microsoft Excel. Для оценки взаимосвязей между показателями в представленном исследовании применен корреляционный анализ Пирсона, который позволил выявить значимые взаимосвязи между показателями физической активности; установить связи между когнитивными функциями и физической силой; определить влияние возрастных и антропометрических показателей на функциональные возможности; оценить мотивацию к участию в различных мероприятиях [7-10]. Порог статистической значимости установлен на уровне $p<0,05$. Результаты представлены в таблицах.

Результаты исследования и их обсуждение. Проведен анализ перечня биомаркеров, их влияния на функциональные возможности женщин (n=42) и мужчин (n=60) с последующим сравнением и определением потребности в мероприятиях по адаптации условий среды.

При оценке функциональных возможностей у женщин наблюдается зависимость между возрастом и социальной активностью (0,27–0,41). С возрастом возрастает и потребность в социальных мероприятиях, повышается интерес к ним. При этом отмечается взаимосвязь возраста и силы кисти (-0,10 – -0,12), что обусловлено естественными возрастными процессами, так как с возрастом снижается мышечная сила. Также определяется слабая связь между возрастом и когнитивными функциями (-0,06), что подтверждает индивидуальность процессов старения и возможную роль других факторов на снижение интеллектуальных способностей (например, образа жизни, уровня образования, здоровья и т.д.).

С увеличением веса у женщин наблюдается тенденция к снижению уровня динамической активности (участие в спортивных мероприятиях) (-0,11 – -0,31). Интерес и желание к социальной активности сохраняются или незначительно снижаются (-0,15 – -0,36). Отмечается, что уровень артериального давления (АД) положительно влияет на социальную и динамическую активности (0,14–0,34), при этом особенно не взаимосвязан с когнитивными функциями (0,22).

Когнитивные функции и сила кисти показывают высокую взаимосвязь (0,41–0,51), при этом когнитивные функции не влияют на уровень динамической активности. Эти взаимосвязи отражают сложные механизмы взаимодействия между физическим состоянием, моторными функциями и когнитивными процессами.

Высокая корреляция между правой и левой рукой (0,87) подтверждает симметрию мышечного развития. Одновременно отрицательная связь с отсутствием сил для физической активности (-0,15 – -0,24) определяет, что чем ниже уровень силы кисти, тем больше затруднений при выполнении физических задач.

Физическая активность у женщин тесно связана с показателями силы кистей; общим состоянием сердечно-сосудистой системы и когнитивными функциями. Мотивация к участию в трудовой деятельности зависит от когнитивного статуса, общего самочувствия (АД, вес) и физической выносливости (сила кисти). Социальная активность связана с желанием участвовать в мероприятиях, общим физическим состоянием (сила кисти) и возрастными показателями (табл. 1).

У мужчин отмечается положительная корреляция возраста с динамической активностью (0,28–0,34). С возрастом повышается вовлеченность в активность (зарядка, спорт, уборка). Одновременно с возрастом снижается сила кисти (-0,10 – -0,12). Также отмечается, что у мужчин, как и у женщин, возраст не коррелирует с когнитивными функциями (-0,06).

У мужчин избыточный вес снижает физическую активность (-0,11 – -0,31), а также оказывает влияние на социальную активность (-0,15 – -0,36). Уровень АД определяет положительную связь с общей активностью у мужчин (0,14–0,34), а именно желанием заниматься спортивными мероприятиями, участвовать в трудовой и

социальной занятости, при этом значительно не влияет на когнитивные функции (0,18–0,22).

Сила кисти связана с когнитивными функциями (0,24–0,25), одновременно сила правой и левой кисти симметричны (0,75). Отмечается взаимосвязь между силой кисти и отсутствием сил к физической активности (-0,15 – -0,24), а также желанием заниматься трудовой деятельностью (-0,34). Со снижением силы кисти снижается мотивация к физической, социальной и трудовой активностям. Физическая активность у мужчин определяется состоянием сердечно-сосудистой системы, мышечной силой и когнитивным статусом. Трудовая мотивация и социальная активность связаны с общим физическим состоянием и возрастными особенностями (табл. 2).

Таблица 1

Анализ связей биомаркеров и функциональных показателей (женщины, n=42)

Биомаркеры	Функциональные показатели	Характер связи	Сила связи (коэффициент)	Интерпретация
Возраст	Динамическая активность	Положительная	0,27–0,41	С возрастом повышается вовлеченность в активность (зарядка, спорт, уборка)
	Сила кисти (правая/левая)	Отрицательная	-0,10 – 0,12	Снижение мышечной силы с возрастом
	Когнитивные функции (MMSE)	Слабая отрицательная	-0,06	Минимальное влияние возраста на когнитивный статус
Вес	Динамическая активность	Отрицательная	-0,11 – -0,31	Избыточный вес снижает физическую активность
	Желание участвовать в мероприятиях социальной направленности	Слабая отрицательная	-0,15 – -0,36	Лишний вес ассоциирован с меньшим интересом к социальным активностям
АД (САД/ДАД)	Общая активность	Положительная	0,14–0,34	Нормальное/повышенное давление коррелирует с более высокой активностью
	Когнитивные функции (MMSE)	Умеренная положительная	0,18–0,22	Стабильное давление поддерживает когнитивные функции
MMSE	Сила кисти (правая/левая)	Сильная положительная	0,41–0,51	Высокий когнитивный статус связан с лучшей мышечной силой
	Динамическая активность	Слабая	–	Косвенная связь через общее состояние здоровья
Сила кисти (правая/левая)	Физическая активность	Отрицательная (отсутствие сил)	-0,15 – -0,24	Снижение силы кисти связано с нежеланием заниматься физической активностью
	Корреляция между силой кисти	Высокая положительная	0,87	Симметричность мышечной силы правой и левой кисти

Примечание: MMSE (Mini-Mental State Examination) − стандартизированный тест для скрининговой оценки когнитивных функций; АД – артериальное давление; САД – систолическое артериальное давление; ДАД – диастолическое артериальное давление.

Таблица 2

Анализ связей биомаркеров и функциональных показателей (мужчины, n=60)

Биомаркеры	Функциональные показатели	Характер связи	Сила связи (коэффициент)	Интерпретация
Возраст	Динамическая активность	Слабая положительная	0,28–0,34	С возрастом повышается вовлеченность в активность (зарядка, спорт, уборка)
	Сила кисти (правая/левая)	Умеренная отрицательная	-0,10 – -0,12	Снижение мышечной силы с возрастом
	Когнитивные функции (MMSE)	Слабая отрицательная	-0,06	Минимальное влияние возраста на когнитивные функции
Вес	Давление	Умеренная	0,19–0,29	Избыточный вес снижает физическую активность
	Физическая активность	Обратная	-0,11 – -0,31	Ограничение активности
	Желание участвовать в мероприятиях	Отрицательная	-0,15 – -0,36	Лишний вес ассоциирован с меньшим интересом к социальным активностям. Снижение участия
АД (САД/ДАД)	Общая активность	Положительная	0,14–0,34	Нормальное/повышенное давление коррелирует с более высокой активностью
	Когнитивные функции (MMSE)	Умеренная	0,18–0,22	Стабильное давление поддерживает когнитивные функции
MMSE	Сила кисти (правая/левая)	Высокая (сильная положительная)	0,24–0,25	Высокий когнитивный статус связан с лучшей мышечной силой
	Динамическая активность	Умеренная	–	Косвенная связь через общее состояние здоровья
Сила кисти (правая/левая)	Физическая активность	Отрицательная (отсутствие сил)	-0,15 – -0,24	Снижение силы кисти связано с нежеланием заниматься физической активностью
	Корреляция между руками	Высокая положительная	0,75	Симметричность мышечной силы правой и левой кисти
	Желание заниматься в мастерских	Отрицательная	-0,34	Влияние на мотивацию

Примечание: MMSE (Mini-Mental State Examination) − стандартизированный тест для скрининговой оценки когнитивных функций; АД – артериальное давление; САД – систолическое артериальное давление; ДАД – диастолическое артериальное давление.

Сравнительный анализ показателей у мужчин и женщин определяет сходство в обеих группах:

1) по возрастным закономерностям: взаимосвязь возраста с динамической активностью (0,27–0,41), снижение мышечной силы в силу возрастных изменений (-0,10 – -0,12), минимальное влияние возраста на когнитивные функции (-0,06);

2) по влиянию веса: избыточный вес влияет на снижение физической активности (-0,11 – -0,31) и уровень социальной активности (-0,15 – -0,36);

3) по влиянию уровня АД: положительная корреляция с общей активностью (0,14–0,34) и умеренная положительная связь с когнитивными функциями (0,18–0,22), т.е. стабильное давление

поддерживает когнитивные процессы и не зависит от пола.

В рамках исследования отмечаются следующие различия: у мужчин выявлена умеренная связь веса и уровня АД (0,19–0,29), чего не отмечено у женщин. У мужчин избыточный вес может оказывать большее влияние на сердечно-сосудистую систему. У женщин выявлена сильная положительная корреляция уровня когнитивных функций с силой кисти (0,41–0,51), тогда как у мужчин она слабее (0,24–0,25). У женщин когнитивный статус теснее связан с мышечной силой, что может отражать различия в нейромоторных механизмах.

У мужчин отмечается умеренная корреляция уровня когнитивных функций с динамической активностью, чего нет у женщин. У мужчин когнитивные функции зависят от уровня физической активности. В данном контексте гендерные различия указывают на неодинаковые механизмы взаимодействия когнитивных и моторных функций у обоих полов.

Отрицательная связь силы кисти с отсутствием сил для физической активности одинакова у обоих полов (-0,15 – -0,24). Снижение силы кисти коррелирует с нежеланием заниматься физической активностью. У мужчин дополнительно выявлена связь силы кисти с желанием заниматься в мастерских (-0,34), чего нет у женщин. У мужчин мышечная сила сильнее влияет на трудовую мотивацию.

Заключение. Исследование подтверждает влияние функционального состояния организма на социальную активность, вовлеченность в трудовую деятельность. Показатели, связанные с возрастом, весом, АД и когнитивными функциями, напрямую влияют на потребность в доступной среде, которая определяет мобильность, самостоятельность и способность человека взаимодействовать с окружающим пространством.

С возрастом растет потребность в динамической активности (женщины – 0,27–0,41, мужчины – 0,28–0,34), но снижается сила кисти (отрицательная связь возраста с силой кисти идентична в обеих группах (-0,10 – 0,12)). Это увеличивает потребность в таких элементах доступной среды как поручни, пандусы, адаптированные санитарно-гигиенические помещения, а также в информационной поддержке (простые инструкции, дублирование информации).

Для пожилых людей важными являются меры, облегчающие передвижение и снижающие риск падений (противоскользящие покрытия, контрастная маркировка ступеней, тактильные указатели).

Лишний вес снижает физическую активность и может ограничивать мобильность. Людям с избыточным весом требуются широкие дверные проемы, лифты, а также адаптированные общественные пространства (кресла с усиленной конструкцией в зонах ожидания на вокзалах, аэропортах), поручни, пандусы и другие элементы способные выдерживать повышенную массу тела.

Снижение когнитивных функций затрудняет ориентацию в пространстве, понимание инструкций и использование сложных интерфейсов. Требуется адаптация информации, а именно – применение русского языка с простыми грамматическими конструкциями, пиктограммы.

Слабость мышц рук (сила кисти) обуславливает потребность к формированию доступности бытовой среды. Поэтому возникает необходимость в установке дверей с облегченным механизмом открывания, поручни с удобным захватом.

При формировании доступной среды важно учитывать взаимное влияние физического и когнитивного здоровья (слабость мышц − снижение мотивации − ухудшение когнитивных функций). Это обосновывает взаимозависимость потенциала человека за счет оценки биомаркеров и потребности в формировании условий доступности (архитектурных, информационных, коммуникационных), в том числе для лиц с нарушением когнитивных функций. Таким образом, результаты исследования подчеркивают важность комплексной оценки физического, когнитивного и социального статуса для разработки персонализированных реабилитационных и профилактических программ и мероприятий доступной среды.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пономаренко, Г.Н. Восстановительная медицина: фундаментальные основы и перспективы развития / Г.Н. Пономаренко // Физическая и реабилитационная медицина. – 2022. – Т. 4. – № 1. – С. 8-20.
2. Пономаренко, Г.Н. Физическая и реабилитационная медицина: фундаментальные основы и клиническая практика / Г.Н. Пономаренко // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2016. – № 15(6). – С. 284-289.
3. Биологические маркеры негативного функционального профиля при сенсорных дефицитах в старческом возрасте / А.А. Щекатуров, Е.А. Воронина, О.В. Бочко [и др.] // Научно-практический рецензируемый журнал «Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики». – 2021. – № 1. − С. 376-384.
4. Гендерные особенности когнитивных функций, оцененных шкалами MMSE и MoCA, у пациентов с ишемической болезнью сердца / И.В. Тарасова, О.А. Трубникова, А.С. Соснина [и др.] // Российский кардиологический журнал. – 2021. – Т. 26(2). − С. 11-18.
5. Motivation, self-determination, and long-term weight control / P.J. Teixeira, M.N. Silva, J. Mata [et al.] // International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity. – 2012. – Vol. 9(22).
6. Артериальная гипертензия и ранние когнитивные расстройства / О.Л. Барбараш, И.М. Давидович, С.А. Смакотина, О.А. Трубникова. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2011. – 131 с.
7. Head position affects the relationship between cognitive functions and grip strength and hand clenching in older adults: a study using structural equation modeling / H.I. Celik, B. Unver, E. Akbas, E.U. Erdem // BMC Diseases of the musculoskeletal system. – 2023. – Vol. 24(324).
8. Hogrel, J.Y. Grip strength measured using high-precision dynamometry in healthy individuals aged 5 to 80 years / J.Y. Hogrel // BMC Diseases of the musculoskeletal system. – 2015. – Vol. 16(139).
9. Pu, W. Age and sex differences in grip strength in adults / W. Pu // Int J Rehabil Res. – 2010. – Vol. 33(1). – P. 4-11.
10. Возрастные изменения корковых формаций мозга мужчин в процессе старения / И.Н. Боголепова, Л.И. Малофеева, П.А. Агапов [и др.] // Журнал «Ассиметрия». – 2019. – Т. 13(3). – С. 5-14.

REFERENCES

1. Ponomarenko G.N. Restorative medicine: fundamentals and development prospects. *Physical and rehabilitation medicine*, 2022, vol. 4, no. 1, pp. 8-20. (in Russ.)
2. Ponomarenko G.N. Physical and rehabilitative medicine: fundamental principles and clinical practice. *Russian Journal of Physiotherapy, Balneology and Rehabilitation*, 2016, no. 15(6), pp. 284-289. (in Russ.)
3. Schekaturov A.A., Voronina E.A., Bochko O.V. et al. Biological markers of negative functional profile in senile sensory deficits. *Current problems of healthcare and medical statistics*, 2021, no. 1, pp. 376-384. (in Russ.)
4. Tarasova I.V., Trubnikova O.A., Sosnina A.S., Syrova I.D., Kukhareva I.N. et al. Sex characteristics of cognitive functions assessed by the MMSE and MoCA scores in patients with coronary artery disease. *Russian Journal of Cardiology*, 2021, no. 26(2), pp. 11-18. (in Russ.)
5. Teixeira P.J., Silva M.N., Mata J., Palmeira A.L., Markland D. Motivation, self-determination, and long-term weight control. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 2012, vol. 9(22).
6. Barbarash O.L., Davidovich I.M., Smakotina S.A., Trubnikova O.A. Arterial hypertension and early cognitive impairments. Kemerovo: Kuzbassvuizdat, 2011. 131 p. (in Russ.)
7. Celik H.I., Unver B., Akbas E., Erdem E.U. Head position affects the relationship between cognitive functions and grip strength and hand clenching in older adults: a study using structural equation modeling. *BMC Diseases of the musculoskeletal system*, 2023, vol. 24(324).
8. Hogrel J.Y. Grip strength measured using high-precision dynamometry in healthy individuals aged 5 to 80 years. *BMC Diseases of the musculoskeletal system*, 2015, vol. 16(139).
9. Pu W. Age and sex differences in grip strength in adults. *Int J Rehabil Res*, 2010, vol. 33(1), pp. 4-11.
10. Bogolepova I.N., Malofeeva L.I., Agapov P.A. Sveshnikov A.V., Malofeeva I.G. Age-related changes in the cortical formations of the male brain during aging. *Journal of asymmetry*, 2019, vol. 13(3), pp. 5-14. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Оксана Анатольевна Мирошниченко – кандидат психологических наук, директор Федерального ресурсного (информационно-методического) центра по формированию доступной среды для инвалидов и других маломобильных групп населения, Федеральный научно-образовательный центр медико-социальной экспертизы и реабилитации им. Г.А. Альбрехта, Санкт-Петербург, e-mail: miroshnichenko_oa@frcds.ru.
Геннадий Николаевич Пономаренко – доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, заслуженный деятель науки Российской Федерации, генеральный директор Федерального научно-образовательного центра медико-социальной экспертизы и реабилитации им. Г.А. Альбрехта; заведующий кафедрой физической и реабилитационной медицины, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, e-mail: ponomarenko_g@mail.ru.
Наталья Викторовна Иванова – заместитель руководителя Управления научной деятельности, Федеральный научно-образовательный центр медико-социальной экспертизы и реабилитации им. Г.А. Альбрехта, Санкт-Петербург, e-mail: nivanova2504@ya.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Oksana A. Miroshnichenko – Candidate of Psychological Sciences, Director of the Federal Resource (Information and Methodological) Center for the Formation of an Accessible Environment for the Disabled and Other Low-Mobility Groups of the Population, Federal Scientific and Educational Center for Medical and Social Expertise and Rehabilitation named after G.A. Albrecht, Saint Petersburg, e-mail: miroshnichenko_oa@frcds.ru.
Gennadij N. Ponomarenko – Doctor of Medical Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, General Director of the Federal Scientific and Educational Center for Medical and Social Expertise and Rehabilitation named after G.A. Albrecht; Head of the Department of Physical and Rehabilitation Medicine, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, e-mail: ponomarenko_g@mail.ru.
Natalya V. Ivanova – Deputy Head of the Department of Scientific Activity, Federal Scientific and Educational Center for Medical and Social Expertise and Rehabilitation named after G.A. Albrecht, Saint Petersburg, e-mail: nivanova2504@ya.ru.

Для цитирования: Мирошниченко, О.А. Разработка системы биомаркеров для мониторинга результативности мероприятий доступной среды / О.А. Мирошниченко, Г.Н. Пономаренко, Н.В. Иванова // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_28

For citation: Miroshnichenko O.A., Ponomarenko G.N., Ivanova N.V. Development of a biomarker system for monitoring the effectiveness of accessible environment activities. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_28

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_29
УДК 616.832-001.6:57.081.4

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_29
UDC 616.832-001.6:57.081.4

СИСТЕМНЫЕ И КЛЕТОЧНЫЕ МЕХАНИЗМЫ РЕАЛИЗАЦИИ ЭФФЕКТА РАДОНОТЕРАПИИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПАТОЛОГИЯХ

В.Ф. Репс[1,2], Н.В. Ефименко[3], К.Г. Репс[1], В.В. Козлова[1,2]

[1]Пятигорский государственный научно-исследовательский институт курортологии – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научно-клинический центр медицинской реабилитации и курортологии Федерального медико-биологического агентства», г. Пятигорск, 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 федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства», г. Ессентуки, Россия

Аннотация. ***Введение.*** В статье представлены данные о механизмах радонотерапии на экспериментальных моделях контузионных травм различной этиологии. ***Методы.*** У 60 крыс-самцов линии Wistar массой 220-250 г с моделями контузионных травм поясничного отдела спинного мозга и опорно-двигательного аппарата после курса радонотерапии в дозе 40 нКи/л, 120 нКи/л и 180 нКи/л определялись в сыворотке крови маркеры воспаления и ферменты антиоксидантной защиты. Степень восстановления сенсомотороной активности крыс определялась в начале и после курса. ***Результаты.*** Показан дозозависимый эффект влияния радонотерапии на системы антиоксидантной защиты и динамику восстановления двигательной активности крыс в зависимости от патогенетического периода экспериментальных травм и специфики местных и системных реакций. ***Заключение.*** Терапевтический эффект радонотерапии является комплексным и зависит от интенсивности, этиологии и периода патогенеза контузионных травм.

Ключевые слова: радонотерапия, эксперимент, антиоксидантная система, иммуносупрессия, контузионная модель, травма спинного мозга, поведенческие тесты.

SYSTEMIC AND CELLULAR MECHANISMS OF THE RADON THERAPY EFFECT IN VARIOUS PATHOLOGIES

V.F. Reps[1,2], N.V. Efimenko[3], K.G. Reps[1], V.V. Kozlova[1,2]

[1]Pyatigorsk State Research Institute of Balneology – a branch of the Federal Scientific and Clinical Center for Medical Rehabilitation and Balneology of the Federal Medical and Biological Agency, Pyatigorsk, Russia

[2]Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – a branch of the Volgograd State Medical University, Pyatigorsk, Russia

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

Abstract. ***Introduction.*** The article presents data on the radon therapy mechanisms in experimental models of contusion injuries of various etiologies. ***Methods.*** Inflammatory markers and antioxidant protection enzymes were detected in the blood serum of 60 male Wistar rats weighing 220-250 g with models of contusion injuries of the lumbar spinal cord and musculoskeletal system after a course of radon therapy at a dose of 40 nCi/l, 120 nCi/l and 180 nCi/l. The degree of recovery of sensorimotor activity in rats was identified at the beginning and after the course. ***Results.*** The dose-dependent effect of radon therapy on antioxidant protection systems and dynamics of recovery of motor activity in rats has been shown, depending on the period of pathogenesis of experimental injuries and the specifics of local and systemic reactions. ***Conclusion.*** The therapeutic effect of radon therapy is complex and depends on the intensity, etiology and period of pathogenesis of concussion injuries.

Keywords: radon therapy, experiment, antioxidant system, immunosuppression, contusion model, spinal cord injury, behavioral tests.

Введение. Актуальность данного направления исследований обусловлена тем, что радонотерапия в мировой практике часто используется как альтернатива или дополнение к фармацевтическому лечению [1]. Показано, что альфа-излучение влияет на иммунную систему, а продукция под его воздействием активных форм кислорода (АФК) в тканях вызывает окислительный стресс и экспрессию ферментов антиоксидантной защиты (АОЗ) супероксиддисмутазы (СОД) и каталазы. Хроническое воздействие радона может приводить к активации канцерогенеза, особенно в ткани легкого [2]. Также отмечается, что во время радонотерапии (спелеотерапии или радоновых ванн) уровень кортизола обычно снижается, особенно у пациентов женского пола, хотя этот эффект наблюдается не во всех исследованиях [3]. Согласно литературным данным, радоновые процедуры оказывают обезболивающее и противовоспалительное действие [4], но клеточные и молекулярные механизмы недостаточно изучены.

Цель исследования: экспериментальная оценка системных и клеточных механизмов эффекта радонотерапии при контузионных травмах различного генеза.

Методы и организация исследования. Экспериментальные исследования проведены на 60 половозрелых крысах-самцах линии Wistar массой 220-250 г с моделями контузионных травм различного генеза. Животные содержались в стандартных условиях вивария Пятигорского государственного научно-исследовательского института курортологии – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Федерального научно-клинического центра медицинской реабилитации и курортологии Федерального медико-биологического агентства». Содержание лабораторных животных регламентировано СП 2.2.1.3218-14, ГОСТ 33215-2014. Работа с животными проводилась по принципам гуманного обращения с животными в соответствии с требованиями Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых в эксперименте и других научных целях (ETS № 123, Strasbourg, 1986) с изменениями от 22 июня 1998 года.

При моделировании пневмоконтузионной травмы спинного мозга в качестве воздействующего фактора использовали струю сжатого воздуха (пневмопистолет) на поясничную область спинного мозга (L4/5) [5]. При моделировании контузионных травм (ушиба) поясничного отдела (L4/5) спинного мозга (ушиба корешков поясничного отдела позвоночника крыс, спинномозговые нервы L4/L6) и структур опорно-двигательного аппарата в качестве воздействующего фактора использовалась специализированная установка, в которой груз массой 350 г сбрасывался на область повреждения. Перед проведением моделирования травмы животные получали хлоралгидратный наркоз (350 мг/кг) внутрибрюшинно.

Радонотерапия проводилась на 14 день после травмы спинного мозга и на 7 день после травмы опорно-двигательного аппарата курсом из 8 ванн радоновых вод Пятигорского месторождения с концентрацией радона 40 нКи/л (1,5 кБк/л), 120 нКи/л (4,8 кБк/л) и 180 нКи/л (6,7 кБк/л), через день, температура воды в ванне – 37 °С, первая экспозиция для адаптации животного – 6 минут, последующие экспозиции – 15 минут, с частотой 3-4 раза в неделю.

Экспериментальные животные были рандомизированы согласно дизайну эксперимента на 9 групп по 6 животных в каждой: 1-я группа (контрольная 1) – с моделью пневмотравмы спинного мозга без терапевтического воздействия; 2-я группа (экспериментальная 1) – с моделью пневмотравмы спинного мозга с курсом радонотерапии 40 нКи/л; 3-я группа (экспериментальная 2) – с моделью пневмотравмы спинного мозга с курсом радонотерапии 180 нКи/л; 4-я группа (контрольная 2) – с моделью контузионного ушиба спинного мозга без терапевтического воздействия; 5-я группа (экспериментальная 3) – с моделью контузионного ушиба спинного мозга с курсом радонотерапии 40 нКи/л; 6-я группа (экспериментальная 4) – с моделью контузионного ушиба спинного мозга с курсом радонотерапии 120 нКи/л; 7-я группа (контрольная 3) – с моделью контузионного ушиба корешков поясничного отдела позвоночника крыс (правая

задняя конечность) без терапевтического воздействия; 8-я группа (экспериментальная 5) – с моделью контузионного ушиба корешков поясничного отдела позвоночника крыс (правая задняя конечность) с курсом радонотерапии 40 нКи/л; 9-я группа (экспериментальная 6) – с моделью контузионного ушиба корешков поясничного отдела позвоночника крыс (правая задняя конечность) с курсом радонотерапии 120 нКи/л.

Для анализа периодов формирования контузионных травм и оценки системных механизмов действия терапии проводились прижизненные поведенческие тесты («Горизонтальная лестница», «Крестообразный приподнятый лабиринт») после третьей процедуры и курса радонотерапии [6]. Местные механизмы действия радонотерапии оценивали по уровню в сыворотке крови маркеров воспаления (интерлейкины – IL1, фактор некроза опухоли – ФНО, пг/мл) и ферментов антиоксидантной защиты (супероксиддисмутаза – СОД, мкг/мл и глутатионпероксидаза – ГП, нг/мл) с использованием твердофазного иммуноферментного метода и видоспецифических реактивов Cloud-Clone и BG-BLUE GENE (БелкиАнтитела, РФ).

Статистическая обработка полученных результатов проводилась с использованием критерия Шапиро-Уилка для предварительной оценки на нормальное распределение данных и критерия Фишера для сравнения дисперсий двух выборок и проверки значимости факторов в дисперсионном анализе с применением программного пакета StatPlus 7.0. Критический уровень значимости принимали $p<0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Системными триггерами патологического процесса при контузионных травмах поясничного отдела спинного мозга и ушиба корешков поясничного отдела позвоночника являются активация микроглии и периферическая сенсибилизациия нейронов спинномозговых ганглиев первого порядка [7]. Хроническое воспаление при травме спинного мозга стимулирует чрезмерную активацию двигательных нейронов и глиальных клеток, что приводит к дисфункции центральной нервной системы и образованию рубцовой ткани, которая препятствует восстановлению двигательных и сенсорных функций [8].

Анализ восстановления сенсомоторной активности крыс с пневмотравмой спинного мозга показал более значимую эффективность бальнеологического курса процедур с высокой концентрацией радона (180 нКи/л) в ранние сроки после травмы. Это проявлялось в большем количестве шагов, сделанных животными после трех процедур, и меньшем проценте промахов при прохождении теста «Горизонтальная лестница» после окончания курса – 20% промахов после курса радона 180 нКи/л и 60% после курса радона 40 нКи/л ($p<0,05$).

Применение радонотерапии на модели контузионного ушиба спинного мозга приводило к незначительному улучшению функций движения задних конечностей животных. На рисунке видно, что абсолютные цифры значений медианы процентов ошибок шага при прохождении теста «Горизонтальная лестница» практически не отличаются как в начале, так и в конце курса процедур. При этом следует отметить меньшую бальнеореакцию у крыс после 3-й процедуры радонотерапии с концентрацией радона 40 нКи/л и уменьшение степени разброса индивидуального ответа после курса радонотерапии 120 нКи/л.

Системные ответы на терапевтическое воздействие формируются более длительное время, чем местные (клеточные и внутриклеточные). Вторичное повреждение спинного мозга связано с нейровоспалением, которое сопровождается реполяризацией нейроглии (провоспалительный фенотип М1) и ускорением высвобождения воспалительных цитокинов, таких как IL-1β, IL-6 и ФНО-α (фактор некроза опухоли) [9], вызывая «бурю» воспалительных цитокинов после повреждения спинного мозга и ускоряя апоптоз нейрональных клеток [10]. Следовательно, для лечения вторичного повреждения после травмы спинного мозга крайне важно подавлять эту избыточную экспрессию воспалительных цитокинов [11]. В наших экспериментальных исследованиях показано, что после курса радонотерапии в дозе 180 нКи/л в ранние сроки патогенеза у крыс с моделью пневмоконтузии спинного мозга уровень

провоспалительных интерлейкинов снижался и составил 60,5% ФНО – 6,84 [6,79; 6,87] пг/мл и 64,2% IL 1 – 3,33 [3,21; 3,39] пг/мл по сравнению с контрольной группой без воздействия – 11,3 [10,9; 11,51] пг/мл и 5,19 [5,11; 5,21] пг/мл, $p<0,05$), тогда как курсовое применение радонотерапии в дозе 40 нКи/л такого выраженного эффекта не оказывало (8,19 [8,21; 8,39] пг/мл и 5,32 [5,30; 5,41] пг/мл соответственно). В ряде работ отмечается иммуномодулирующее влияние применения радонотерапии за счет ремодуляции Т-хелперов (Thl) в Т-регулирующие (Treg), что способствует ускорению клиренса фрагментов миелина в месте повреждения за счет усиления его фагоцитоза [4, 12].

Комплексный эффект радонотерапии на системном и клеточном уровнях иллюстрируют данные таблицы.

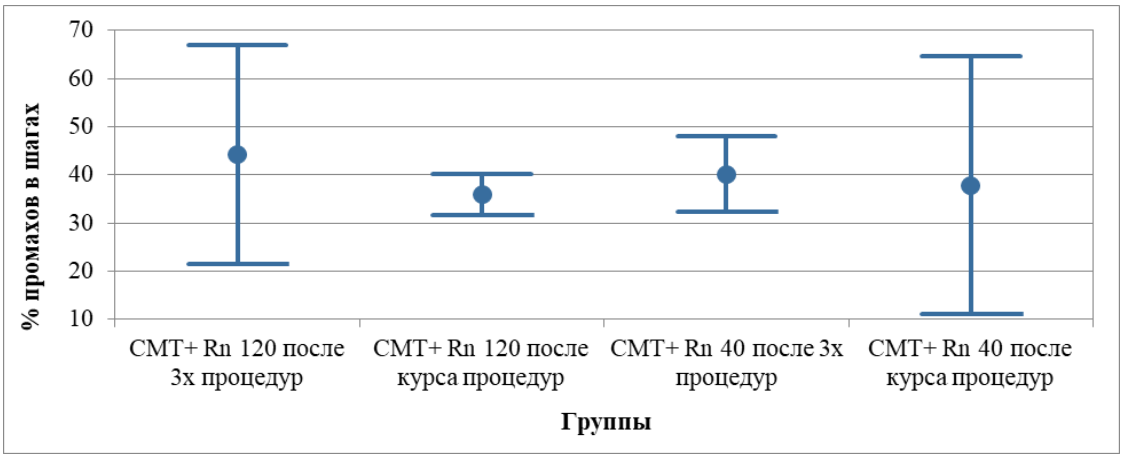


Рис. Результаты теста «Горизонтальная лестница» после курса радонотерапии различной концентрации у крыс с моделью контузионной травмы спинного мозга

Примечание: % – проценты промахов по отношению к общему количеству шагов; CMT – контузионная травма поясничного отдела L4/5 спинного мозга – умеренная (170 Н/см^2) грузом 350 г; Rn 40 нКи/л – концентрация радона 40 нКи/л (1,5 кБк/л); Rn 120 нКи/л – концетрация радона 120 нКи/л (4,8 кБк/л).

Таблица

Влияние радонотерапии на поведение животных и уровень ферментов антиоксидантной защиты в сыворотке крови крыс с моделью контузионного ушиба поясничного отдела

Группы/показатели	Супероксид дисмутаза, мкг/мл	Глутатион пероксидаза, нг/мл	Время нахождения в открытом рукаве, с	Время нахождения в закрытом рукаве, с
CMT контроль	0,75 [0,63; 0,88]	1,88 [1,33; 2,14]	37 [35; 39]	103 [101; 105]
CMT+Rn40нКи/л	0,69 [0,49; 0,79]	2,87 [2,34; 2,92]	141 [138; 145]*	30 [28; 33]
CMT+Rn120нКи/л	1,03 [0,99; 1,21]**	2,06 [1,69; 2,25]*	132 [129; 134]*	31 [29; 33]

Примечание: CMT – модель спинномозговой травмы; Rn 40 нКи/л – концентрация радона 40 нКи/л (1,5 кБк/л); Rn 120 нКи/л – концетрация радона 120 нКи/л (4,8 кБк/л); * – достоверно значимые отличия, $p<0,05$; ** – достоверно значимые отличия, $p<0,01$.

Результаты теста «Крестообразный приподнятый лабиринт» свидетельствуют о снижении уровня тревожности у животных обеих экспериментальных групп, тогда как уровень ферментов антиоксидантной системы отличался в разных группах. Так, уровень СОД был выше в сыворотке крови животных, получавших радон более высокой концентрации, в то время как после курса с концентрацией радона 40 нКи/л был выше уровень ГП. Системные эффекты влияния радонотерапии связывают с нейросенсорной системой как с дополнительной точкой действия радона, поскольку он способен связываться с рецепторами N-метил-D-аспартата, как и газ ксенон, используемый в качестве анестетика. В связи с этим в настоящее время изучается

механизм действия радона, заключающийся в подавлении патологической передачи боли. Однако гипофункция рецепторов N-метил-D-аспарта может быть связана с нарушением синаптической пластичности и иметь другие негативные последствия [13].

Применение курса радонотерапии с концентрацией радона 40 нКи/л на модели контузионной травмы опорно-двигательного аппарата приводит к более значимому повышению уровня СОД – 1,51 [1,17; 1,79] мкг/мл по сравнению со значениями в группе с курсом 120 нКи/л (0,83 [0,72; 0,94] мкг/мл, $p<0,05$), эта же тенденция сохраняется при оценке уровня ГП (4,49 [4,23; 4,54] нг/мл и 2,54 [2,17; 2,57] нг/мл, $p<0,01$ соответственно) что подтверждает тезис о влиянии радона на экспрессию ферментов первого уровня системы АОЗ супероксиддисмутазы, и этот эффект не только является дозозависимым, но и отличается при различных контузионных патологиях. Повышение же уровня глутатионпероксидазы (фермента второго уровня АОЗ) в сыворотке животных второй экспериментальной группы может свидетельствовать о недостаточной экспрессии фермента первого звена защиты. Но эти данные требуют подтверждения в дальнейших исследованиях с оценкой уровня внутриклеточного микро-РНК.

Заключение. Системные эффекты радонотерапии, скорее всего, связаны с обезболивающим и иммуносупрессорным его действием, что проявляется в более раннем восстановлении двигательной функции у крыс с контузионной травмой спинного мозга. Определенный вклад в терапевтический эффект оказывает антиоксидантная и нейросенсорная системы как дополнительные точки воздействия радона.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Репс, В.Ф. Биологические механизмы радонотерапии: экспериментальные и клинические аспекты (Обзор литературы) / В.Ф. Репс, В.В. Козлова // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2025. – Т. 102(1). – С. 66-73. [In English] Reps V.F., Kozlova V.V. Biological mechanisms of radon therapy: experimental and clinical aspects. (Literature review). *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy,* 2025, vol. 102(1), pp. 66-73 (in Russ.)
2. Health Effects and Preventive Strategies for Radon Exposure: A Systematic Review of the Literature / L. Cofone, M. Sabato, C. Colombo [et al.] // Journal of Respiration. – 2025. – Vol. 5(4). – P. 16.
3. Study on endocronological effects of radon speleotherapy on respiratory diseases / K. Nagy, I. Berhés, T. Kovács [et al.] // Int J Radiat Biol. – 2009. – Vol. 85(3). – P. 281-290.
4. Evic, M. Osteo-immunological impact of radon spa treatment: due to radon or spa alone? Results from the prospective, thermal bath placebo-controlled RAD-ON02 trial / M. Evic, J. Shang, M. Isbruch // Fronties in Immunology. – 2024. – Vol. 14. – P. 1284609.
5. Air gun impactor a novel model of graded white matter spinal cord injury in rodents / W. Marcol, W. Slusarczyk, M. Gzik [et al.] // J. Reconstr. Microsurg. – 2012. – Vol. 28. – P. 561-568.
6. Horizontal ladder task-specific re-training in adult rats with contusive thoracic spinal cord injury / S.M. Onifer, O. Zhang, L.K. Whitnel-Smith [et al.] // Restor Neurol Neurosci. – 2011. – Vol. 29(4). – P. 275-286.
7. Kankowski, S. Neuropathic pain: Spotlighting anatomy, experimental models, mechanisms, and therapeutic aspects / S. Kankowski, C. Grothe, K. Haastert-Talini // Eur. J. Neurosci. – 2021. – Vol. 54(2). – P. 4475-4496.
8. Ding, Y. The NF-kappaB Pathway: A Focus on Inflammatory Responses in Spinal Cord Injury / Y. Ding, Q. Chen // Mol. Neurobiol. – 2023. – Vol. 60. – P. 5292-5308.
9. Resveratrol alleviated neuroinflammation induced by pseudorabies virus infection through regulating microglial M1/M2 polarization / X. Chen, J. Xue, J. Zou [et al.] // Biomed. Pharmacother. – 2023. – Vol. 160. – P. 114271.
10. Gold nanoclusters conjugated berberine reduce inflammation and alleviate neuronal apoptosis by mediating M2 polarization for spinal cord injury repair / Z. Zhou, D. Li, X. Fan [et al.] // Regen. Biomater. – 2022. – Vol. 9. – P. 72.
11. Neutrophil Decoys with Anti-Inflammatory and Anti-Oxidative Properties Reduce Secondary Spinal Cord Injury and Improve Neurological

Functional Recovery / Y. Bi, W. Duan, J. Chen [et al.] // Adv. Funct. Mater. – 2021. – Vol. 31. – P. 2102912.
12. Role of peripheral immune cells in spinal cord injury / C. Li, W. Xiong, B. Wan [et al.] // Cell Mol. Life Sci. – 2022. – Vol. 80(1). – P. 2.
13. Effects of serial radon spa therapy on pain and peripheral immune status in patients suffering from musculoskeletal disorders–results from a prospective, randomized, placebo-controlled trial / A-J. Donaubauer, I. Becker, G. Klein [et al.] // Front. Immunol. – 2024. – Vol. 15. – P. 1307769.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Валентина Федоровна Репс – доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник экспериментальной лаборатории с виварием, Пятигорский государственный научно-исследовательский институт курортологии; профессор кафедры терапевтических дисциплин, Пятигорский медико-фармацевтический институт, Пятигорск, e-mail: v.reps@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4878-6797.
Наталья Викторовна Ефименко – доктор медицинских наук, профессор, заместитель генерального директора, Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства, Пятигорск, e-mail: zam.nauka@skfmba.ru, ORCID: 0000-0001-7005-8927.
Кирилл Григорьевич Репс – научный сотрудник лаборатории экспериментальной лаборатории с виварием, Пятигорский государственный научно-исследовательский институт курортологии, Пятигорск, e-mail: kirillreps@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8557-3809.
Виктория Вячеславовна Козлова – кандидат фармацевтических наук, заведующая экспериментальной лабораторией, Пятигорский государственный научно-исследовательский институт курортологии; доцент кафедры фармакологии с курсом клинической фармакологии, Пятигорский медико-фармацевтический институт, Пятигорск, e-mail: viktoriai-kv@bk.ru, ORCID: 0000-0002-6455-4040.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Valentina F. Reps – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Leading Researcher of the Experimental Laboratory, Pyatigorsk State Research Institute of Balneology – branch of the Federal Scientific and Clinical Center for Medical Rehabilitation and Balneology of the Federal Medical and Biological Agency; Professor of the Department of Therapeutic Disciplines, Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – branch of the Volgograd State Medical University, Pyatigorsk, e-mail: v.reps@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4878-6797.
Natalya V. Efimenko – Doctor of Medical Sciences, Professor, North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency, Essentuki, e-mail: zam.nauka@skfmba.ru, ORCID: 0000-0001-7005-8927.
Kirill G. Reps – Researcher of the Experimental Laboratory, Pyatigorsk State Research Institute of Balneology – branch of the Federal Scientific and Clinical Center for Medical Rehabilitation and Balneology of the Federal Medical and Biological Agency, Pyatigorsk, e-mail: kirillreps@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8557-3809.
Viktoria V. Kozlova – Candidate of Pharmaceutical Sciences, Head of the Experimental Laboratory, Pyatigorsk State Research Institute of Balneology – branch of the Federal Scientific and Clinical Center for Medical Rehabilitation and Balneology of the Federal Medical and Biological Agency; Associate Professor of the Department of Pharmacology with a course in Clinical Pharmacology, Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – branch of the Volgograd State Medical University, e-mail: viktoriai-kv@bk.ru, ORCID: 0000-0002-6455-4040.

Для цитирования: Системные и клеточные механизмы реализации эффекта радонотерапии при различных патологиях / В.Ф. Репс, Н.В. Ефименко, К.Г. Репс, В.В. Козлова // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_29

For citation: Reps V.F., Efimenko N.V., Reps K.G., Kozlova V.V. Systemic and cellular mechanisms of the radon therapy effect in various pathologies. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_29

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_30
УДК 796; 616-056.52

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_30
UDC 796; 616-056.52

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ НА ИНДЕКС МАССЫ ТЕЛА И СОСТАВ ТЕЛА У ДЕТЕЙ С ОЖИРЕНИЕМ: ЗОНТИЧНЫЙ ОБЗОР СЕТЕВЫХ МЕТААНАЛИЗОВ

Е.В. Быков[1,2], В.В. Сверчков[1,2]
[1]Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт развития, здоровья и адаптации ребенка», г. Москва, Россия
[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный университет физической культуры», г. Челябинск, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Цель исследования: оценить эффективность влияния различных физических упражнений и их интенсивности на индекс массы тела и состав тела у детей с избыточной массой тела и ожирением на основе обобщения сетевых метаанализов. ***Методы.*** Этот зонтичный обзор соответствовал предпочтительным элементам отчетности PRISMA и PRIOR. Поиск производился в текстовых базах PubMed, Google Scholar, Epistemonikos, eLibrary. Для оценки качества включенных систематических обзоров и метаанализов использовался инструмент AMSTAR 2. Результаты обобщены в виде средних различий изучаемых переменных между группами вмешательств и контрольными группами, а также в виде площади под кривой кумулятивного ранжирования (SUCRA). ***Результаты.*** В исследование было включено пять сетевых метаанализов. Вмешательства включали восемь различных видов и интенсивностей физических упражнений. Общее методологическое качество включенных обзоров признано «низким». ***Заключение.*** Было установлено, что различные типы физических упражнений по-разному влияют на изменение индекса массы тела, жировой массы, процента жира в организме и массы тела без жира у детей и подростков с избыточной массой тела и ожирением.

Ключевые слова: детское ожирение, физические упражнения, аэробные упражнения, силовые упражнения, высокоинтенсивные интервальные тренировки.

EFFECTS OF VARIOUS EXERCISES ON BODY MASS INDEX AND BODY COMPOSITION IN CHILDREN WITH OBESITY: AN UMBRELLA REVIEW OF NETWORK META-ANALYSES

E.V. Bykov[1,2], V.V. Sverchkov[1,2]
[1]Institute of Child Development, Health and Adaptation, Moscow, Russia
[2]Ural State University of Physical Education, Chelyabinsk, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Objective: to assess the effectiveness of different types of physical exercise and their intensity on body mass index and body composition in overweight and obese children based on a summary of network meta-analyses. ***Methods*.** This umbrella review complied with the PRISMA and PRIOR preferred reporting items. The search was performed in the text databases PubMed, Google Scholar, Epistemonikos, and eLibrary. The AMSTAR 2 tool was used to assess the quality of the included systematic reviews and meta-analyses. The results are summarized as mean differences in the studied variables between intervention and control groups, as well as the surface under the cumulative ranking curve (SUCRA). ***Results.*** Five network meta-analyses were included in the study. The interventions included eight different types and intensities of physical exercise. The overall methodological quality of the included reviews was considered “low”. ***Conclusion.*** Different types of exercise were found to have different effects on changes in body mass index, fat mass, percentage body fat, and fat-free mass in overweight and obese children and adolescents.

Keywords: childhood obesity, exercise, aerobic exercise, resistance training, high-intensity interval training.

Введение. За несколько последних десятилетий распространенность избыточной массы тела и ожирения увеличилась и стала серьезной проблемой мирового общественного здравоохранения. В 2022 году более 390 миллионов детей и подростков во всем мире имели избыточную массу тела или ожирение, из них 160 миллионов с диагнозом «ожирение», а к 2030 году по прогнозам это число достигнет 254 миллионов [1]. Наличие избыточной массы тела и ожирения у детей связано с неблагоприятными последствиями для здоровья. Так, индекс массы тела (ИМТ) в раннем возрасте был прямо пропорционально связан с сердечно-сосудистыми заболеваниями (отношение риска (HR) = 1,18, 95% доверительный интервал (ДИ): 1,07 – 1,30), ишемической болезнью сердца (HR = 1,13, 95% ДИ: 1,07 – 1,19), сердечной недостаточностью (HR = 1,16, 95% ДИ: 1,11 – 1,20) во взрослой жизни [2]. В систематическом обзоре и метаанализе J. Huang et al. [3] как дети с метаболически здоровым ожирением (относительный риск (RR) = 2,50, 95% ДИ, 1,62 – 3,84), так и дети с метаболически нездоровым ожирением (RR = 3,33, 95% ДИ, 2,38 – 4,67) имели более высокий риск развития метаболического синдрома. Метаанализ J. Moretti et al. [4] показал, что толщина комплекса интима-медиа сонной артерии значительно увеличена у детей с ожирением по сравнению с детьми с нормальным ИМТ. Более того, наличие ожирения у детей может привести к социальной изоляции, низкой самооценке, тревоге и депрессии, что в сумме негативно отразится на успеваемости и социальном развитии.

Среди различных стратегий, используемых для борьбы с ожирением у детей, регулярное выполнение физических упражнений (ФУ) является безопасным и эффективным подходом. В систематическом обзоре и метаанализе D. Thivel et al. [5] было установлено, что высокоинтенсивные интервальные тренировки (ВИИТ) способствуют изменению состава тела у детей с ожирением. G. Kelley et al. [6] установили, что выполнение аэробных и комбинированных упражнений способствует снижению жировой массы и процента жира в организме у детей с ожирением. При этом выполнение аэробных, но не комбинированных упражнений способствовало снижению ИМТ. В систематическом обзоре и метаанализе L. Méndez-Hernández et al. [7] продемонстрировали, что силовые упражнения оказывают положительное влияние на снижение жировой ткани у детей и подростков с избыточной массой тела и ожирением. При этом только нагрузки умеренной и высокой интенсивности (>51% от повторного максимума) оказали статистически значимое влияние на жировые отложения. Таким образом, существует необходимость в определении наиболее оптимального (эффективного) режима упражнений (типа и интенсивности) для улучшения антропометрических показателей и состава тела в этой группе населения.

Цель: оценить эффективность влияния различных ФУ и их интенсивности на ИМТ и состав тела у детей с избыточной массой тела и ожирением на основе обобщения сетевых метаанализов.

Методы и организация исследования. Исследование было проведено в соответствии с предпочтительными элементами отчетности для систематических обзоров и метаанализов PRISMA [8], а также предпочтительными элементами отчетности для зонтичных обзоров PRIOR [9]. Обзор зарегистрирован в Международном проспективном регистре систематических обзоров PROSPERO (регистрационный номер: CRD420251163019).

Стратегия поиска. Был проведен всесторонний поиск по текстовым базам данных PubMed, Google Scholar, Epistemonikos, eLibrary. Стратегии поиска разработаны на основании предметных заголовков PubMed (MeSH). Поиск был осуществлен по следующим ключевым словам: «Children Obesity OR Children Overweight» AND «Exercise OR Training» AND «Network Meta-Analysis OR Meta-Analysis».

Критерии включения и невключения. После идентификации статей в текстовых базах они были импортированы в программное обеспечение Rayyan для устранения дубликатов. После этого авторы данного обзора параллельно и независимо друг от друга произвели скрининг заголовков и

аннотаций для выявления статей, соответствующих цели исследования. Включение исследований в данный обзор было основано согласно системе PICOS.

Критерии невключения. Отдельные исследования, систематические обзоры, несетевые метаанализы, главы книг, тезисы конференций, нарративные обзоры.

Оценка качества исследований. Методологическое качество включенных исследований оценивалось при помощи инструмента AMSTAR 2 [11]. AMSTAR 2 включает 16 пунктов для оценки качества систематических обзоров и метаанализов. По мнению B. Shea et al. [11] семь пунктов (2, 4, 7, 9, 11, 13, 15) из 16 имеют критическое значение (недостаток). Интерпретация AMSTAR 2 (общее доверие к результатам обзора): «высокое» – отсутствие или наличие одного некритического недостатка; «умеренное» – более одного некритического недостатка; «низкое» – один критический недостаток с некритическими недостатками или без них; «критически низкое» – более одного критического недостатка с некритическими недостатками или без них.

Статистическая обработка результатов. Результаты метаанализа каждого обзора, в котором сообщалось о средней разности (mean differences; MD или effect size; ES) с 95% ДИ представлены в таблицах. Эффективность различных вмешательств в виде ФУ оценивались с помощью площади под кривой кумулятивного ранжирования (SUCRA), при этом более высокие значения SUCRA соответствуют более высокой эффективности.

Результаты исследования и их обсуждение. Первоначально из баз данных было извлечено 4 062 статьи. После удаления дубликатов проведен скрининг на основе названий и аннотаций. Затем полные тексты были просмотрены и повторно проверены с исключением исследований, не соответствующих критериям включения. В конечном итоге в зонтичный обзор вошло 5 статей [12-16] (рис.).



Рис. Блок-схема процедуры отбора исследований

Таблица 1

Общая характеристика включенных исследований

Автор, год	Кол-во исслед.	Страны	Возраст участников	Тип упражнений (количество человек)	Продолжительность вмешательств	Первичные и вторичные исходы
Z. Huang, 2025 [12]	39	Тунис, Бразилия, Канада, Китай, Сербия, Австралия, Франция, Тайланд, Швейцария, Корея, США, Испания, Германия, Ливан	От 5 до 19 лет	ВИИТ: ≥90% от МПК или >75% от максимальной мощности (n=117); Комбинированные упражнения: аэробные и силовые (n=297); Аэробные упражнения умеренной интенсивности: бег или езда на велосипеде, выполняемые при 45-65% от МПК, 50-65% от резерва ЧСС, >65-75% от пикЧСС или с воспринимаемым рейтингом нагрузки (RPE) более 5 (n=320); Смешанные аэробные упражнения: два или более видов аэробных упражнений (n=214); Силовые упражнения: силовые тренажеры и упражнения с эспандерами с 10 ПМ (n=220); Йога (n=30); Контроль: без упраженний (n=538).	От 6 до 28 недель	ИМТ
X. Cai, 2025 [13]	51	США, Китай, Иран, Испания, Франция, Португалия, Корея, Эстония, Тунис, Бразилия, Сербия, Тайланд, Италия, Великобритания, Египет	От 6 до 19 лет	ВИИТ: ≥80% от МПК, >80% пикЧСС, >100% от МАС (n=335); Аэробные упражнения: 50-75% от резерва ЧСС (n=426); Комбинированные упражнения: аэробные и силовые упражнения (n=343); Силовые упражнения: упражнения с отягощениями с 10 ПМ (n=55); Контроль: без упражнений (n=807).	От 4 до 24 недель	ИМТ, окружность талии, процент жира в организме, безжировая масса, соотношение талии и бедер, метаболические параметры
Z. Huang, 2023 [14]	32	США, Сингапур, Турция, Швейцария, Корея, Тунис, Канада, Ливан, Бразилия, Италия, Австралия, Сербия, Испания, Эстония, Саудовская Аравия	От 5 до 17 лет	Аэробные упражнения умеренной интенсивности: 45-65% МПК, 50-65% резерва ЧСС, >65-75% пикЧСС или с воспринимаемым рейтингом нагрузки (RPE) более 5 (n=230); ВИИТ: >65% МПК, >65% резерва ЧСС или >75% пикЧСС (n=246); Силовые упражнения умеренной интенсивности: 50-75% от 1ПМ или 10-15 повторений максимум до наступления мышечной усталости (n=60); Силовые упражнения высокой интенсивности: >75% от 1ПМ или менее 10 повторений максимума до наступления мышечной усталости (n=89); Комбинированные упражнения умеренной интенсивности: аэробные и силовые упражнения средней интенсивности (n=102); Комбинированные упражнения высокой интенсивности: аэробные и силовые упражнения высокой интенсивности (n=75); Контроль: без упражнений (n=510).	От 9 до 22 недель	Масса тела, ИМТ, жировая масса, процент жира в организме, безжировая масса

Продолжение таблицы 1

Автор, год	Кол-во исслед.	Страны	Возраст участников	Тип упражнений (количество человек)	Продолжительность вмешательств	Первичные и вторичные исходы
G. Kelley, 2019 [15]	57	США, Китай, Бразилия, Южная Корея, Тунис, Австарлия, Канада, Иран, Турция, Франция, Германия, Италия, Ливан, Новая Зеландия, Норвегия, Сингапур, Швеция, Тайвань, Швейцария, Великобритания	От 8 до 17 лет	Аэробные упражнения высокой и умеренной интенсивности: от умеренной до высокой интенсивности на основе контрольных точек АКСМ (n=1057); Силовые упражнения: упражнения умеренной и высокой интенсивности 5-17 ПМ (n=207); Комбинированные упражнения: аэробные и силовые упражнения от умеренной до высокой интенсивности (n=257); Контроль: без упраженний (n=1117).	От 6 до 36 недель	ИМТ, жировая масса, процент жира в организме, безжировая масса
G. Kelley, 2017 [16]	34	США, Китай, Южная Корея, Австралия, Бразилия, Канада, Иран, Турция, Германия, Новая Зеландия, Сингапур, Швеция, Тунис, Швейцария, Великобритания	От 7 до 17 лет	Аэробные упражнения высокой и умеренной интенсивности: от умеренной до высокой интенсивности на основе контрольных точек АКСМ (n=776); Силовые упражнения: упражнения умеренной и высокой интенсивности 5-17 ПМ (n=134); Комбинированные упражнения: аэробные и силовые упражнения от умеренной до высокой интенсивности (n=206); Контроль: без упражнений (n=839).	От 6 до 24 недель	z-показатель ИМТ

Примечание: ВИИТ – высокоинтенсивные интервальные тренировки; МПК – максимальное потребление кислорода; ЧСС – частота сердечных сокращений; пикЧСС – пиковая частота сердечных сокращений; ПМ – повторный максимум; МАС – максимальная аэробная скорость; ИМТ – индекс массы тела; АКСМ – Американский колледж спортивной медицины; RPE (Rate of Perceived Exertion) – шкала воспринимаемой нагрузки субъективной оценки интенсивности (оценка проводится по 10-бальной шкале от 0 – отсутсвие нагрузки до 10 – максимальная нагрузка).

Таблица 2

Общее методологическое качество систематических обзоров и сетевых метаанализов, оцененное с помощью инструмента AMSTAR 2

Пункты AMSTAR 2	Систематические обзоры и сетевые метаанализы				
	Z. Huang, 2025 [12]	X. Cai, 2025 [13]	Z. Huang, 2023 [14]	G. Kelley, 2019 [15]	G. Kelley, 2017 [16]
1. Включили ли вопросы исследования и критерии включения в обзор компоненты PICO?	Да	Да	Да	Да	Да
2. Содержалось ли в отчете об обзоре четкое заявление о том, что методы обзора были установлены до проведения обзора, и обосновывались ли в отчете какие-либо существенные отклонения от протокола?	Да	Да	Да	Да	Да
3. Объяснили ли авторы обзора свой выбор дизайнов исследования для включения в обзор?	Да	Да	Да	Да	Да
4. Использовали ли авторы обзора комплексную стратегию поиска литературы?	Да	Да	Да	Да	Да
5. Выполняли ли авторы обзора выборку исследований в дубликате?	Да	Да	Да	Да	Да
6. Выполняли ли авторы обзора выборку данных в дубликате?	Да	Да	Да	Да	Да
7. Предоставили ли авторы обзора список исключенных исследований, и обосновали ли они эти исключения?	Частично да	Да	Да	Нет	Нет
8. Достаточно ли подробно описали авторы обзора включенные в него исследования?	Да	Да	Да	Да	Да
9. Использовали ли авторы обзора удовлетворительную методику оценки риска систематической ошибки (РСО) в отдельных исследованиях, включенных в обзор?	Да	Да	Да	Да	Да
10. Сообщили ли авторы обзора источники финансирования исследований, включенных в обзор?	Нет	Нет	Нет	Да	Да
11. Если был проведен мета-анализ, использовали ли авторы обзора соответствующие методы для статистического сочетания результатов?	Да	Да	Да	Да	Да
12. Если проводился мета-анализ, оценили ли авторы обзора потенциальное воздействие РСО в отдельных исследованиях на результаты мета-анализа или другой синтез фактических данных?	Нет	Нет	Нет	Да	Да
13. Учитывали ли авторы обзора РСО в отдельных исследованиях при интерпретации / обсуждении результатов обзора?	Нет	Нет	Нет	Да	Да
14. Предоставили ли авторы обзора удовлетворительное объяснение, и обсудили ли какие-либо разнородности, отмеченные в результатах обзора?	Да	Да	Да	Да	Да
15. Если они выполнили количественный синтез, провели ли авторы обзора адекватное исследование систематической ошибки публикации (небольшой систематической ошибки исследования) и обсудили ее вероятное влияние на результаты обзора?	Да	Да	Да	Да	Да
16. Сообщили ли авторы обзора о каких-либо потенциальных источниках конфликта интересов, включая любое финансирование, полученное ими для проведения обзора?	Да	Да	Да	Да	Да
Оценка	Низкое доверие	Низкое доверие	Низкое доверие	Низкое доверие	Низкое доверие

Таблица 3

Объединенные результаты сетевых метаанализов влияния различных упражнений на индекс массы тела (кг/м^2) детей с избыточной массой тела и ожирением

Автор, год	Вмешательство (количество участников в группе)	Результат относительно контроля	SUCRA, %
Z. Huang, 2025 [12]	Высокоинтенсивные интервальные тренировки (117) против контроля (94)	MD = -1,33 (95% ДИ: -2,01 – -0,66)	77,68
	Комбинированные упражнения (297) против контроля (165)	MD = -1,25 (95% ДИ: -1,93 – -0,61)	66,4
	Аэробные упражнения умеренной интенсивности (320) против контроля (121)	MD = -1,09 (95% ДИ: -1,73 – -0,45)	65,5
	Йога (30) против контроля (30)	MD = -1,07 (95% ДИ: -2,52 – 0,39)	56,6
	Смешанные аэробные упражнения (214) против контроля (195)	MD = -1,05 (95% ДИ: -1,67 – -0,42)	52,3
	Силовые упражнения (220) против контроля (110)	MD = -0,58 (95% ДИ: -1,25 – 0,09)	25,3
X. Cai, 2025 [13]	Аэробные упражнения (426) против контроля (416)	MD = -1,5 (95% ДИ: -2,1 – -0,9)	80,2
	Комбинированные упражнения (343) против контроля (279)	MD = -1,5 (95% ДИ: -2,1 – -0,9)	77,5
	Силовые упражнения (55) против контроля (55)	MD = -1,1 (95% ДИ: -2,2 – -0,02)	50,8
	Высокоинтенсивные интервальные тренировки (335) против контроля (185)	MD = -1,0 (95% ДИ: -1,7 – -0,3)	41,1
Z. Huang, 2023 [14]	Комбинированные упражнения высокой интенсивности (75) против контроля (76)	MD = -1,65 (95% ДИ: -3,27 – -0,02)	76,1
	Аэробные упражнения умеренной интенсивности (230) против контроля (226)	MD = -1,49 (95% ДИ: -2,12 – -0,86)	75,9
	Комбинированные упражнения умеренной интенсивности (102) против контроля (102)	MD = -1,43 (95% ДИ: -2,25 – -0,51)	70,2
	Высокоинтенсивные интервальные тренировки (246) против контроля (252)	MD = -1,18 (95% ДИ: -1,93 – -0,44)	56,6
	Силовые упражнения умеренной интенсивности (60) против контроля (47)	MD = -0,91 (95% ДИ: -1,78 – -0,05)	42,6
	Силовые упражнения высокой интенсивности (89) против контроля (87)	MD = -0,43 (95% ДИ: -1,76 – 0,09)	23,4
G. Kelley, 2019 [15]	Аэробные упражнения высокой и умеренной интенсивности (1057) против контроля (983)	ES = -1,04 (95% ДИ: -1,42 – -0,65)	78,0
	Комбинированные упражнения (аэробные и силовые) (267) против контроля (253)	ES = -0,75 (95% ДИ: -1,39 – -0,12)	21,1
	Силовые упражнения (207) против контроля (179)	ES = -0,14 (95% ДИ: -0,88 – 0,60)	0,9
G. Kelley, 2017 [16]	Комбинированные упражнения (аэробные и силовые) (206) против контроля (202)	ES = -0,11 (95% ДИ: -0,19 – -0,03)	76,6
	Аэробные упражнения высокой и умеренной интенсивности (776) против контроля (664)	ES = -0,10 (95% ДИ: -0,15 – -0,05)	73,1
	Силовые упражнения (134) против контроля (125)	ES = -0,06 (95% ДИ: -0,17 – 0,05)	45,3

Примечание: MD (mean difference) – средняя разница; ES (effect size) – размер эффекта; ДИ – доверительный интервал, SUCRA – площадь под кривой кумулятивного ранжирования.

Общая оценка доверия пяти систематических обзоров и сетевых метаанализов признана «низкой». В трех исследованиях [12-14] авторы не учитывали результаты риска смещения при интерпретации/обсуждении результатов обзора. В двух

исследованиях [15, 16] авторы не предоставили и не обосновали список исключенных из обзора исследований. Также авторы некоторых обзоров [12-14] не сообщали об источниках финансирования включенных исследований.

Объединенные результаты сетевых метаанализов, изучающих влияние различных ФУ и их интенсивности на ИМТ у детей и подростков с избыточной массой тела и ожирением, приведены в таблице 3. Было установлено, что наиболее эффективным типом упражнений в исследовании Z. Huang et al. [12] являлись ВИИТ (средняя разница (MD) = -1,33; 95% ДИ: -2,01 – -0,66, SUCRA = 77,68). В исследовании X. Cai et al. [13] наиболее эффективными оказались аэробные упражнения (MD = -1,5; 95% ДИ: -2,1 – -0,9, SUCRA = 80,2).

Комбинированные упражнения в исследовании Z. Huang et al. [14] (MD = -1,65; 95% ДИ: -3,27 – -0,02, SUCRA = 76,1) и исследовании G. Kelley et al. [16] (размер эффекта (ES) = -0,11; 95% ДИ: -0,19 – -0,03, SUCRA = 76,6) оказались наиболее эффективным вмешательством для снижения ИМТ. В исследовании G. Kelley et al. [15] аэробные упражнения умеренной и высокой интенсивности (ES = -1,04; 95% ДИ: -1,42 – -0,65, SUCRA = 78) превзошли другие типы упражнений. В исследовании Z. Huang et al. [12] ВИИТ (MD = -1,33; 95% ДИ: -2,01 – -0,66, SUCRA = 77,6) оказались самыми эффективными, при этом в исследовании X. Cai et al. [13] ВИИТ (MD = -1,00; 95% ДИ: -1,70 – -0,03, SUCRA = 41,1) продемонстрировали самую низкую эффективность в снижении ИМТ.

Объединенные результаты сетевых метаанализов, изучающих влияние различных ФУ и их интенсивности на жировую массу детей и подростков с избыточной массой тела и ожирением, приведены в таблице 4.

Таблица 4

Объединенные результаты сетевых метаанализов влияния различных упражнений на жировую массу (кг) детей с избыточной массой тела и ожирением

Автор, год	Вмешательство (количество участников)	Результат относительно контроля	SUCRA, %
Z. Huang, 2023 [14]	Комбинированные упражнения высокой интенсивности (75) против контроля (76)	MD = -2,87 (95% ДИ: -4,84 – -0,91)	76,0
	Комбинированные упражнения умеренной интенсивности (102) против контроля (102)	MD = -2,87 (95% ДИ: -4,97 – -0,76)	73,4
	Аэробные упражнения умеренной интенсивности (230) против контроля (226)	MD = -2,31 (95% ДИ: -3,83 – -0,79)	58,5
	Высокоинтенсивные интервальные тренировки (246) против контроля (252)	MD = -2,25 (95% ДИ: -3,51 – -1,00)	55,7
	Силовые упражнения высокой интенсивности (89) против контроля (87)	MD = -1,56 (95% ДИ: -3,40 – 0,28)	35,2
G. Kelley, 2019 [15]	Комбинированные упражнения (аэробные и силовые) (267) против контроля (253)	ES = -2,55 (95% ДИ: -4,06 – -1,04)	60,7
	Аэробные упражнения высокой и умеренной интенсивности (1057) против контроля (983)	ES = -2,15 (95% ДИ: -3,33 – -0,98)	27,9
	Силовые упражнения (207) против контроля (179)	ES = -1,41 (95% ДИ: -3,43 – -0,62)	11,3

Примечание: MD (mean difference) – средняя разница; ES (effect size) – размер эффекта; ДИ – доверительный интервал; SUCRA – площадь под кривой кумулятивного ранжирования.

В исследованиях Z. Huang et al. [14] (MD = -2,87; 95% ДИ: -4,84 – -0,91, SUCRA = 76) и G. Kelley et al. [15] (ES = -2,55; 95% ДИ: -4,06 – -1,04, SUCRA = 60,7) комбинированные упражнения являлись более эффективным вмешательством для снижения жировой массы у детей и подростков с избыточной массой тела и ожирением.

Результаты сетевых метаанализов, изучающих влияние различных ФУ и их интенсивности на процент жировой массы

детей и подростков с избыточной массой тела и ожирением, приведены в таблице 5.

В исследованиях X. Cai et al. [13] (MD = -3,0; 95% ДИ: -3,8 – -2,1, SUCRA = 84,8), Z. Huang et al. [14] (MD = -2,52; 95% ДИ: -3,83 – -1,20, SUCRA = 76) и G. Kelley et al. [15] (ES = -2,18; 95% ДИ: -3,17 – -1,19, SUCRA = 79,7) комбинированные упражнения оказались самыми эффективными для снижения процента жировой массы.

Таблица 5

Объединенные результаты сетевых метаанализов влияния различных упражнений на процент жировой массы (%) детей с избыточной массой тела и ожирением

Автор, год	Вмешательство (количество участников)	Результат относительно контроля	SUCRA, %
X. Cai, 2025 [13]	Комбинированные упражнения (343) против контроля (279)	MD = -3,0 (95% ДИ: -3,8 – -2,1)	84,8
	Силовые упражнения (55) против контроля (55)	MD = -2,6 (95% ДИ: -4,7 – -0,4)	63,7
	Аэробные упражнения (426) против контроля (416)	MD = -2,4 (95% ДИ: -3,3 – -1,5)	55,8
	Высокоинтенсивные интервальные тренировки (335) против контроля (185)	MD = -2,2 (95% ДИ: -3,0 – -1,5)	46,9
Z. Huang, 2023 [14]	Комбинированные упражнения умеренной интенсивности (75) против контроля (76)	MD = -2,52 (95% ДИ: -3,83 – -1,20)	76,0
	Комбинированные упражнения высокой интенсивности (102) против контроля (102)	MD = -2,18 (95% ДИ: -3,70 – -0,67)	63,1
	Аэробные упражнения умеренной интенсивности (230) против контроля (226)	MD = -2,08 (95% ДИ: -2,88 – -1,28)	58,7
	Силовые упражнения высокой интенсивности (89) против контроля (87)	MD = -2,01 (95% ДИ: -3,45 – -0,57)	55,5
	Высокоинтенсивные интервальные тренировки (246) против контроля (252)	MD = -1,94 (95% ДИ: -2,77 – -1,11)	50,6
	Силовые упражнения умеренной интенсивности (89) против контроля (87)	MD = -1,79 (95% ДИ: -3,15 – 0,43)	45,9
G. Kelley, 2019 [15]	Комбинированные упражнения (аэробные и силовые) (267) против контроля (253)	ES = -2,18 (95% ДИ: -3,17 – -1,19)	79,7
	Силовые упражнения (207) против контроля (179)	ES = -1,31 (95% ДИ: -2,53 – -0,09)	10,2
	Аэробные упражнения высокой и умеренной интенсивности (1057) против контроля (983)	ES = -1,54 (95% ДИ: -2,18 – -0,90)	9,9

Примечание: MD (mean difference) – средняя разница; ES (effect size) – размер эффекта; ДИ – доверительный интервал; SUCRA – площадь под кривой кумулятивного ранжирования.

Результаты сетевых метаанализов, изучающих влияние различных ФУ и их интенсивности на безжировую массу тела детей и подростков с избыточной массой тела и ожирением, приведены в таблице 6.

В исследованиях X. Cai et al. [13] (MD = 1,0; 95% ДИ: 0,1 – 2,0, SUCRA = 95,4) и G. Kelley et al. [15] (ES = 1,30; 95% ДИ: 0,40 – 2,20) комбинированные упражнения были самыми эффективными для увеличения безжировой массы тела, в то время как в исследовании Z. Huang et al. [14] силовые упражнения высокой интенсивности (MD = 1,10; 95% ДИ: 0,22 – 1,99, SUCRA = 84) способствовали наибольшему увеличению безжировой массы тела.

В текущем зонтичном обзоре с низким доверием к результатам было установлено, что различные типы ФУ способствуют снижению ИМТ, жировой массы, процента жира в организме и увеличению массы тела без жира у детей и подростков с избыточной массой тела и ожирением.

В сетевом метаанализе Z. Huang et al. [12] было обнаружено, что все типы ФУ, за

исключением силовых упражнений и йоги, значительно снизили ИМТ, хотя ни один из них не показал существенного превосходства над другими. Наблюдалась нелинейная зависимость «доза-эффект» между общей дозой ФУ и ИМТ, имеющая форму буквы «L». Оптимальная доза ФУ составляла 200 МЕТ-мин/день (метаболические эквиваленты за минуту в день), в то время как для достижения клинически значимого эффекта при ВИИТ требовалось всего 76 МЕТ-мин/день. ВИИТ способствуют повышению чувствительности к инсулину за счет быстрого истощения гликогена и активации AMPK (AMP activated protein kinase), тем самым улучшая гликометаболизм и способствуя более высокому избыточному потреблению кислорода после тренировки, что приводит к устойчивому снижению ИМТ даже при небольшом общем объеме тренировок. Отсутствие значимых результатов в изменении ИМТ после силовых упражнений и йоги может быть связано с тем, что йога представляет собой низкоинтенсивную деятельность, сосредоточенную в основном на увеличении амплитуды движения в суставах, чего может быть недостаточно для значительного влияния на энергетический баланс [17]. В свою очередь, выполнение силовых упражнений приводит к увеличению мышечной массы с минимальными изменениями ИМТ.

Таблица 6

Объединенные результаты сетевых метаанализов влияния различных упражнений на безжировую массу тела (кг) у детей с избыточной массой тела и ожирением

Автор, год	Вмешательство (количество участников)	Результат относительно контроля	SUCRA, %
X. Cai, 2025 [13]	Комбинированные упражнения (343) против контроля (279)	MD = 1,0 (95% ДИ: 0,1 – 2,0)	95,4
	Силовые упражнения (55) против контроля (55)	MD = 0,19 (95% ДИ: -1,5 – 1,8)	54,8
	Аэробные упражнения (426) против контроля (416)	MD = -0,15 (95% ДИ: -1,2 – 0,9)	37,1
	Высокоинтенсивные интервальные тренировки (335) против контроля (185)	MD = -0,60 (95% ДИ: -1,5 – 0,3)	12,7
Z. Huang, 2023 [14]	Силовые упражнения высокой интенсивности (89) против контроля (87)	MD = 1,10 (95% ДИ: 0,22 – 1,99)	84,0
	Силовые упражнения умеренной интенсивности (60) против контроля (47)	MD = 0,70 (95 % ДИ: -0,21 – 1,61)	63,9
	Высокоинтенсивные интервальные тренировки (246) против контроля (252)	MD = 0,65 (95 % ДИ: -0,06 – 1,36)	61,0
	Комбинированные упражнения высокой интенсивности (75) против контроля (76)	MD = 0,51 (95 % ДИ: -0,62 – 1,64)	51,7
	Комбинированные упражнения умеренной интенсивности (102) против контроля (102)	MD = 0,00 (95 % ДИ: -3,70 – 3,70)	39,5
	Аэробные упражнения умеренной интенсивности (230) против контроля (226)	MD = 0,16 (95 % ДИ: -0,54 – 0,87)	31,3
G. Kelley, 2019 [15]	Комбинированные упражнения (аэробные и силовые) (267) против контроля (253)	ES = 1,30 (95% ДИ: 0,40 – 2,20)	–
	Силовые упражнения (207) против контроля (179)	ES = 0,82 (95% ДИ: -0,40 – 2,00)	–
	Аэробные упражнения высокой и умеренной интенсивности (1057) против контроля (983)	ES = 0,07 (95% ДИ: -0,72 – 0,86)	–

Примечание: MD (mean difference) – средняя разница; ES (effect size) – размер эффекта; ДИ – доверительный интервал; SUCRA – площадь под кривой кумулятивного ранжирования.

В сетевом метаанализе X. Cai et al. [13] было установлено, что аэробные упражнения способствовали более эффективному снижению массы тела, ИМТ и обхвата талии, в то время как комбинированные упражнения (аэробные и силовые) приводили к более эффективному снижению процента жира в организме и соотношения талии к росту, а также увеличению безжировой массы тела. Предположительно,

сочетание аэробных и силовых упражнений может дать синергетический эффект. Аэробные тренировки способствуют повышению митохондриальной массы, что может увеличить окисление жиров и глюкозы, уменьшая размер адипоцитов [18]. Силовые упражнения приводят к увеличению мышечной массы и увеличивают расход энергии в состоянии покоя [19], повышают активность транспортировщиков глюкозы, повышают чувствительность к инсулину в мышечных клетках [20], тем самым дополняя эффекты аэробных упражнений по снижению жировых депо.

В сетевом метаанализе Z. Huang et al. [14] было показано, что комбинированные упражнения (умеренной и высокой интенсивности) были наиболее эффективны в снижении процента жира в организме, ИМТ, жировой массы. Среди шести типов вмешательств высокоинтенсивные силовые упражнения были менее эффективны в снижении массы тела, ИМТ и жировой массы, но наиболее эффективны в увеличении безжировой массы. В целом, с точки зрения снижения жира, эффективность всех типов ФУ была ранжирована в следующем порядке: комбинированные упражнения – аэробные упражнения – силовые упражнения.

В сетевом метаанализе G. Kelley et al. [15] было показано, что аэробные упражнения, а также комбинированные упражнения (аэробные и силовые) приводили к снижению ИМТ, жировой массы и процента жира, в то время как силовые упражнения способствовали снижению только процента жира в организме. Из трех вмешательств комбинированные упражнения были признаны наиболее эффективными для снижения жировой массы и процента жира, в то время как аэробные упражнения в наибольшей степени способствовали снижению ИМТ. В другом сетевом метаанализе G. Kelley et al. [16] было установлено, что аэробные упражнения, а также комбинированные упражнения (аэробные и силовые) снижают z-оценку ИМТ у детей и подростков с избыточной массой тела и ожирением. При этом комбинированные упражнения продемонстрировали наиболее выраженный эффект по сравнению с аэробными упражнениями. Более выраженный эффект комбинированных упражнений может быть связан с общим объемом упражнений [21]. Данные свидетельствуют о том, что комбинированные аэробные и силовые упражнения требуют вдвое большего объема тренировки, чем отдельные аэробные или силовые упражнения, что приводит к большему расходу энергии и улучшению состава тела. Поэтому в дальнейших исследованиях следует стандартизировать переменные объема, чтобы минимизировать искажающее влияние на результаты.

Сильные стороны и ограничения. Это исследование впервые объединило результаты сетевых метаанализов, изучающих влияние различных ФУ на ИМТ и состав тела у детей и подростков с избыточной массой тела и ожирением. Сравнивая влияние различных видов ФУ на эти показатели, исследование предоставляет тренерам, учителям физической культуры, педагогам, родителям и исследователям ценные данные для разработки эффективных программ ФУ для этой группы населения.

Однако следует учитывать некоторые ограничения. Во-первых, во многих исследованиях не учитывалась гетерогенность исследуемых популяций (например, возрастные диапазоны от детского до позднего подросткового возраста, различные исходные уровни ожирения), а также протоколов вмешательства (например, различия в общем объеме упражнений или различия в программах тренировок даже для одного и того же типа упражнений), что может приводить к риску смещения результатов. Во-вторых, результаты включенных обзоров не были рандомизированы по ковариатам (калорийность рациона, продолжительность сна, социальный джетлаг, общая двигательная активность, уровень дохода и образования родителей), что может ставить под сомнение причинно-следственную связь. Таким образом, такие ассоциации должны быть проверены в высококачественных рандомизированных контролируемых исследованиях (РКИ). В-третьих, обзоры не предоставляют данных о долгосрочных результатах влияния различных ФУ. Высокая

интенсивность ВИИТ может со временем снижать приверженность, в то время как игровые упражнения низкой и умеренной интенсивности могут демонстрировать более высокую вовлеченность среди детей. В будущих исследованиях необходимо оценить модели приверженности и изучить адаптацию на основе предпочтений к различным типам ФУ.

Заключение. Данное исследование с низкой степенью доверия к результатам подтверждает эффективность различных ФУ в снижении ИМТ и улучшении состава тела у детей с избыточной массой тела и ожирением. Аэробные упражнения умеренной и высокой интенсивности являются наиболее эффективными в снижении ИМТ, в то время как комбинированные упражнения (аэробные и силовые) и упражнения с отягощениями являются наиболее эффективными в снижении жировой массы, процента жира в организме и увеличении мышечной массы. Хотя наш обзор сетевых метаанализов предоставляет ценные данные для разработки программ ФУ у детей с избыточной массой тела и ожирением, ограничения косвенных сравнений и различные объемы тренировочных программ подчеркивают необходимость проведения более надежных РКИ. Будущие исследования должны быть сосредоточены на точном построении персонализированных программ ФУ, чтобы обеспечить внедрение данных программ в клиническую практику.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Статья подготовлена в рамках государственного задания №073-00070-25-03 от 29.05.2025 г. по проекту «Оптимизация двигательной активности детей младшего школьного возраста с избыточной массой тела и ожирением».

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

Financing. The article was prepared under the State Task No 073-00070-25-03 dated 29.05.2025 on the project titled “Optimizing motor activity of junior schoolchildren with overweight and obesity”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. World Health Organization. Obesity and overweight. URL: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight (дата обращения: 15.08.2025).
2. Association between early age body mass index and the risk of adulthood cardiovascular diseases: a systematic review and meta-analysis / Z. Qiu, Z. Liu, N. Zhang [et al.] // Int J Obes (Lond). – 2025. – No. 49(5). – P. 766-775. DOI: 10.1038/s41366-024-01710-4.
3. Association of Childhood Obesity Phenotypes With Cardiometabolic Outcomes in Adulthood: A Systematic Review and Meta-Analysis / J. Huang, X. Zhang, R. Ramakrishnan [et al.] // Obes Rev. – 2025. – No. 25(8). – P. 516-530. DOI: 10.1111/obr.70006.
4. Carotid artery intima-media thickness values in obese or overweight children: a meta-analysis / J. Moretti, A. Korban, É. Alchourron [et al.] // Eur Radiol. – 2025. – No. 35(6). – P. 3305-3313. DOI: 10.1007/s00330-024-11284-4.
5. High-intensity interval training in overweight and obese children and adolescents: systematic review and meta-analysis / D. Thivel, J. Masurier, G. Baquet [et al.] // J Sports Med Phys Fitness. – 2019. – No. 59(2). – P. 310-324. DOI: 10.23736/S0022-4707.18.08075-1.
6. Kelley, G. Exercise and Cardiovascular Disease Risk Factors in Children and Adolescents With Obesity: A Systematic Review With Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials / G. Kelley, K. Kelley, R. Pate // Am J Lifestyle Med. – 2021. – No. 16(4). – P. 485-510. DOI: 10.1177/1559827620988839.
7. Effects of Strength Training on Body Fat in Children and Andolescents with Overweight and Obesity: A Systematic Review with Meta-Analysis / L. Méndez-Hernández, E. Ramírez-Moreno, R. Barrera-Gálvez [et al.] // Children (Basel). – 2022. – No. 9(7). – P. 995-1009. DOI: 10.3390/children9070995.
8. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews / M. Page, J. McKenzie, P. Bossuyt [et al.] // BMJ. – 2021. – No. 372. – P. 32-48. DOI: 10.1136/bmj.n71.
9. Reporting guideline for overviews of reviews of healthcare interventions: development of the PRIOR statement / M. Gates, A. Gates, D. Pieper [et al.] // BMJ. – 2022. – No. 378. – P. 321-335. DOI: 10.1136/bmj-2022-070849.
10. Amir-Behghadami, M. Population, Intervention, Comparison, Outcomes and Study (PICOS) design as a framework to formulate eligibility criteria in systematic reviews / M. Amir-Behghadami, A. Janati // Emerg Med J. – 2020. – No. 37(6). – P. 387-401. DOI: 10.1136/emermed-2020-209567.
11. AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both / B. Shea, B. Reeves, G. Wells [et al.] // BMJ. – 2017. – No. 358. – P. 400-414. DOI: 10.1136/bmj.j4008.

12. Optimal exercise dose on Body Mass Index (BMI) in children and adolescents with overweight and obesity: a systematic review and bayesian model-based network meta-analysis / Z. Huang, G. Sun, J. Li [et al.] // BMC Public Health. – 2025. – No. 25(1). – P. 215-231. DOI: 10.1186/s12889-025-21405-3.
13. Effects of Different Exercise Interventions on Health Status in Overweight and Obese Children and Adolescents: A Network Meta-Analysis / X. Cai, Y. Cai, Y. Da [et al.] // Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity. – 2025. – No. 18. – P. 3053-3074. DOI: 10.2147/DMSO.S528948.
14. Effects of different exercise modalities and intensities on body composition in overweight and obese children and adolescents: a systematic review and network meta-analysis / Z. Huang, J. Li, Y. Liu, Y. Zhou // Front Physiol. – 2023. – No. 14. – P. 119-134. DOI: 10.3389/fphys.2023.1193223.
15. Kelley, G. Exercise and adiposity in overweight and obese children and adolescents: a systematic review with network meta-analysis of randomised trials / G. Kelley, K. Kelley, R. Pate // BMJ Open. – 2019. – No. 9(11). – P. 312-327. DOI: 10.1136/bmjopen-2019-031220.
16. Kelley, G. Exercise and BMI z-score in Overweight and Obese Children and Adolescents: A Systematic Review and Network Meta-Analysis of Randomized Trials / G. Kelley, K. Kelley, R. Pate // J Evid Based Med. – 2017. – No. 10(2). – P. 108-128. DOI: 10.1111/jebm.12228.
17. Donahoe-Fillmore, B. The effects of yoga practice on balance, strength, coordination and flexibility in healthy children aged 10-12 years / B. Donahoe-Fillmore, E. Grant // J Bodyw Mov Ther. – 2019. – No. 23(4). – P. 708-712. DOI: 10.1016/j.jbmt.2019.02.007.
18. Mølmen, K. Effects of Exercise Training on Mitochondrial and Capillary Growth in Human Skeletal Muscle: A Systematic Review and Meta-Regression / K. Mølmen, N. Almquist, Ø. Skattebo // Sports Med. – 2025. – No. 55(1). – P. 115-144. DOI: 10.1007/s40279-024-02120-2.
19. Changes in 24-h energy expenditure, substrate oxidation, and body composition following resistance exercise and a high protein diet via whey protein supplementation in healthy older men / C. Griffen, D. Renshaw, M. Duncan [et al.] // Physiol Rep. – 2022. – No. 10(11). – P. 152-168. DOI: 10.14814/phy2.15268.
20. Impact of resistance training on cardiometabolic health-related indices in patients with type 2 diabetes and overweight/obesity: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials / S. Al-Mhanna, B. Franklin, J. Jakicic [et al.] // Br J Sports Med. – 2025. – No. 59(10). – P. 733-746. DOI: 10.1136/bjsports-2024-108947.
21. Effects of aerobic exercise combined with resistance training on body composition and metabolic health in children and adolescents with overweight or obesity: systematic review and meta-analysis / X. Liu, Q. Li, F. Lu, D. Zhu // Front Public Health. – 2024. – No. 12. – P. 140-157. DOI: 10.3389/fpubh.2024.1409660.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Евгений Витальевич Быков – доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории физиологии развития и физической культуры обучающихся Института развития, здоровья и адаптации ребенка, Москва; директор НИИ олимпийского спорта Уральского государственного университета физической культуры, Челябинск, e-mail: bev58@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-7506-8793.
Вадим Владимирович Сверчков – младший научный сотрудник лаборатории физиологии развития и физической культуры обучающихся Института развития, здоровья и адаптации ребенка, Москва; младший научный сотрудник НИИ олимпийского спорта, преподаватель кафедры спортивной медицины и физической реабилитации УралГУФК, Челябинск, e-mail: Vadim.sverchkov@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-3650-0624.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Evgenij V. Bykov – Doctor of Medical Sciences, Professor, Chief Researcher of the Laboratory of Developmental Physiology and Physical Education of Students, Institute of Child Development, Health and Adaptation, Moscow; Director of the Research Institute of Olympic Sports, Ural State University of Physical Education, Chelyabinsk, e-mail: bev58@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-7506-8793.
Vadim V. Sverchkov – Junior Researcher of the Laboratory of Developmental Physiology and Physical Education of Students, Institute of Child Development, Health, and Adaptation, Moscow; Junior Researcher of the Research Institute of Olympic Sports, Lecturer of the Department of Sports Medicine and Physical Rehabilitation, Ural State University of Physical Education, Chelyabinsk, e-mail: Vadim.Sverchkov@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-3650-0624.

Для цитирования: Быков, Е.В. Влияние различных физических упражнений на индекс массы тела и состав тела у детей с ожирением: зонтичный обзор сетевых метаанализов / Е.В. Быков, В.В. Сверчков // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_30

For citation: Bykov E.V., Sverchkov V.V. Effects of various exercises on body mass index and body composition in children with obesity: an umbrella review of network meta-analyses. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_30

Дата публикации: 01.03.2026 Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_31 DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_31
УДК 796.011.3; 612.821 UDC 796.011.3; 612.821

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕТЕЙ-СИРОТ И ДЕТЕЙ, ВОСПИТЫВАЮЩИХСЯ В СЕМЬЕ, В НАЧАЛЕ УЧЕБНОГО ГОДА

Вэньцзе Цзян[1], Г.Д. Алексанянц[1], А.В. Волков[2], Е.А. Байер[3,4]
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», г. Краснодар, Россия
[2]Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение муниципального образования город Краснодар Гимназия № 18 имени Героя Советского Союза Анатолия Березового, г. Краснодар, Россия
[3]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, Россия
[4]Государственное казенное учреждение социального обслуживания Ростовской области центр помощи детям, оставшимся без попечения родителей «Азовский центр помощи детям», г. Азов, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Исследование направлено на сравнение морфологических и функциональных показателей детей младшего школьного возраста из социальных учреждений и семей в России и Китае. ***Методы.*** Обследованы 366 детей 8-10 лет: воспитанники детских приютов и учащиеся школ. Дети занимались физической культурой с элементами тхэквондо. Оценивали антропометрические показатели и функциональное состояние. Статистический анализ проводили с использованием t-критерия Стьюдента ($p \leq 0,05$). ***Результаты.*** Различий между воспитанниками социальных учреждений России и Китая не выявлено ($p > 0,05$). В обеих странах дети из семей превосходили воспитанников приютов по массе тела и массо-ростовому индексу ($p < 0,05$). В Китае школьники из семей также представили лучшие нейродинамические показатели. Морфологические параметры учащихся школ России и Китая статистически сопоставимы ($p > 0,05$). ***Заключение.*** Морфофункциональный статус детей 8-10 лет определяется условиями воспитания. Необходимы адресные программы физического воспитания для воспитанников социальных учреждений.
Ключевые слова: дети 8-10 лет, детские социальные приюты (РФ и КНР), общеобразовательные учреждения г. Краснодара, учреждения г. Чанша, начало учебного года.

COMPARATIVE ANALYSIS OF MORPHOFUNCTIONAL INDICATORS OF ORPHANED CHILDREN AND CHILDREN RAISED IN FAMILIES AT THE BEGINNING OF THE ACADEMIC YEAR

Wenjie Jiang[1], G.D. Aleksanyants[1], A.V. Volkov[2], E.A. Bayer[3,4]
[1]Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar, Russia
[2]Gymnasium No 18 named after the Hero of the Soviet Union Anatoly Berezovoy, Krasnodar, Russia
[3]Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia
[4]Azov Children's Aid Center, Azov, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The study is aimed to examine morphological and functional indicators of primary school children from social institutions and families of Russia and China. ***Methods.*** The study involved a survey of 366 children aged 8-10: children from orphanages and school students. The children attended physical education classes with elements of taekwondo. Anthropometric parameters and functional state were assessed. Statistical analysis was performed using the Student's T-test ($p < 0.05$). ***Results.*** There were no differences between the pupils of social institutions in Russia and China ($p > 0.05$). In both countries, children from families outperformed children from orphanages in terms of body weight and Quetelet index ($p < 0.05$). In China, schoolchildren from families also demonstrated the best neurodynamic indicators. The morphological parameters of Russian and Chinese school students are statistically comparable ($p > 0.05$). ***Conclusion.*** The morphofunctional status of children aged 8-10 is determined by the conditions of upbringing. Targeted physical education programs are needed for students in social institutions.
Keywords: children aged 8-10, children's social shelters (Russian Federation and People's Republic of China), general education institutions in Krasnodar, institutions in Changsha, start of the school year.

Введение. В последние десятилетия в Российской Федерации и Китайской Народной Республике отмечается устойчивое ухудшение показателей физического здоровья и психологического благополучия школьников, что связывают со снижением объема двигательной активности, интенсификацией учебного процесса и преобладанием малоподвижных форм досуга. Ряд проведенных исследований подчеркивает, что благополучие ребенка определяется не только соматическим состоянием, но и уровнем адаптации к образовательной среде и социальным условиям развития [1-3]. Особое значение в этом контексте имеет младший школьный возраст (8-10 лет), когда формируются базовые двигательные навыки, закладывается фундамент физического здоровья и происходит интенсивное созревание регуляторных систем организма. Высокая пластичность нервной системы при незавершенности процессов миелинизации и становления корково-подкорковых взаимодействий обусловливает ограниченный объем памяти, повышенную утомляемость, неустойчивость внимания и выраженную эмоциональную реактивность при одновременной высокой потребности в движении [4, 5]. В то же время рациональная организация занятий физическими упражнениями в этот период способствует целенаправленному развитию ведущих физических качеств и оптимизации функционального состояния центральной нервной системы (ЦНС) и соответствующей готовности к обучению [6, 7].

При этом в системе медико-биологического сопровождения образования все большее распространение получает подход, основанный на морфологической оценке организма и функционального состояния ЦНС по показателям сенсомоторных реакций. Время простой и сложной сенсомоторных реакций, их вариативность и структура ошибок рассматриваются как информативные маркеры функционального созревания нервной системы, соотношения процессов возбуждения и торможения, уровня произвольной регуляции и когнитивного контроля у детей младшего школьного возраста [8].

Особую категорию в этом отношении представляют воспитанники детских домов, развитие которых протекает в условиях хронического стресса, ограниченных эмоциональных контактов и измененной структуры двигательной активности. Известно, что условия социальной депривации могут приводить к специфическим особенностям в развитии ряда функций, включая формирование сенсомоторных реакций и механизмов произвольной регуляции деятельности. В этой связи исследование функциональных маркеров внимания и помехоустойчивости у данного контингента детей является критически важным для разработки научно обоснованных программ психолого-педагогической и физкультурно-оздоровительной коррекции [9].

Сравнительный анализ данных показателей у детей, воспитывающихся в детских домах в Российской Федерации и Китайской Народной Республике, позволяет не только выявить возрастные закономерности когнитивного развития, но и поставить вопрос об универсальности или специфичности этих процессов в различных социокультурных условиях.

При анализе доступной научной и научно-методической литературы обнаружены фрагментарные исследования, посвященные изучению морфофункциональных показателей воспитанников детских домов, особенно в сравнительном аспекте со школьниками из семей [10].

Комплекс хронорефлексометрических методик (простая зрительно-моторная реакция, реакции различения, выбора и реагирования на движущийся объект) позволяет одновременно оценивать психомоторные качества, устойчивость внимания и помехоустойчивость в условиях учебной деятельности. Современные психологические и педагогические исследования показывают, что успешность адаптации младших школьников к требованиям обучения определяется совокупностью когнитивных, эмоционально-личностных факторов, а их неблагоприятные изменения повышают риск утомления, дезадаптации и снижения качества жизни, что обусловливает необходимость ранней диагностики ключевых характеристик [11].

Особый научный интерес представляет сравнительный анализ российских и

китайских младших школьников, поскольку образовательные системы двух стран различаются по структуре учебной нагрузки, режиму дня и подходам к организации физического воспитания, что потенциально по-разному влияет на морфофункциональное состояние детей. В доступной литературе практически отсутствуют исследования, сопоставляющие показатели простой и сложной сенсомоторных реакций, внимания и помехоустойчивости у детей 8-10 лет из общеобразовательных школ и социальных учреждений России и Китая в сопоставимых временных условиях (в частности, в начале учебного года). Указанный пробел имеет принципиальное теоретическое и практическое значение, поскольку данные о межгосударственных и межгрупповых различиях в морфофункциональных характеристиках младших школьников могут служить основанием для разработки адресных программ физического воспитания и здоровьесберегающих технологий в образовании. В этой связи особую актуальность приобретает системное сопоставление комплекса показателей (простая зрительно-моторная реакция, реакции на движущийся объект, реакции различения и выбора, характеристики внимания и помехоустойчивости) у детей 8-10 лет из общеобразовательных учреждений (г. Краснодар и г. Чанша) и социальных приютов (г. Азов и г. Чанша) в начале учебного года. Выбор данной темы обусловлен стремлением расширить представления о возрастно-социальной вариативности функционального состояния ЦНС у младших школьников в различных социокультурных условиях и обосновать направления совершенствования физического воспитания и психолого-педагогического сопровождения в системе школьного и дополнительного образования.

Цель исследования: сравнительный анализ морфофункциональных показателей воспитанников детских домов 8-10 лет в начале учебного года (Китайская Народная Республика и Российская Федерация).

Методы и организация исследования. Исследование проводилось на базе ряда образовательных и социальных учреждений Российской Федерации и Китайской Народной Республики, включая общеобразовательные учреждения (гимназия № 18 г. Краснодара, РФ; начальная школа «Фэншушань» г. Чанша, КНР), детский социальный приют «Сянья» (г. Чанша, КНР) и Азовский центр помощи детям (г. Азов, РФ). Существенная организационно-методическая поддержка была оказана лабораторией кафедры анатомии и спортивной медицины Кубанского государственного университета физической культуры, спорта и туризма.

В исследовании была сформирована стратифицированная выборка, в которую вошли 366 детей младшего школьного возраста (8-10 лет). Общий гендерный состав выборки был относительно сбалансированным: 183 мальчика и 183 девочки. На основе ключевых критериев, таких как географическое положение (РФ и КНР) и социальные условия проживания (дети, воспитывающиеся в семьях, и дети, оставшиеся без попечения родителей), все участники были распределены в четыре исследовательские группы.

1. Дети, оставшиеся без попечения родителей (n=144), представленные двумя группами:

- Группа 1 (Г-1): 102 воспитанника (50 мальчиков (49,02%) и 52 девочки (50,98%)) детского социального приюта «Сянья» (г. Чанша, КНР).

- Группа 2 (Г-2): 42 воспитанника (22 мальчика (52,38%) и 20 девочек (47,62%)) Азовского центра помощи детям (г. Азов, РФ).

2. Школьники из общеобразовательных учреждений (n=222), представленные двумя группами:

- Группа 3 (Г-3): 86 школьников (44 мальчика (51,11%) и 42 девочки (48,24%)) из гимназии № 18 (г. Краснодар, РФ).

- Группа 4 (Г-4): 136 школьников (67 мальчиков (49,26%) и 69 девочек (50,74%)) из начальной школы «Фэншушань» (г. Чанша, КНР).

Исследование проводилось в строгом соответствии с этическими стандартами. Участие детей было добровольным, и от всех законных представителей (родителей или опекунов) было получено информированное согласие на участие детей в обследовании, разъясняющее цели и задачи научной работы.

В ходе исследования у детей занятия физической культурой проводились с включением компонентов тхэквондо. Данный подход применялся в течение всего периода наблюдения и обеспечивал единообразие условий двигательной активности для всех участников эксперимента.

Подобная структура выборки, учитывающая гендерное распределение, город проживания и специфику социальных условий (включая воспитанников учреждений для детей, оставшихся без попечения родителей), не только позволяет получить репрезентативные данные о морфофункциональном состоянии младших школьников, но и обеспечивает высокую валидность для проведения углубленного сравнительного анализа между выделенными группами, что значительно повышает научную ценность и достоверность полученных результатов.

Исследование морфометрических показателей испытуемых осуществлялось по общепринятым антропометрическим методикам (Г.Д. Алексанянц с соавт., 2005). В ходе обследования проводились измерения длины тела (L), массы тела (P) и окружности грудной клетки (ОГК) с использованием стандартизированного оборудования, что позволило получить объективные данные о морфологических характеристиках участников эксперимента и обеспечить сопоставимость результатов с данными других исследований в области физической культуры и спорта.

Сбор и обработка данных у участников из г. Краснодара и г. Азова (Российская Федерация) осуществлялись с использованием аппаратно-программного компьютерного комплекса (АПК) «НС-Психотест» («Нейрософт», Россия), который включал пульт-тестер управления (совмещающий индикатор для световых раздражителей и устройство регистрации ответной реакции), обеспечивающий автоматизированную демонстрацию стимулов по заданным программам, а также совместимый персональный компьютер. В свою очередь, для обследования испытуемых из г. Чанша (Китайская Народная Республика) использовалась интегрированная стандартизированная система «Синьи-психологический эксперимент» (XinYi Psychological Experiment System). Данная система продемонстрировала высокую надежность, соответствующую требованиям нейрофизиологических исследований (погрешность тайминга <5 мс), а использование ее стандартизированных модулей позволило минимизировать человеческий фактор при тестировании, при этом к ограничениям методики относилась необходимость предварительной калибровки экрана для точной цветопередачи. Для обеспечения сопоставимости результатов, полученных с использованием обеих систем, применялись единые критерии обработки данных: производилось исключение аномальных реакций (латентный период <150 мс и >1000 мс), осуществлялась нормализация времени реакции посредством расчета.

Для оценки функциональных характеристик был применен комплекс методик. Лабильность нервных процессов исследовалась посредством регистрации простой зрительно-моторной реакции (ПЗМР).

Более сложные аспекты сенсомоторной деятельности оценивались в нескольких тестах. Реакция на движущийся объект (РДО) применялась для анализа способности к пространственно-временному прогнозированию (зрительной экстраполяции).

Подвижность нервных процессов дополнительно исследовалась в тестах на реакцию различения (ВРР) и реакцию выбора (ВРВ).

Определение внимания включало оценку концентрации и устойчивости путем фиксации времени реакции на световые стимулы в стандартных условиях. Помехоустойчивость как характеристика способности противостоять отвлекающим факторам определялась в аналогичном тесте, но проводимом в условиях предъявления зрительных помех.

Статистическая обработка экспериментального материала осуществлялась с использованием стандартных методов математической статистики на персональных компьютерах, совместимых с архитектурой IBM. Для каждого анализируемого показателя вычислялись описательные статистики: среднее арифметическое значение (M), стандартное отклонение (σ) и ошибка среднего (m). Сопоставление средних величин,

полученных в сравниваемых выборках, проводилось с применением t-критерия Стьюдента; уровень значимости $p \leq 0,05$ расценивался как статистически достоверный.

Результаты исследования и их обсуждение. Комплексная оценка морфофункциональных показателей детей 8-10 лет, выполненная в начале учебного года, охватывала воспитанников социальных учреждений интернатного типа – Азовского центра помощи детям (г. Азов, РФ) и детского социального приюта «Сянья» (г. Чанша, КНР), а также учащихся общеобразовательных учреждений: гимназии № 18 (г. Краснодар, РФ) и начальной школы «Фэншушань» (г. Чанша, КНР). Анализ данных, представленных в таблицах 1-4, позволил выявить общие закономерности формирования морфофункционального статуса и специфические межгрупповые различия, обусловленные как социальными, так и этнокультурными факторами.

Таблица 1

Морфофункциональные показатели мальчиков (м) и девочек (д) 8-10 лет детского дома «Азовский центр помощи детям», г. Азов (РФ), в начале учебного года, M±m

Возраст	8 лет (n=15)		9 лет (n=14)		10 лет (n=13)	
	м (n=8)	д (n=7)	м (n=7)	д (n=7)	м (n=7)	д (n=6)
Длина, см	130,0±1,4	129,0±2,0	135,0±2,2	134,0±1,8	140,0±1,9	139,0±2,6
Масса, кг	28,1±0,5	28,0±0,9	30,5±0,6	29,5±0,8	31,9±1,7	30,2±1,5
Массо-ростовой индекс, г/см	223,0±5,8	217,0±5,6	225,9±5,9	220,1±3,9	226,5±4,0	217,2±5,8
Окружность грудной клетки, см	62,5±1,5	61,8±0,8	64,5±1,0	63,8±1,1	66,5±2,0	65,8±1,7
ПЗМР, мс	312,4±13,5	309,6±23,2	298,7±12,4	287,8±11,7	269,5±9,6	256,3±13,9
РДО, мс	87,1±7,9	85,2±8,3	82,7±5,4	79,4±6,6	67,9±4,7	66,8±5,9
ВРР, мс	422,8±16,2	419,5±14,8	402,3±10,9	399,6±15,4	381,8±13,9	379,8±14,5
ВРВ, мс	459,7±17,8	457,6±18,4	443,2±16,7	448,9±17,3	438,6±15,9	436,5±16,4
Оценка внимания, мс	331,5±13,2	321,9±10,7	328,2±9,3	316,8±12,8	319,6±11,6	312,1±10,9
Помехоустойчивость, мс	404,8±14,9	401,3±15,5	391,5±12,2	392,6±15,3	372,2±13,6	377,8±14,1

Примечание: ПЗМР – простая зрительно-моторная реакция; РДО – реакция на движущийся объект; ВРР – время реакции различения; ВРВ – время реакции выбора.

Таблица 2

Морфофункциональные показатели мальчиков (м) и девочек (д) 8-10 лет детского социального приюта «Сянья», г. Чанша (КНР), в начале учебного года, M±m

Возраст	8 лет (n=35)		9 лет (n=34)		10 лет (n=33)	
	м (n=17)	д (n=18)	м (n=17)	д (n=17)	м (n=16)	д (n=17)
Длина, см	129,0±2,9	128,0±1,8	134,0±2,2	133,0±3,1	139,0±1,6	138,0±1,3
Масса, кг	28,5±0,9	27,5±1,0	30,0±1,2	29,2±1,1	31,0±1,8	30,5±1,6
Массо-ростовой индекс, г/см	221.0±5,5	215,0±4,3	224,0±8,6	219,5±7,4	223,0±5,7	221,0±7,0
Окружность грудной клетки, см	62,0±0,9	61,0±1,1	64,0±1,4	63,0±1,9	66,0±1,5	65,0±1,8
ПЗМР, мс	318,5±13,2	315,8±12,7	305,3±10,1	312,1±9,6	286,4±11,3	291,2±8,8
РДО, мс	89,7±7,8	90,5±8,2	80,3±6,2	87,9±5,5	74,8±7,6	72,2±4,9
ВРР, мс	416,3±15,8	415,7±16,4	398,6±14,5	395,4±15,1	379,9±13,6	381,8±14,3
ВРВ, мс	454,8±17,2	461,6±17,8	439,7±16,3	454,1±16,9	434,5±15,5	446,2±16,1
Оценка внимания, мс	348,6±10,8	345,9±13,3	332,5±11,9	339,3±12,4	328,7±9,8	325,8±14,7
Помехоустойчивость, мс	411,5±14,5	412,8±15,1	395,9±13,8	398,7±14,4	381,3±13,2	384,6±13,8

Примечание: ПЗМР – простая зрительно-моторная реакция; РДО – реакция на движущийся объект; ВРР – время реакции различения; ВРВ – время реакции выбора.

Таблица 3

Морфофункциональные показатели детей, воспитывающихся в семье (мальчиков (м) и девочек (д) 8-10 лет), гимназии № 18, г. Краснодар (РФ), M±m

Возраст	8 лет (n=30)		9 лет (n=29)		10 лет (n=27)	
	м (n=15)	д (n=15)	м (n=15)	д (n=14)	м (n=14)	д (n=13)
Длина, см	131,0±1,8	130,0±1,7	136,0±1,9	135,0±1,8	141,0±2,0	140,0±1,9
Масса, кг	32,2±0,9	31,8±0,8	33,4±0,5	32,6±0,6	34,6±0,4	33,5±0,7
Массо-ростовой индекс, г/см	245,8±5,5	244,6±5,4	245,5±4,3	241,4±5,3	245,3±3,7	239,2±5,1
Окружность грудной клетки, см	64,0±1,3	63,0±1,0	66,0±2,2	65,0±0,8	68,0±1,1	67,0±1,4
ПЗМР, мс	299,3±11,8	297,7±12,4	278,4±10,2	276,6±12,8	262,1±9,1	254,3±9,5
РДО, мс	79,5±6,9	82,3±7,2	74,8±5,8	75,9±6,1	63,2±5,2	63,9±5,6
ВРР, мс	408,6±12,3	416,2±13,1	385,9±11,5	394,8±12,2	366,7±10,8	371,4±11,4
ВРВ, мс	442,8±12,9	450,3±13,5	448,5±11,7	456,2±12,4	423,3±10,9	453,8±12,6
Оценка внимания, мс	328,7±9,5	332,2±9,8	326,8±8,7	321,6±9,1	325,8±8,2	297,8±8,3
Помехоустойчивость, мс	389,5±9,8	398,5±9,3	379,7±8,2	391,3±8,7	363,8±7,8	355,4±8,1

Примечание: ПЗМР – простая зрительно-моторная реакция; РДО – реакция на движущийся объект; ВРР – время реакции различения; ВРВ – время реакции выбора.

Таблица 4

Морфофункциональные показатели детей, воспитывающихся в семье (мальчиков (м) и девочек (д) 8-10 лет), начальной школы «Фэншушань», г. Чанша (КНР), M±m

Возраст	8 лет (n=47)		9 лет (n=45)		10 лет (n=44)	
	м (n=23)	д (n=24)	м (n=22)	д (n=23)	м (n=22)	д (n=22)
Длина, см	130,5±1,7	129,5±1,4	135,5±2,1	134,5±1,8	140,5±2,2	139,5±1,9
Масса, кг	32,8±0,9	30,7±1,0	33,0±1,1	32,1±1,3	33,7±1,1	32,5±0,8
Массо-ростовой индекс, г/см	252,2±5,2	244,5±9,1	244,4±5,6	237,7±7,4	240,7±6,7	233,8±8,3
Окружность грудной клетки, см	63,5±1,2	62,8±0,7	65,5±1,3	64,8±2,2	67,5±1,8	66,8±2,1
ПЗМР, мс	295,4±11,5	303,9±9,6	269,7±10,1	276,2±8,6	258,8±9,3	256,1±9,4
РДО, мс	79,1±5,3	80,4±8,4	70,5±4,6	72,8±5,9	65,3±7,1	64,7±5,4
ВРР, мс	404,5±10,2	410,8±12,7	379,9±10,8	387,6±11,9	360,7±9,6	369,2±10,7
ВРВ, мс	444,7±9,8	448,5±8,2	436,3±10,4	438,9±11,0	430,8±11,0	426,5±17,3
Оценка внимания, мс	324,5±8,9	320,3±8,9	318,8±10,6	315,2±8,8	301,6±7,9	297,8±23,1
Помехоустойчивость, мс	396,8±18,1	401,2±9,2	380,0±7,3	387,9±11,7	359,8±7,6	378,9±8,1

Примечание: ПЗМР – простая зрительно-моторная реакция; РДО – реакция на движущийся объект; ВРР – время реакции различения; ВРВ – время реакции выбора.

Изложение результатов построено по принципу последовательного расширения аналитической рамки: от сопоставления учреждений интернатного типа (РФ и КНР) к анализу влияния фактора семейного воспитания внутри каждой страны и, наконец, к сравнению учащихся общеобразовательных школ двух стран.

Согласно данным таблицы 5, при сопоставлении морфофункционального статуса воспитанников социальных учреждений России и Китая статистически значимые различия носят единичный характер. В блоке морфологических показателей (длина тела, масса тела, массо-ростовой индекс, окружность грудной клетки) достоверных различий между воспитанниками Азовского центра и приюта «Сянья» не обнаружено ($p>0,05$). Это свидетельствует о соизмеримости соматического развития детей-сирот в учреждениях интернатного типа обеих стран и отражает универсальность биологических закономерностей роста в условиях организованного воспитания.

В функциональном блоке выявлено единственное статистически значимое различие: у девочек 10 лет время ПЗМР достоверно меньше (лучше) в Азовском центре помощи детям (256,3±13,9 мс) по сравнению с воспитанницами приюта «Сянья» (291,2±8,8 мс; t=2,12; p<0,05). Данный факт указывает на более высокую лабильность нервных процессов у воспитанниц российского учреждения к концу младшего школьного возраста. Однако по остальным показателям сенсомоторной интеграции – РДО, ВРР и ВРВ – достоверных расхождений не зафиксировано (p>0,05), что позволяет констатировать сопоставимость механизмов произвольной регуляции и принятия решений у детей-сирот обеих стран. Аналогичная тенденция прослеживается в показателях внимания и помехоустойчивости (p>0,05), подтверждая высокую степень гомогенности функционального статуса данного контингента.

Таблица 5

Сравнительная характеристика морфофункциональных показателей детей 8-10 лет (мальчики (м) и девочки (д)) из детского дома, г. Азов (РФ), и детского социального приюта «Сянья», г. Чанша (КНР)

Возраст	8 лет		9 лет		10 лет	
	м	д	м	д	м	д
Длина, см	0,31	0,37	0,32	0,28	0,40	0,34
Масса, кг	0,39	0,37	0,37	0,22	0,36	0,14
Массо-ростовой индекс, г/см	0,25	0,28	0,18	0,07	0,50	0,42
Окружность грудной клетки, см	0,29	0,59	0,29	0,36	0,20	0,32
ПЗМР, мс	0,32	0,23	0,41	1,61	1,14	2,12*
РДО, мс	0,23	0,45	0,29	0,99	0,77	0,70
ВРР, мс	0,29	0,17	0,20	0,19	0,10	0,10
ВРВ, мс	0,20	0,16	0,15	0,21	0,18	0,42
Оценка внимания, мс	1,00	1,41	0,28	1,26	0,60	0,75
Помехоустойчивость, мс	0,32	0,53	0,24	0,29	0,48	0,34

Примечание: ПЗМР – простая зрительно-моторная реакция; РДО – реакция на движущийся объект; ВРР – время реакции различения; ВРВ – время реакции выбора; * – различия статистически значимы при p<0,05.

Анализ различий между исследуемыми детьми в Российской Федерации (табл. 6) показывает, что фактор социальной среды оказывает влияние преимущественно на соматические показатели. У учащихся гимназии № 18 (г. Краснодар) масса тела и массо-ростовой индекс достоверно выше по сравнению с воспитанниками Азовского центра во всех возрастно-половых группах (p<0,05), за исключением массы тела у детей 10 лет. В частности, у мальчиков 8 лет массо-ростовой индекс составил 223,0±5,8 г/см у воспитанников центра и у гимназистов 245,8±5,5 г/см (p<0,05). При этом функциональные показатели ЦНС (ПЗМР, РДО, ВРР, ВРВ, характеристики внимания) у детей из семьи и детей-сирот в российской выборке статистически не различаются (p>0,05). Это свидетельствует об эффективности педагогического сопровождения в Азовском центре, позволяющего компенсировать риски функционального отставания, несмотря на различия в физическом развитии.

Иная картина наблюдается при сравнении детей в учреждениях Китайской Народной Республики (табл. 7). Здесь различия затрагивают не только морфологический, но и функциональный статус. Дети из семей (школа «Фэншушань») «превосходят» воспитанников приюта «Сянья» по массе тела и массо-ростовому индексу, особенно в возрасте 8-9 лет (p<0,05). В отличие от российской выборки, в китайской популяции выявлены существенные различия в нейродинамике: время

ПЗМР достоверно меньше у школьников из семей по сравнению с сиротами (у мальчиков 9 лет – t=2,49, у девочек 9 лет – t=2,79, у девочек 10 лет – t=2,73; p<0,05-0,01). Также у мальчиков 10 лет из приюта отмечено достоверное ухудшение показателей оценки внимания (328,7±9,8 мс против 301,6±7,9 мс в школе, p<0,05). Это указывает на то, что в условиях китайского социального приюта дефицит сенсорной стимуляции оказывает более выраженное негативное влияние на подвижность нервных процессов и когнитивный контроль, чем в российском учреждении.

Таблица 6

Сравнительная характеристика морфофункциональных показателей детей 8-10 лет (мальчики (м) и девочки (д)) из детского дома, г. Азов (РФ), и общеобразовательных учреждений гимназии № 18, г. Краснодар (РФ)

Возраст	8 лет		9 лет		10 лет	
	м	д	м	д	м	д
Длина, см	0,44	0,38	0,34	0,39	0,36	0,31
Масса, кг	3,98*	3,16*	3,71*	3,10*	1,55	1,99
Массо-ростовой индекс, г/см	2,85*	3,55*	2,68*	3,24*	3,45*	2,85*
Окружность грудной клетки, см	0,76	0,94	0,62	0,88	0,66	0,54
ПЗМР, мс	0,73	0,45	1,26	0,65	0,56	0,12
РДО, мс	0,72	0,26	1,00	0,39	0,67	0,36
ВРР, мс	0,70	0,17	1,04	0,24	0,86	0,46
ВРВ, мс	0,77	0,32	0,26	0,34	0,79	0,84
Оценка внимания, мс	0,17	0,71	0,11	0,31	0,44	1,04
Помехоустойчивость, мс	0,86	0,15	0,80	0,07	0,54	1,38

Примечание: ПЗМР – простая зрительно-моторная реакция; РДО – реакция на движущийся объект; ВРР – время реакции различения; ВРВ – время реакции выбора; * – различия статистически значимы при p<0,05.

Таблица 7

Сравнительная характеристика морфофункциональных показателей детей 8-10 лет (мальчики (м) и девочки (д)) из детского социального приюта «Сянья», г. Чанша (КНР), и начальной школы «Фэншушань», г. Чанша (КНР)

Возраст	8 лет		9 лет		10 лет	
	м	д	м	д	м	д
Длина, см	0,45	0,66	0,49	0,42	0,55	0,65
Масса, кг	3,88*	2,26*	1,84	1,72	1,28	1,12
Массо-ростовой индекс, г/см	4,12*	2,93*	1,99	1,74	2,01	1,18
Окружность грудной клетки, см	1,00	1,38	0,79	0,62	0,64	0,65
ПЗМР, мс	1,32	0,75	2,49*	2,79*	1,89	2,73*
РДО, мс	1,12	0,86	1,27	1,87	0,91	1,03
ВРР, мс	0,63	0,24	1,03	0,41	1,15	0,71
ВРВ, мс	0,51	0,67	0,18	0,75	0,19	0,83
Оценка внимания, мс	1,72	1,60	0,86	1,58	2,15*	1,02
Помехоустойчивость, мс	0,63	0,66	1,02	0,58	1,41	0,36

Примечание: ПЗМР – простая зрительно-моторная реакция; РДО – реакция на движущийся объект; ВРР – время реакции различения; ВРВ – время реакции выбора; * – различия статистически значимы при p<0,05.

Сравнительный анализ данных между российским интернатом и китайской школой (табл. 8), а также китайским интернатом и российской школой (табл. 9) подтверждает выявленную закономерность: дети из семей, независимо от страны проживания, имеют преимущество в показателях физического развития (масса, массо-ростовой индекс) перед сверстниками из социальных учреждений. При этом в паре «приют Сянья – гимназия № 18» (табл. 9) зафиксирован значительный разрыв в функциональном состоянии: у российских школьниц время ПЗМР достоверно лучше, чем у воспитанниц китайского приюта в возрасте 9 и 10 лет ($p<0,05$ и $p<0,01$ соответственно).

Таблица 8

Сравнительная характеристика морфофункциональных показателей детей 8-10 лет (мальчики (м) и девочки (д)) из детского дома, г. Азов (РФ), и начальной школы «Фэншушань», г. Чанша (КНР)

Возраст	8 лет		9 лет		10 лет	
	м	д	м	д	м	д
Длина, см	0,23	0,20	0,16	0,20	0,17	0,16
Масса, кг	4,57*	2,01*	2,00	1,70	0,89	1,35
Массо-ростовой индекс, г/см	3,75*	2,57*	2,27*	2,10*	1,82	1,64
Окружность грудной клетки, см	0,52	0,94	0,61	0,41	0,37	0,37
ПЗМР, мс	0,96	0,23	0,61	0,80	0,80	0,01
РДО, мс	0,84	0,41	1,72	0,75	0,31	0,26
ВРР, мс	0,96	0,45	1,46	0,62	1,25	0,59
ВРВ, мс	0,74	0,45	0,35	0,49	0,40	0,42
Оценка внимания, мс	0,44	0,11	0,67	0,10	1,28	0,56
Помехоустойчивость, мс	0,34	0,01	0,81	0,24	0,80	0,07

Примечание: ПЗМР – простая зрительно-моторная реакция; РДО – реакция на движущийся объект; ВРР – время реакции различения; ВРВ – время реакции выбора; * – различия статистически значимы при $p<0,05$.

Таблица 9

Сравнительная характеристика морфофункциональных показателей детей 8-10 лет (мальчики (м) и девочки (д)) из детского социального приюта «Сянья», г. Чанша (КНР), и общеобразовательных учреждений гимназии № 18, г. Краснодар (РФ)

Возраст	8 лет		9 лет		10 лет	
	м	д	м	д	м	д
Длина, см	0,59	0,81	0,69	0,56	0,78	0,87
Масса, кг	2,91*	3,36*	2,62*	1,71*	1,95	0,63
Массо-ростовой индекс, г/см	3,19*	4,29*	2,24*	2,41*	3,28*	2,10*
Окружность грудной клетки, см	1,26	1,35	0,77	0,97	1,08	0,88
ПЗМР, мс	1,08	1,02	1,87	2,22*	1,67	2,85*
РДО, мс	0,98	0,75	0,65	1,46	1,26	1,12
ВРР, мс	0,38	0,02	0,69	0,03	0,76	0,57
ВРВ, мс	0,56	0,51	0,44	0,10	0,59	0,37
Оценка внимания, мс	1,38	0,83	0,39	1,15	0,23	1,66
Помехоустойчивость, мс	1,26	0,81	1,01	0,44	1,14	1,82

Примечание: ПЗМР – простая зрительно-моторная реакция; РДО – реакция на движущийся объект; ВРР – время реакции различения; ВРВ – время реакции выбора; * – различия статистически значимы при $p<0,05$.

Заключительным этапом стало сопоставление двух общеобразовательных учреждений: школы «Фэншушань» (КНР) и гимназии № 18 (РФ) (табл. 10). Анализ показал минимальное количество различий, что свидетельствует об универсальности морфофункционального развития детей в благоприятных социальных условиях. По всем морфологическим параметрам и большинству функциональных проб (ПЗМР, РДО, ВРР, ВРВ) группы статистически однородны ($p>0,05$). Локальные различия выявлены лишь в когнитивных пробах у детей 10 лет: китайские мальчики показали лучшее время в тесте на оценку внимания (301,6±7,9 мс против 325,8±8,2 мс, $p<0,05$), а российские девочки продемонстрировали более высокую помехоустойчивость (355,4±8,1 мс против 378,9±8,1 мс, $p<0,05$). Данные особенности, вероятно, отражают специфику образовательных программ и подходов к тренировке когнитивных навыков в двух странах.

Таким образом, результаты исследования показывают, что определяющим фактором морфофункционального статуса младших школьников является не этническая принадлежность, а социальные условия воспитания. Дети-сироты в обеих странах характеризуются сниженными весоростовыми показателями. Однако функциональное отставание (снижение лабильности нервных процессов и внимания) более выражено у воспитанников китайского социального приюта, тогда как у российских сирот нейродинамические показатели приближены к уровню сверстников из семей.

Таблица 10

Сравнительная характеристика морфофункциональных показателей детей 8-10 лет (мальчики (м) и девочки (д)) по данным начальной школы «Фэншушань», г. Чанша (КНР), и гимназии № 18, г. Краснодар (РФ)

Возраст	8 лет		9 лет		10 лет	
	м	д	м	д	м	д
Длина, см	0,20	0,23	0,18	0,20	0,17	0,19
Масса, кг	0,47	0,86	0,33	0,35	0,77	0,94
Массо-ростовой индекс, г/см	0,85	0,01	0,16	0,41	0,60	0,55
Окружность грудной клетки, см	0,28	0,16	0,20	0,09	0,24	0,08
ПЗМР, мс	0,24	0,40	0,61	0,03	0,25	0,13
РДО, мс	0,05	0,17	0,58	0,37	0,24	0,10
ВРР, мс	0,26	0,30	0,38	0,42	0,42	0,14
ВРВ, мс	0,12	0,11	0,78	1,04	0,48	1,28
Оценка внимания, мс	0,32	0,90	0,58	0,51	2,13*	0,01
Помехоустойчивость, мс	0,35	0,21	0,03	0,23	0,37	2,05*

Примечание: ПЗМР – простая зрительно-моторная реакция; РДО – реакция на движущийся объект; ВРР – время реакции различения; ВРВ – время реакции выбора; * – различия статистически значимы при $p<0,05$.

Заключение. Проведенное сравнительное обследование 366 детей 8-10 лет (общеобразовательные учреждения г. Краснодара и г. Чанша; социальные учреждения интернатного типа г. Азова и г. Чанша) в начале учебного года позволило комплексно охарактеризовать морфологические и функциональные маркеры состояния ЦНС в зависимости от страны и социальных условий воспитания. Установлено, что при межстрановом сопоставлении воспитанников социальных учреждений (РФ и КНР) морфологические показатели статистически однородны, а различия по функциональным параметрам носят единичный характер. Достоверное преимущество по времени ПЗМР отмечено лишь у девочек 10 лет из Азовского центра по сравнению с девочками из приюта «Сянья».

Анализ показал, что в Российской Федерации фактор семейного воспитания преимущественно ассоциирован с более

высокими показателями массы тела и массо-ростового индекса при отсутствии достоверных различий по функциональным параметрам, вниманию и помехоустойчивости между детьми из семьи и воспитанниками социального учреждения. В Китайской Народной Республике, напротив, различия между школьниками из семьи и воспитанниками приюта затрагивают не только соматический статус, но и нейродинамические характеристики (прежде всего ПЗМР), а также отдельные показатели внимания, что указывает на более выраженную уязвимость функциональной готовности к учебной деятельности у детей, проживающих в условиях социальной депривации. Сопоставление двух общеобразовательных школ (РФ и КНР) выявило минимальные расхождения по большинству изученных параметров, при этом локальные отличия отмечены у 10-летних детей в более «высоких» когнитивных пробах (внимание и помехоустойчивость).

В целом полученные данные обосновывают положение о ведущей роли социальных условий воспитания (семья/социальное учреждение) в формировании морфофункционального статуса младших школьников при значительно меньшем вкладе этнокультурного фактора. Практическая значимость результатов заключается в целесообразности раннего скрининга сенсомоторной интеграции и характеристик внимания у воспитанников социальных учреждений, а также в необходимости разработки адресных программ физического воспитания и психолого-педагогического сопровождения, направленных на повышение лабильности нервных процессов и устойчивости произвольной регуляции. Перспективными направлениями следует считать лонгитюдное наблюдение в течение учебного года и экспериментальную оценку эффективности коррекционно-развивающих физкультурно-оздоровительных технологий в сопоставимых условиях образовательной среды.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов, А.А. Состояние здоровья детей России, приоритеты его сохранения и укрепления / А.А. Баранов, В.Ю. Альбицкий // Казанский медицинский журнал. – 2018. – Т. 99. – № 4. – С. 698-705.
2. Популяционное здоровье детского населения, риски здоровью и санитарно-эпидемиологическое благополучие обучающихся: проблемы, пути решения, технологии деятельности / В.Р. Кучма, Л.М. Сухарева, И.К. Рапопорт [и др.] // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96. – № 9. – С. 990-995.
3. Spatio-temporal pattern and its influencing factors of children multidimensional poverty in China / P. Cai, X. Wang, Y. Yan, Y. Zhang // Acta Geographica Sinica. – 2021. – Vol. 76. – No 10. – P. 2551-2567.
4. Гончарова, Г.А. Характеристика нервно-психического здоровья школьников 3-8-х классов в динамике их обучения / Г.А. Гончарова, Д.С. Наждин // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. – 2012. – № 1. – С. 20-26.
5. Попов, В.И. Состояние здоровья и физическая активность детей в период обучения в школе / В.И. Попов, Т.Л. Настаушева, О.А. Жданова // Здравоохранение Российской Федерации. – 2021. – Т. 65. – № 3. – С. 238-244.
6. Зрительно-моторные реакции как индикатор функционального состояния центральной нервной системы / Ю.П. Игнатова, И.И. Макарова, К.Н. Яковлева, А.В. Аксенова // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2019. – № 3. – С. 38-51. DOI: 10.34014/2227-1848-2019-3-38-51.
7. Proportion of children meeting recommendations for 24-hour movement guidelines and associations with adiposity in a 12-country study / B. Roman-Viñas, J.-P. Chaput, P.T. Katzmarzyk [et al.] // International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity. – 2016. – Vol. 13. – No. 1. – P. 123. DOI: 10.1186/s12966-016-0449-8.
8. Основные закономерности морфофункционального развития детей и подростков в современных условиях / А.А. Баранов, В.Р. Кучма, Н.А. Скоблина [и др.] // Вестник Российской академии медицинских наук. – 2012. – № 12. – С. 35-40.
9. Барабанов, Р.Е. Социально-психологическая характеристика воспитанников детских домов / Р.Е. Барабанов, Е.А. Мокеева // Вестник Российского нового университета. Серия: Человек в современном мире. – 2022. – № 4. – С. 3-11.
10. Буткус, Ю.П. Психологические особенности детей, оставшихся без попечения родителей, воспитывающихся в замещающих семьях / Ю.П. Буткус, О.В. Калашникова // Ученые записки НТГСПИ. Серия: Педагогика и психология. – 2024. – № 2. – С. 32-39.
11. Ральникова, И.А. Психологическое здоровье и жизненные перспективы личности / И.А. Ральникова // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. – 2019. – №4(15). – С. 121-126.

REFERENCES

1. Baranov A.A., Albitsky V.Yu. Health status of children in Russia, priorities for its preservation and improving. *Kazan medical journal*, 2018, vol. 99, no. 4, pp. 698-705. (in Russ.)
2. Kuchma V.R., Sukhareva L.M., Rapoport I.K. et al. Population health of children, risks to health and sanitary and epidemiological wellbeing of students: problems, ways of solution and technology of the activity. *Hygiene and Sanitation*, 2017, vol. 96, no. 9, pp. 990-995. (in Russ.)
3. Cai P., Wang X., Yan Y., Zhang Y. Spatial-temporal dynamics of multidimensional child poverty in China and its formation factors. *Acta Geographica Sinica*, 2021, vol. 76, no. 10, pp. 2551-2567. (in Russ.)
4. Goncharova G.A., Nadezhdin D.S. Characteristic of nervous and mental health of schoolchildren in their training dynamics. *Problems of school and university medicine and health*, 2012, no. 1, pp. 20-26. (in Russ.)
5. Popov V.I., Nastausheva T.L., Zhdanova O.A. Health status and physical activity of children during education at school. *Health care of the Russian Federation*, 2021, vol. 65, no. 3, pp. 238-244. (in Russ.)
6. Ignatova Yu.P., Makarova I.I., Yakovleva K.N., Aksenova A.V. Visual-motor reactions as an indicator of CNS functional state. *Ulyanovsk Medical-Biological Journal*, 2019, no. 3, pp. 38-51. DOI: 10.34014/2227-1848-2019-3-38-51. (in Russ.)
7. Roman-Viñas B., Chaput J.-P., Katzmarzyk P.T. Proportion of children meeting recommendations for 24-hour movement guidelines and associations with adiposity in a 12-country study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 2016, vol. 13, no. 1, p. 123. DOI: 10.1186/s12966-016-0449-8.
8. Baranov A.A., Kuchma V.R., Skoblina N.A. et al. The main mechanisms of morphofunctional development of children and adolescents in modern conditions. *Annals of the Russian academy of medical sciences*, 2012, no. 12, pp. 35-40. (in Russ.)
9. Barabanov R.E., Mokeeva E.A. Sociopsychological characteristics of children from orphanages. *Vestnik of the Russian New University. The series "Man in the Modern World"*, 2022, no. 4, pp. 3-11. (in Russ.)
10. Butkus Yu.P., Kalashnikova O.V. Psychological characteristics of children left without parental care, raised in substitute families. *Scientific Notes of NTSSPI. Series: Pedagogy and Psychology*, 2024, no. 2, pp. 32-39. (in Russ.)
11. Ralnikova I.A. Psychological health and life prospects of a person. *Health, Physical Culture and Sports*, no. 4(15), pp. 121-126. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Вэньцзе Цзян – аспирант, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар, e-mail: alexanyancwenjie@mail.ru.

Гайк Дереникович Алексанянц – проректор по научно-исследовательской работе, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар, e-mail: alexanyanc@mail.ru.

Андрей Валерьевич Волков – директор, Гимназия № 18 имени Героя Советского Союза Анатолия Березового, Краснодар. e-mail: school18@kubannet.ru.

Елена Александровна Байер – заведующая кафедрой социальных и спортивных педагогических технологий, Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону; директор Азовского центра помощи детям, Азов, e-mail: elenabaier@list.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Wenjie Jiang – Postgraduate Student, Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar, e-mail: alexanyancwenjie@mail.ru.

Gajk D. Aleksanyants – Vice-Rector for Research, Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar, e-mail: alexanyanc@mail.ru.

Andrej V. Volkov – Director, Gymnasium No. 18 named after the Hero of the Soviet Union Anatoly Berezovoy, Krasnodar, e-mail: school18@kubannet.ru.

Elena A. Bayer – Head of the Department of Social and Sports Pedagogical Technologies, Don State Technical University, Rostov-on-Don; Director, Azov Children's Aid Center, Azov, e-mail: elenabaier@list.ru.

Для цитирования: Сравнительный анализ морфофункциональных показателей детей-сирот и детей, воспитывающихся в семье, в начале учебного года / Вэньцзе Цзян, Г.Д. Алексанянц, А.В. Волков, Е.А. Байер // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_31

For citation: Jiang Wenjie, Aleksanyants G.D., Volkov A.V., Bayer E.A. Comparative analysis of morphofunctional indicators of orphaned children and children raised in families at the beginning of the academic year. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_31

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_32
УДК 371.134

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_32
UDC 371.134

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЛКОЙ МОТОРИКИ И МАСТЕРСТВА ИГРЫ НА ГИТАРЕ

Д.С. Четвериков, А.А. Померанцев
Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образование «Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского», г. Липецк, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Исследование направлено на выявление взаимосвязи между уровнем развития мелкой моторики и техническим мастерством игры на гитаре с целью поиска объективных критериев для совершенствования обучения. ***Методы.*** Мелкая моторика десяти гитаристов была оценена с помощью системы «Фингерфит». Их исполнительское мастерство оценено экспертами. Для анализа данных использовались корреляционный анализ и коэффициент конкордации Кендалла. ***Результаты.*** Обнаружена сильная статистически значимая обратная корреляция между количеством моторных ошибок, уровнем энтропии и всеми оценками качества игры. ***Заключение.*** Установлено, что развитая мелкая моторика, характеризуемая низким числом ошибок и высокой согласованностью движений, является определяющим фактором исполнительского мастерства.
Ключевые слова: мелкая моторика, гитара, техническое мастерство, фингерфит, исполнительство, мелкомоторная координация.

THE RELATIONSHIP BETWEEN FINE MOTOR SKILLS AND GUITAR PERFORMANCE MASTERY

D.S. Chetverikov, A.A. Pomerantsev
Lipetsk State Pedagogical University, Lipetsk, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The research aims to identify the relationship between the level of development of fine motor skills and the technical skill of playing the guitar in order to find objective criteria for learning improvement. ***Methods.*** The fine motor skills of 10 guitarists were assessed using the Fingerfit system. Their performing skills were evaluated by experts according to three criteria. Correlation analysis and Kendall's concordance coefficient were used to analyze the data. ***Results.*** A strong statistically significant inverse correlation was found between the number of motor errors, the level of entropy, and all game quality scores. ***Conclusion.*** It has been established that developed fine motor skills, characterized by a low number of errors and high coordination of movements, is a determining factor in performing skills.
Keywords: fine motor skills, guitar, technical skill, FingerFit, performance, fine motor coordination.

Введение. Гитарист-виртуоз тратит долгие годы, чтобы добиться совершенного овладения инструментом и мастерского исполнения технически сложных произведений. Достижение пиковой формы для исполнения на серьезном уровне требует интеллектуальных и физических усилий, в первую очередь направленных на формирование навыков игры.

Мелкая моторика представляет собой совокупность скоординированных действий нервной, мышечной и костной систем, часто в сочетании со зрительной системой в выполнении мелких и точных движений кистями и пальцами рук и ног [1].

Известно, что по силе мышц-сгибателей пальцев музыканты превосходят людей, не занимающихся игрой на музыкальных инструментах [2, 3]. Когнитивная активность музыкантов затрагивает участки мозга, связанные с мелкомоторной деятельностью [4].

В работе [5] выявлено, что игра на гитаре может рассматриваться как средство развития мелкой моторики, в то же время в научной литературе недостаточно информации как уровень мелкой моторики влияет на исполнительское мастерство.

Актуальность нашего исследования обусловлена необходимостью поиска объективных факторов, определяющих развитие технического мастерства музыкантов-гитаристов. В настоящее время процесс обучения часто опирается на субъективные оценки педагога.

Цель исследования – определение взаимосвязи между уровнем развития мелкой моторики и качеством игры на гитаре.

Гипотеза исследования: при игре на гитаре развитая мелкомоторная координация является базовым условием для качественного владения инструментом.

Методы и организация исследования. *Методы исследования:* анализ литературы, тестирование мелкой моторики, метод экспертных оценок, методы математико-статистической обработки данных (корреляционный анализ, расчет конкордации).

Анализ литературы. Было проанализировано 15 литературных источников, из которых 10 на иностранном языке. Нами использованы наукометрические базы данных и электронные библиотеки.

Тестирование мелкой моторики проведено с помощью компьютерной системы «Фингерфит». Метод позволил объективно измерить у 10 гитаристов ключевые параметры: количество моторных ошибок, уровень энтропии, временные показатели, латеральную асимметрию и скорость обработки информации.

Метод экспертных оценок использован для оценки качества игры на гитаре. Три независимых эксперта-преподавателя оценили исполнение участников по 10-бальной шкале по трем критериям: скорость и точность исполнения, владение различными техниками игры, координация рук и пальцев.

Методы математико-статистической обработки данных для проверки степени согласованности оценок, данных экспертами, применен расчет конкордации Кендалла. Для выявления силы и направленности статистических связей между объективными показателями мелкой моторики и интегральными оценками исполнительского мастерства использован корреляционный анализ по коэффициентам Пирсона и Спирмена.

Организация исследования. В исследовании приняли участие 10 гитаристов (правшей) разного уровня подготовки и различного возраста. Для объективной оценки мелкой моторики применялась компьютерная система Фингерфит (версия «Ладошки-FF»). Уровень сложности для тестирования всех участников исследования был одинаковый – 10.

Тестирование мелкой моторики (мелкомоторной координации). Фингерфит – это система упражнений для пальцев рук, а также для развития мелкой моторики, координации и независимости пальцев. Данная методика позволяет с математической точностью измерить широкий спектр параметров, таких как:

– количество успешных и неуспешных синергических действий для каждой руки;

– объем обработанной информации (в битах);

– временны́е показатели выполнения заданий;

– количество и тип ошибок (моторные, по пальцам);

– показатели двигательной энтропии, отражающие согласованность работы систем;

– латеральную асимметрию (разницу в работе правой и левой рук);

– когнитивные коэффициенты (аналитический/целостный способ обработки информации, «врабатываемость-утомляемость») [6].

Процедура тестирования по методике «Фингерфит» представляет собой процесс зрительно-моторной реакции, включающий зрительное восприятие жеста-команды, его мысленный анализ, построение зеркально-симметричного моторного ответа, его демонстрацию и автоматическую фиксацию. Результаты тестирования высчитываются программой на основе проверки обеих рук. Правильность жеста определяется на основе компьютерного зрения.

Тестирование качества игры на гитаре. Качество владения инструментом оценивалось по трем ключевым критериям:

1. Скорость и точность игры: количество чисто (без погрешностей интонирования) извлеченных нот за фиксированный временной интервал (10 секунд). За основу было взято упражнение на последовательное хроматическое извлечение нот с помощью медиатора начиная от первого лада шестой струны, зажатого указательным пальцем. Далее второй лад зажимает средний палец, третий лад – безымянный, четвертый – мизинец, после чего переходим

на пятую струну и продолжаем звукоизвлечение по той же схеме вплоть до четвертого лада первой (самой тонкой) струны. Затем кисть смещается на один лад и мизинец зажимает пятый лад первой струны. После этого упражнение играется в обратную сторону: пятый лад – мизинец, четвертый лад – безымянный, третий – средний, второй – указательный. Как только рука вернулась на исходную шестую струну, кисть снова сдвигается вправо и все начинается сначала, но уже от третьего лада. И так далее, пока не закончится время.

2. Владение техническими приемами: чистота и уверенность исполнения приемов баррэ и легато.

Баррэ – это прием прижатия струн, при котором указательный палец левой руки одновременно прижимает на одном ладу несколько струн или все струны. Испытуемым было предложено сыграть с помощью пальцевой техники «перебор» четыре аккорда баррэ подряд от шестой струны: F (фа мажор), Gm7 (соль минор септаккорд), Am (ля минор) и B7 (си септаккорд), последовательно, извлекая звук большим пальцем из шестой струны, указательным из третьей, средним из второй, безымянным из первой, затем снова средним из второй и указательным из третьей струны на каждом из аккордов.

Легато – плавное перетекание одного звука в другой без паузы между ними. В технике легато осуществляется попеременное использование приемов hammer-on (удар пальцем левой руки) и pull-off (срыв левой рукой). В качестве испытания для проверки качества владения данным приемом нужно было сыграть вверх и обратно гамму до-мажор первой октавы (от пятого лада на третьей струне) с помощью техники легато, извлекая правой рукой только начальный звук, а все остальные уже левой.

3. Координация рук и пальцев – согласованность одновременных действий обеих рук. Для оценки этого критерия использовалось упражнение попеременного ритмичного зажатия простых аккордов (Am, Dm, E) с помощью техники hammer-on и удара правой рукой с последующей заглушкой струн. Чтобы зафиксировать точность координации рук и пальцев использовался метроном с заданным темпом allegretto moderato (умеренно оживленно), при котором четверть равна 90. Музыкальный размер составлял две четверти, то есть два удара, первый из которых акцентированный. Соответственно, во время первого удара должен звучать аккорд, извлеченный левой рукой, а во время второго приглушенные струны.

Все участники эксперимента были в равных условиях и выполняли одни и те же упражнения. Экспертизу игры проводили 3 эксперта:

– эксперт №1 – выпускник института культуры и искусства Липецкого государственного педагогического университета имени П.П. Семенова-Тян-Шанского по направлению подготовки «Музыка и дополнительное образование» (в области музыкального искусства) 2022 года. Лауреат всероссийских музыкальных конкурсов «Symphony of Talents», «Ангелы Надежды», «Феерия», «Золотая Лира» и других. Преподаватель гитары, вокала и барабанов.

– эксперт №2 – выпускница Саратовского областного колледжа искусств по специальности «Инструментальное исполнительство (гитара)» 2019 года. Лауреат всероссийских и межрегиональных конкурсов, «Магия Искусства», «Под Созвездием С.В. Рахманинова» и других. Преподаватель Кочетовской детской школы искусств г. Мичуринска.

– эксперт №3 – выпускник Липецкого колледжа искусств им. К.Н. Игумного по классу «Классическая гитара», 2017 года. Лауреат всероссийских и межрегиональных конкурсов «Мечтай с музыкантофф», «Будущее начинается здесь» и других. Преподаватель гитары.

Результаты исследования и их обсуждение. В таблице 1 представлены баллы, выставленные экспертами для каждого из участников по трем критериям оценки.

Для оценки согласованности мнений экспертов был вычислен коэффициент конкордации Кендалла (W). Его значение составило W≈0,75, что указывает на высокую степень согласия между экспертами в оценке технических навыков гитаристов. Это подтверждает объективность используемых критериев и надежность полученных данных.

Таблица 1

Результаты экспертной оценки игры на гитаре, баллы

ФИ	Скорость и точность игры на инструменте			Владение различными техниками			Координация рук и пальцев		
	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3
С.В.	5	4	6	5	6	6	4	5	6
М.Д.	5	7	6	7	6	8	8	7	6
Н.Г.	3	4	5	5	4	6	4	3	5
Б.В.	6	5	7	7	6	5	6	7	8
М.К.	4	5	6	5	3	4	5	4	3
К.О.	4	6	5	5	4	6	4	5	6
М.И.	8	7	6	8	6	6	9	8	7
М.К.	5	6	4	6	4	5	3	5	5
Г.Г.	5	7	6	4	6	7	6	8	4
П.А.	5	7	7	7	9	8	7	8	9

Примечание: оценка производилась по 10-бальной шкале, где 10 – максимальная оценка.

Также для интегральной оценки исполнительского мастерства гитаристов был рассчитан усредненный показатель по каждому участнику на основе выставленных баллов, представленных в таблице 2.

Таблица 2

Результаты оценки мелкой моторики и качества игры на гитаре

ФИ	Фингерфит						Экспертные оценки, баллы		
	Ошибки, кол-во	Энтропия, бит	Время теста, с	Правша/левша	Асимметрия, %	Скорость обработки информации, бит/с	Скорость и точность	Техника	Координация
С.В.	13	73,2	133,9	левша	26,26	19,2	5	5,7	5
М.Д.	6	43,9	127,1	левша	13,15	20,2	6	7	7
Н.Г.	14	97,8	137,5	левша	38,6	18,7	4	5	4
Б.В.	8	82,9	150,8	левша	18,55	17,0	6	6	7
М.К.	14	112,6	131,2	правша	60,96	19,6	5	4	4
К.О.	17	141,5	125,9	правша	81,28	20,4	5	5	5
М.И.	5	27,7	106,0	левша	6,93	24,3	7	6,7	8
М.К.	14	118,8	133,5	левша	20,02	19,2	5	5	4,3
Г.Г.	7	70,6	129,5	левша	3,9	19,8	6	6	6
П.А.	3	46,8	130,3	левша	31,7	19,7	6,3	8	8

Для интерпретации результатов тестирования мелкой моторики мы использовали таблицу 3 с референсными значениями для уровня 10, основанную на данных более тысячи здоровых людей в возрасте 17-25 лет [7]. Это позволило наглядно оценить мелкую моторику в сравнении с показателями других пользователей системы Фингерфит.

Таблица 3

Референсные значения тестирования по версии «Ладошки-FF» [7]

Показатели	Среднее значение	Рекорд (лучший результат)	Процентиль пользователей				
			Плохо	Слабо	Средний уровень	Хорошо	Отлично
			0-20%	20-40%	40-60%	60-80%	80-100%
Время, с	312,8	88,7	>350	236-350	207-236	165-207	<165
Ошибки, кол-во	57,7	6	>78	50-78	30-50	19-30	<19
Энтропия, бит	517,0	42,2	>650	425-650	251-425	188-251	<188
Скорость, бит/с	12,0	29,0	<7	7-10	10-13	13-16	>16

Все гитаристы продемонстрировали высокую скорость выполнения моторных заданий, их результаты по времени (от 106,0 до 150,8 с) существенно быстрее среднестатистического значения (328,8 с) и попадают в категорию «отлично». Аналогичным образом скорость обработки информации у всех участников (от 17,0 до 24,3 бит/с) превышает пороговое значение для лучших 20% пользователей (16 бит/с), что указывает на высокую эффективность нейромоторной деятельности.

Корреляционный анализ. Для проверки статистической значимости выявленных взаимосвязей между параметрами мелкой моторики и экспертной оценкой исполнительского мастерства был проведен корреляционный анализ с использованием коэффициентов корреляции Пирсона и Спирмена (для экспертных оценок).

Анализ корреляционной матрицы, представленной в таблице 4, выявил ряд сильных статистически значимых взаимосвязей.

Таблица 4

Корреляционная матрица взаимосвязи показателей

Показатели	Ошибки, кол-во	Энтропия, бит	Время теста, с	Правша/левша	Скорость обработки информации, бит/с	Скорость и точность игры, баллы	Техника, баллы	Координация, баллы
Ошибки, кол-во	**1,00**							
Энтропия, бит	**0,90**	**1,00**						
Время теста, с	0,25	0,39	**1,00**					
Правша/левша	0,49	**0,58**	-0,22	**1,00**				
Скорость обработки информации, бит/с	-0,29	-0,44	**-0,99**	0,19	**1,00**			
Скорость и точность игры, баллы	**-0,94**	**-0,83**	-0,44	-0,29	0,49	**1,00**		
Техника, баллы	**-0,94**	**-0,90**	-0,27	-0,48	0,29	**0,88**	**1,00**	
Координация, баллы	**-0,88**	**-0,78**	-0,34	-0,30	0,39	**0,94**	**0,92**	**1,00**

Примечание: статистически значимые коэффициенты корреляции выделены полужирным шрифтом.

Критическое значение коэффициента на уровне значимости 0,05 для десяти испытуемых составляет 0,576. Таким образом, корреляционные связи с абсолютным значением коэффициента, превышающим данный порог, являются статистически значимыми и не могут быть объяснены случайным совпадением.

Наиболее выраженная отрицательная корреляция наблюдалась между количеством двигательных ошибок и интегральными оценками качества игры: скорость и точность исполнения (-0,94), владение различными техниками (-0,94) и координация рук и пальцев (-0,88). Это свидетельствует о том, что испытуемые, допустившие меньше

ошибок при выполнении моторных тестов, демонстрировали значительно более высокий уровень технического мастерства при игре на гитаре.

Схожая отрицательная корреляция была установлена между показателем энтропии и всеми тремя критериями исполнительства: скорость и точность исполнения (-0,83), владение различными техниками (-0,90) и координация рук и пальцев (-0,78). Поскольку энтропия отражает степень хаотичности и несогласованности в работе нервно-мышечной системы, ее низкие значения, означающие высокий уровень моторного контроля, являются важным условием для чистого и технически безупречного исполнения.

Что касается скорости обработки информации, то ее связь с качеством игры не достигла порога статистической значимости. Данный факт позволяет сделать вывод, что в контексте музыкального исполнительства высокая скорость обработки сенсомоторной информации является необходимым, но недостаточным условием для достижения мастерства. Качество игры в большей степени определяется не скоростью, а точностью и согласованностью движений, что отражается в низких значениях ошибок и энтропии.

Анализ данных позволяет выявить четкие закономерности. Испытуемые с низкими показателями моторного развития (высокое количество ошибок, высокая энтропия, значительные латеральная асимметрия) демонстрируют и более низкие результаты в игре на инструменте. Ярким примером является участник К.О., показавший наихудшие значения по количеству ошибок (17) и энтропии (141,5), что соотносится с низкими баллами по всем исполнительским критериям (5,5,5).

Напротив, участники с лучшими показателями моторного контроля (М.И., П.А.) продемонстрировали высшие результаты в технике игры. М.И., имеющая минимальную асимметрию (6,93%) и низкую энтропию (27,7), получила самые высокие баллы за координацию (8) и скорость и точность игры (7). П.А., совершивший наименьшее количество ошибок (93), показал лучший результат во владении техниками (8) и координации (8).

Также стоит отметить интересный факт, что программа тестирования мелкой моторики определяет большинство испытуемых как левшей, однако все они правши. Из этого можно сделать вывод, что систематическая нагрузка на руку, ответственную за сложнокоординированные движения при зажиме струн, стимулирует развитие соответствующих зон моторной коры и формирование новых нейронных связей. Таким образом, исполнительская практика целенаправленно развивает мелкую моторику недоминантной руки, нивелируя изначальную функциональную и двигательную асимметрию.

При сравнении результатов исследования мелкой моторики с референсными значениями ключевые различия проявились в анализе ошибок и энтропии. Наименьшее количество двигательных ошибок, зафиксированных у П.А. (3) и М.И. (5), соответствует оценке «отлично» и напрямую коррелирует с высшими баллами в технике игры, особенно в координации и владении приемами. Такие участники, как М.Д. (6), Г.Г. (7) и Б.В. (8), также показали отличные результаты, в то время как С.В., Н.Г., М.К. и М.К. (13-14) находятся на среднем уровне. К.О. (17) демонстрирует результат на границе среднего уровня, что согласуется с его относительно более низкими исполнительскими оценками.

Показатель энтропии, отражающий степень согласованности работы нервно-мышечной системы, у подавляющего большинства гитаристов оказался значительно ниже среднестатистического значения (517,0 бит). Наименьшую энтропию, а значит и наивысшую слаженность моторного контроля, показали М.И. (27,7 бит), М.Д. (43,9 бит) и П.А. (46,8 бит), что оценивается как «отлично». Результаты остальных испытуемых, за исключением К.О. (141,5 бит), чей показатель находится на верхней границе «хорошо», также стабильно находятся в зонах «хорошо» и «отлично».

Обобщая результаты корреляционного анализа, можно утверждать, что гипотеза исследования получила полное

статистическое подтверждение: уровень развития мелкой моторики напрямую и существенно влияет на качество игры на гитаре. Наиболее значимыми прогностическими параметрами качества исполнительства являются количество двигательных ошибок и показатель энтропии. Использование данных показателей в педагогической практике позволяет объективно оценивать и целенаправленно развивать необходимые для гитаристов способности. Такой подход открывает возможности для оптимизации учебного процесса и достижения высоких исполнительских результатов за счет индивидуального подхода к развитию моторики.

Заключение. В исследовании подтверждено прямое соотношение между уровнем развития мелкой моторики и качеством игры на инструменте. Чем ниже количество двигательных ошибок и уровень энтропии, тем выше уровень гитариста.

Ключевыми прогностическими параметрами качества исполнительства являются:

– количество двигательных ошибок, так как оно напрямую влияет на чистоту и безошибочность игры;

– энтропия, так как низкий показатель свидетельствует о высокой слаженности работы нервно-мышечной системы, что необходимо для сложнокоординированных действий музыканта;

– скорость обработки информации не показала статистической достоверности, что может говорить о компенсаторных механизмах, так как высокая скорость игры при большом количестве ошибок не приводит к качественному результату, в то время как средняя скорость при высоком контроле является более эффективной стратегией.

Таким образом, развитие мелкой моторики является не сопутствующим, а определяющим фактором технического мастерства гитариста. Полученные данные убедительно доказывают, что целенаправленная тренировка точности, согласованности движений пальцев с преодолением двигательной асимметрии является эффективным путем для достижения высоких исполнительских результатов. Внедрение подобных методик в учебный процесс может позволить оптимизировать подготовку музыкантов, обеспечивая индивидуальный подход к развитию их моторики.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лешкова, О.В. Влияние музыки на развитие мелкой моторики и координации движений у детей дошкольного возраста / О.В. Лешкова // Научно-технический прогресс как механизм развития современного общества: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (13 декабря 2023, г. Пермь). – Уфа: Аэтерна, 2023. – С. 74-77.
2. The impact of fine motor activities like playing musical instruments on the thickness and strength of the flexor digitorum muscle / C.I. Ioannou, F.L. Hodde-Chriske, M.N. Avraamides, E. Altenmüller // Journal of Occupational Medicine and Toxicology. – 2024. – P. 19-34. DOI: 10.1186/s12995-024-00430-9.
3. The Impact of Musical Training on Hand Biomechanics in String Musicians / S.L. Gorniak, E.D. Collins, K.G. Staines [et al.] // Hand. – 2018. – No. 14(6). – P. 823-829. DOI: 10.1177/1558944718772388.
4. Differences in cortical activity related to motor planning between experienced guitarists and non-musicians during guitar playing / D.J. Wright, P.S. Holmes, F. Di Russo [et al.] // Human Movement Science. – 2012. – No. 31(3). – P. 567-577. DOI: 10.1016/j.humov.2011.07.001.
5. Musical training improves fine motor function in adolescents / A. Berencsi, F. Gombos, P. Gervár [et al.] // Trends in Neuroscience and Education. – 2022. – No. 27. – P. 100176. DOI: 10.1016/j.tine.2022.100176.
6. Померанцев, А.А. Инновационный метод оценки мелкой моторики FINGERFIT на основе контроля двигательных ошибок с помощью компьютерного зрения / А.А. Померанцев // Актуальные проблемы адаптивной физической культуры: Материалы Международной научно-практической конференции, Омск, 15-16 февраля 2024 года. – Омск: Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, 2024. – С. 313-320.

7. Оценка мелкой моторики и когнитивных способностей у студентов педагогического вуза с помощью компьютерного приложения «Ладошки-FF» / А.А. Померанцев, В.Э. Беспяткин, О.А. Померанцева, С.В. Фаренбрух // Гуманитарные исследования Центральной России. – 2025. – № 3(36). – С. 43-51.

REFERENCES

1. Leshkova O.V. Influence of music on the development of fine motor skills and coordination of movements in preschool children. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation: Scientific and Technical Progress as a Mechanism for the Development of Modern Society (December 13, 2023, Perm). Ufa: Aeterna, 2023. pp. 74-77. (in Russ.)
2. Ioannou C.I., Hodde-Chriske F.L., Avraamides M.N., Altenmüller E. The impact of fine motor activities like playing musical instruments on the thickness and strength of the flexor digitorum muscle. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 2024, pp. 19-34. DOI: 10.1186/s12995-024-00430-9.
3. Gorniak S.L., Collins E.D., Staines K.G., Brooks F.A., Young R.V. The Impact of Musical Training on Hand Biomechanics in String Musicians. *Hand*, 2018, vol. 14(6), pp. 823-829. DOI: 10.1177/1558944718772388.
4. Wright D.J., Holmes P.S., Di Russo F., Loporto M., Smith D. Differences in cortical activity related to motor planning between experienced guitarists and non-musicians during guitar playing. *Human Movement Science*, 2012, vol. 31(3), pp. 567-577. DOI: 10.1016/j.humov.2011.07.001.
5. Berencsi A. Musical training improves fine motor function in adolescents. *Trends in Neuroscience and Education*, 2022, no. 27, p. 100176. DOI: 10.1016/j.tine.2022.100176.
6. Pomerantsev A.A. Innovative method for assessing fine motor skills “Fingerfit” based on motion error control via computer vision. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference: Actual Problems of Adaptive Physical Culture (Omsk, February 15-16, 2024). Omsk: Siberian State University of Physical Culture and Sport, 2024. pp. 313-320. (in Russ.)
7. Pomerantsev A.A., Bespyatkin V.E., Pomerantseva O.A., Farrenbrukh S.V. Assessment of fine motor skills and cognitive abilities among students of a pedagogical university using the computer application “Ladoshki-FF”. *Humanities Researchers of Central Russia*, no. 3(36), 2025, pp. 43-51. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Дмитрий Сергеевич Четвериков – аспирант кафедры физической культуры, физиологии и медико-биологических дисциплин, Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского, Липецк, e-mail: dasistpost@mail.ru.
Андрей Александрович Померанцев – кандидат педагогических наук, доцент кафедры физической культуры, физиологии и медико-биологических дисциплин, Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского, Липецк.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Dmitrij S. Chetverikov – Postgraduate student of the Department of Physical Culture, Physiology and Biomedical Disciplines, Lipetsk State Pedagogical University, Lipetsk, e-mail: dasistpost@mail.ru.
Andrej A. Pomerantsev – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Culture, Physiology and Biomedical Disciplines, Lipetsk State Pedagogical University, Lipetsk.

Для цитирования: Четвериков, Д.С. Взаимосвязь мелкой моторики и мастерства игры на гитаре / Д.С. Четвериков, А.А. Померанцев // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_32

For citation: Chetverikov D.S., Pomerantsev A.A. The relationship between fine motor skills and guitar performance mastery. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_32

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_33
УДК 796.332

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_33
UDC 796.332

ЭФФЕКТЫ ТРЕНИНГА РАЗНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КООРДИНАЦИОННЫХ СПОСОБНОСТЕЙ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ ПОДГОТОВКИ В ФУТБОЛЕ

И.Ю. Горская[1], И.В. Аверьянов[2], Э.В. Кладов[3]
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет физической культуры и спорта», г. Омск, Россия
[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», г. Москва, Россия
[3]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный университет путей сообщения», г. Омск, Россия

Аннотация. ***Введение.*** В ходе исследования проведен анализ динамики изменения показателей ведущих координационных способностей футболистов групп начальной подготовки, определены возможности акцентированного тренинга разных видов координационных способностей на этапе начальной подготовки. ***Методы:*** педагогическое тестирование (тесты, входящие в состав контрольно-переводных нормативов федерального стандарта подготовки по виду спорта «футбол», а также тесты для оценки специальной координационной подготовленности), психомоторное тестирование, анкетирование ведущих специалистов. В опытно-экспериментальной части исследования приняли участие 52 спортсмена мужского пола (начальный этап многолетней спортивной подготовки). ***Результаты.*** Проведено апробирование разработанной программы акцентированной координационной подготовки. Отличительными особенностями программы явились интенсификация координационной подготовки; сочетание узконаправленного и комплексного подходов при применении координационных средств разной направленности; расширение средств координационной подготовки. ***Заключение.*** Внедрение разработанной программы позволяет существенно повысить темпы развития ведущих координационных способностей, к которым отнесены: реагирующая, кинестетическая, ориентация в пространстве и сохранение равновесия.
Ключевые слова: координационные способности, футболисты, начальный этап спортивной подготовки, реагирующие способности, способности к ориентации в пространстве, двигательная точность.

EFFECTS OF TRAINING DIFFERENT INDICATORS OF COORDINATION ABILITIES AT THE INITIAL STAGE OF PREPARATION IN FOOTBALL

I.Yu. Gorskaya[1], I.V. Averyanov[2], E.V. Kladov[3]
[1]Siberian State University of Physical Education and Sports, Omsk, Russia
[2]Russian Biotechnological University, Moscow, Russia
[3]Omsk State University of Railway Engineering, Omsk, Russia

Abstract. ***Introduction***. The study analyzed the dynamics of changes in the indicators of the leading coordination abilities of football players in the initial training groups, and determined the possibilities of focused training of different types of coordination abilities at the initial training stage. ***Methods***: pedagogical testing (tests included in the control and transfer standards of the federal training standard for football, as well as tests for assessing special coordination fitness), psychomotor testing, a questionnaire of leading specialists. 52 male athletes took part in the experimental part of the study (the initial stage of long-term sports training). ***Results***. A pilot study of the developed program of focused coordination training was conducted. Distinctive features of the developed program included intensification of coordination training; a combination of focused and comprehensive approaches in the application of coordination tools of various types; an expansion of coordination training tools. ***Conclusion***. The implementation of the focused coordination training program significantly increases the rate of development of key coordination abilities, which include responsiveness, spatial orientation, kinesthetic abilities, and the ability to maintain balance.
Keywords: coordination abilities, football players, initial stage of sports training, reaction abilities, spatial orientation abilities, motor precision.

Введение. Футбол, являясь самым популярным видом спорта в мире и в нашей стране в том числе, привлекает значительное количество занимающихся в детском возрасте. Согласно федеральному стандарту, начальная спортивная подготовка в этом виде спорта соответствует возрасту 7-9 лет. Учитывая возрастные особенности контингента занимающихся, основное внимание целесообразно направить на развитие важных для успешности в этом виде спорта двигательных способностей, включая координационные способности, сенситивные периоды которых приходятся на младший школьный возраст. Вопросы координационной подготовки в футболе постоянно являются предметом интереса многочисленных отечественных и зарубежных исследователей [1-8]. Ряд исследований направлен на обоснование методик развития того или иного вида координационных способностей (ориентации в пространстве, кинестетических способностей и др.) [9-11]. Отдельные исследования посвящены взаимосвязи технической и координационной подготовленности футболиста [1, 6, 11]. Большинство работ затрагивают координационную подготовку спортсменов 10-14 лет, а также вопросы контроля и тренинга координационных способностей квалифицированных футболистов, что подчеркивает значимость этих способностей и их вклад в спортивную результативность футболиста [1, 3, 12]. Однако ввиду сложности и многокомпонентного состава координационных способностей до сих пор не сформировано единого мнения по поводу вопросов содержания координационной подготовки, этапов ее построения, соотношения средств, направленных на разные компоненты (виды) координационных способностей, перечня ведущих компонентов координационных способностей для этого вида спорта, а также возможности тренинга и ожидаемых приростов каждого из видов координационных способностей. В этой связи актуальным является получение информации о динамике приростов показателей разных видов координационных способностей в ходе их направленного развития на начальном этапе подготовки в футболе.

Цель исследования – анализ динамики прироста показателей ведущих координационных способностей на начальном этапе подготовки в футболе.

Материалы и методы исследования. В материалах статьи отражены отдельные результаты многолетних исследований, проводимых на базе Сибирского государственного университета физической культуры и спорта (кафедра естественно-научных дисциплин) с участием юных футболистов г. Омска (7-9 лет). Методы: педагогическое тестирование (тесты, входящие в состав контрольно-переводных нормативов федерального стандарта подготовки по виду спорта «футбол», а также тесты для оценки специальной координационной подготовленности [1, 2]), психомоторное тестирование (с использованием компьютерной программы «Спортивный психофизиолог» [13]), анкетирование ведущих специалистов (25 тренеров по футболу разных городов РФ), методы математической статистики. Обработка полученных данных 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. В опытно-экспериментальной части исследования участвовали 52 спортсмена мужского пола (начальный этап многолетней спортивной подготовки). Все тестовые испытания проводились в подготовительном периоде годичного цикла.

Результаты исследования и их обсуждение. Первая часть представленных в статье материалов исследования посвящена анализу динамики изменений показателей ведущих координационных способностей в течение 1, 2, 3 года начальной подготовки футболистов (по действующей программе спортивной подготовки от 2025 г.). К ведущим показателям из всего спектра координационных способностей отнесены показатели реагирующей способности, способности к ориентации в пространстве и сохранению равновесия, а также кинестетических способностей, отражающих двигательную

точность по пространственным и силовым параметрам движений. Данная информация получена в процессе анкетирования ведущих специалистов по футболу, а также подтверждена результатами проведенного корреляционного анализа (выявлены корреляции средней и высокой тесноты с показателями технической подготовленности, значения коэффициентов корреляции – от 0,550 до 0,800).

Анализ изменений результатов проведенного тестирования (в конце каждого года подготовки) свидетельствует о поступательной динамике (табл. 1), однако по большинству показателей приросты не превышают 10%, что приводит к заключению о недостаточной эффективности применяемых педагогических воздействий в отношении координационной подготовки, реализуемой в рамках типовой программы по виду спорта. По отдельным тестам результаты в течение второго года подготовки улучшились более значимо, чем в течение третьего года подготовки, то есть отмечается замедление приростов. По показателям реагирующих и темпоритмовых способностей достоверно значимых приростов не выявлено (кроме реакции слежения за движущимся объектом) (табл. 1). Анализ причин недостаточно высоких приростов в показателях координационных способностей юных футболистов в процессе занятий по типовой программе подготовки позволил выявить несколько факторов, лимитирующих развитие этих способностей, среди которых ограниченный состав средств, методов, методических приемов координационной подготовки, применяемых тренерами; низкая вариативность применяемых упражнений; использование преимущественно средств комплексного воздействия на разные виды координационных способностей (подвижные игры, эстафеты); нерегулярность и недостаточный объем времени, отводимого на координационную подготовку; отсутствие текущего и этапного контроля уровня координационной подготовленности.

Таблица 1

Динамика изменений показателей ведущих координационных способностей футболистов начального этапа подготовки (n=52)

Показатель	НП-1	НП-2	НП-3
ПЗМР (ведущ.нога), мс	485,5±64,5	475,8±53,5	460,5±58,6
ПСМР (ведущ.нога), мс	460,5±64,5	445,8±70,5	425,8±63,6
Реакция слежения, мс	210,5±24,5	180,5±23,5*	175,5±18,0≠
Воспроизведение заданной величины отрезков, ошибка, %	28,0±7,5	20,8±3,5*	18,5±4,0*≠
Воспроизведение ½ от макс. прыжка в длину, ошибка, см	15,0±3,5	12,8±3,9*	13,5±3,8
Воспроизведение ½ от макс. усилия на динамометре, ошибка, кг	5,5±1,5	4,0±2,5	4,5±2,0≠
Проба Ромберга, пяточно-носочная поза, с	58,0±16,5	65,4±14,5	70,5±16,0≠
Проба Ромберга, поза «Аист», с	3,5±1,5	4,5±2,5*	4,5±2,8
Теппинг-тест (ведущ.нога), max, кол-во раз за 10 с	25,0±7,0	28,0±7,5	28,5±6,0
Теппинг-тест (ведущ.нога), разница между max и min, кол-во раз	14,1±7,5	13,8±6,5	16,5±7,0
Ведение мяча между фишек с последующим ударом по воротам, с	7,5±1,9	6,6±1,5*	6,3±1,3*≠

Примечание: ПЗМР – простая зрительно-моторная реакция; ПСМР – простая слухомоторная реакция; НП-1 – 1 год начальной подготовки; НП-2 – 2 год начальной подготовки; НП-3 – 3 год начальной подготовки; * – достоверно значимые различия между показателями смежных годов подготовки; ≠ – достоверно значимые различия между показателями НП-1 и НП-3 ($p \leq 0,05$).

Следующим этапом исследования явилось апробирование разработанной программы акцентированной координационной подготовки, рассчитанной для применения в течение 2-го года начальной подготовки футболистов (длительность эксперимента –

7 мес.). Отличительными особенностями разработанной программы явились интенсификация координационной подготовки; сочетание узконаправленного и комплексного подходов при применении координационных средств разной направленности; расширение средств координационной подготовки за счет включения узконаправленных координационных упражнений различного уровня сложности, элементов спортивных игр, эстафет с элементами техники, упражнений с использованием координационной лестницы, упражнений на нестабильной поверхности, ситуационных заданий, заданий, развивающих помехоустойчивость. В программу включены средства общей и специальной направленности, по принципу постепенного увеличения доли специальных средств и усложнения применяемых упражнений и заданий. Целью эксперимента являлось определение эффективности разработанной программы и выявление степени «тренируемости» разных компонентов координационных способностей в возрасте 8-9 лет. Анализ результатов эксперимента позволил доказать эффективность разработанного подхода, что подтверждается сравнением показателей экспериментальной (ЭГ) и контрольной (КГ) групп (табл. 2, рис. 1). Достоверно значимые приросты выявлены как в ЭГ, так и в КГ, однако количество положительных изменений и их масштаб более выражены в ЭГ, то есть интенсификация и акцентированное воздействие на ведущие виды координационных способностей футболистов 8-9 лет позволяет существенно повысить эффективность подготовки.

Таблица 2

Показатели общих и специальных координационных способностей футболистов на разных этапах эксперимента (НП-2, n=46)

Показатель	ЭГ		КГ	
	До эксперимента	После эксперимента	До эксперимента	После эксперимента
ПЗМР (ведущ.нога), мс	479,0±53,5	440,5±66,0*	475,4±61,0	463,5±56,7
СЗМР слежения, мс	174,5±26,0	130,5±27,0*	169,0±24,2	148,5±24,2*≠
Воспроизведение величины отрезков, ошибка, %	20,8±3,5	14,8±4,0*	19,8±2,9	15,5±4,0*≠
Воспроизведение ½ от макс. прыжка в длину, ошибка, см	17,0±3,0	11,9±3,6*	16,8±3,0	13,9±2,9≠
Воспроизведение половины макс.усилия, ошибка, кг	4,0±2,5	3,2±2,0*	4,1±2,7	3,5±3,8≠
Проба Ромберга, пяточно-носочная поза, с	66,0±18,0	88,5±18,0*	65,4±14,5	76,5±15,9≠
Проба Ромберга, поза «Аист», с	4,6±1,9	7,3±4,8*	4,5±2,2	6,2±2,8*≠
Теппинг-тест (ведущ.нога), max, кол-во раз за 10 с	28,0±7,5	33,0±7,9	30,4±7,9	31,5±6,0
Ведение мяча между фишек с последующим ударом по воротам, с	6,6±1,7	6,0±1,3*	6,4±1,5	6,3±1,8≠
Жонглирование, кол-во	8,0±4,5	11,1±3,8*	8,1±4,9	9,8±4,5*
5 ударов по воротам 3х2 м после ведения мяча, кол-во попаданий	3,0±1,2	4,2±0,5*	3,2±0,9	4,0±0,5*
5 ударов по воротам 1х1 м с расстояния 8 м, кол-во попаданий	2,9±1,1	3,9±1,0*	2,9±1,1	3,2±0,9≠
Баланс на одной ноге с удержанием мяча на стопе, с	17,0±3,5	28,4±4,1*	20,0±2,9	24,4±4,1*≠

Примечание: ПЗМР – простая зрительно-моторная реакция; СЗМР – сложная зрительно-моторная реакция; ЭГ – экспериментальная группа; КГ – контрольная группа; * – достоверно значимые различия между показателями в одной выборке до и после эксперимента; ≠ – достоверно значимые различия между показателями в ЭГ и КГ после эксперимента ($p \leq 0,05$).

Следует отметить, что более выраженные приросты наблюдаются по показателям специальной координационной подготовленности (кроме результатов в сложных специальных тестах, требующих выполнения точных ударов после ведения мяча и точности ударов с большого расстояния), что отмечается как в КГ, так и в ЭГ, однако величина приростов в ЭГ значительно превышает значения приростов в КГ в тех же тестах. Это объясняется тем, что именно на втором году подготовки футболисты осваивают все типовые технические действия и начинают применять комбинации этих действий в игровой деятельности. Что касается общей координационной подготовленности, то высокие величины приростов выявлены по показателям способностей к равновесию, точности по пространственным параметрам движения. При этом показатели реагирующих и темпо-ритмовых способностей за период эксперимента изменились незначительно (достоверно значимых приростов не выявлено) (рис.). По-видимому, низкие приросты по отдельным компонентам координационных способностей связаны с двумя основными возможными причинами: во-первых, значительной генетической обусловленностью реагирующих и темпо-ритмовых способностей, а во-вторых, более поздними сенситивными периодами для их направленного развития. Это приводит к заключению о том, что уже на этапе отбора целесообразно выявлять перспективных спортсменов, имеющих высокий исходный уровень этих видов координационных способностей.

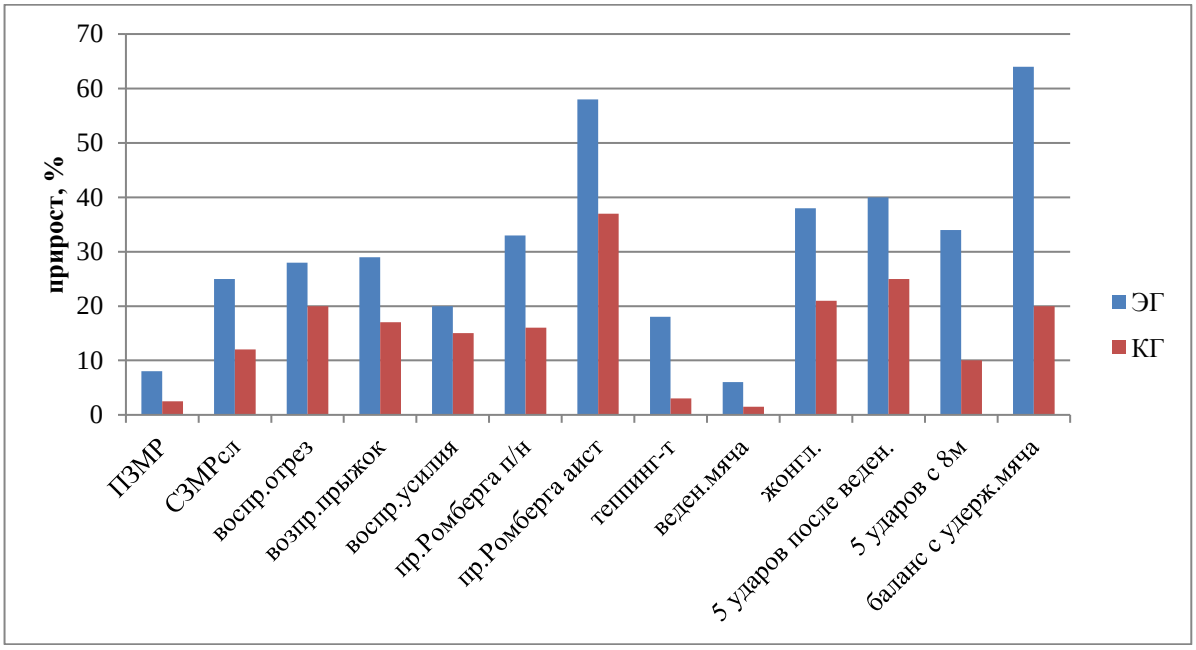


Рис. Величина прироста показателей координационных способностей футболистов групп НП-2 в ходе эксперимента

Примечание: ПЗМР – простая зрительно-моторная реакция; СЗМР – сложная зрительно-моторная реакция; ЭГ – экспериментальная группа; КГ – контрольная группа; НП-2 – 2 год начальной подготовки.

Заключение. Типовые подходы, реализуемые в физической подготовке футболистов групп НП 1-3 годов недостаточно эффективны в отношении развития ведущих координационных способностей. Внедрение программы акцентированной координационной подготовки, начиная со второго года НП, когда спортсмены освоили начальные технические действия, позволяет существенно повысить темпы развития ведущих координационных способностей, к которым отнесены показатели реагирующей способности, способностей к ориентации в пространстве и сохранению равновесия, кинестетических способностей. Результатом применения разработанной программы явились достоверно значимые приросты по большинству видов координационных

способностей у футболистов 8-9 лет в ЭГ, значительно превышающие аналогичные показатели в КГ. Величина приростов варьирует от 6 до 64%. Наиболее «тренируемыми» в возрасте 8-9 лет можно назвать способности к сохранению равновесия и способности к точности по пространственным параметрам движения. Перспективой дальнейшего использования результатов исследования является возможность применения полученных данных в практической деятельности тренеров для контроля и планирования координационной подготовки юных футболистов. Материалы исследования могут послужить основой дальнейших опытно-экспериментальных изысканий, направленных на сравнение данных с другими возрастными группами, видами спорта и т.д.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лях, В. Координационная тренировка в футболе / В. Лях, З. Витковски. – М.: Советский спорт. – 2010. – 216 с.
2. Губа, В.П. Тестирование и контроль подготовленности футболистов / В.П. Губа, А. Стула, А.Д. Скрипко. – М.: Спорт, 2016. – 220 с.
3. Антипов, А.В. Современные критерии отбора юных футболистов 9-10 лет в академию футбола / А.В. Антипов // Известия Тульского государственного университета. Физическая культура. Спорт. – 2020. – № 3. – С. 68-73.
4. Антипов, А.В. Система многолетней подготовки спортивного резерва в футбольных академиях: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Александр Викторович Антипов. – Мытищи, 2021. – 60 с.
5. Горская, И.Ю. Значимость координационной подготовки юных футболистов (проблемы и реалии практики) / И.Ю. Горская, Г.С. Баймаков, И.В. Аверьянов // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2020. – № 11(189). – С. 137-142.
6. Golle, K. Koordinative Fähigkeiten und Koordinationstraining im Sport / K. Golle, H. Mechling, U. Granacher // Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature. – 2019. – URL: https://www.researchgate.net/publication/332867516_Koordinative_Fahigkeiten_und_Koordinationstraining_im_Sport (дата обращения: 26.01.2025)
7. Rabbani, A. Fitness Monitoring in Elite Soccer Players: Group vs. Individual Analyses / A. Rabbani, M. Kargarfard, C. Twist // Journal of Strength and Conditioning Research. – 2020. – Vol. 34(11). – P. 3250-3257.
8. Simple and reliable protocol for identifying talented junior players in team sports using small-sided games / R.S. Wilson, A.H. Hunter, T.V. Camata [et al.] // Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. – 2021. – No. 31(8). – P. 1647-1656.
9. Методика повышения вестибулярной устойчивости у юных футболистов / Д. Багайоко, А.Ш. Мхд. Висам, Л.И. Костюнина [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – № 6(1). – С. 262-270.
10. Воронова, Е.К. Сравнительная характеристика развития специфических координационных способностей у юных пловцов и футболистов / Е.К. Воронова, В.С. Ершова // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6. – № 2(19). – С. 233-236.
11. Игнатушкин, Р.Г. Оценка уровня развития быстроты и координации юных футболистов / Р.Г. Игнатушкин // Проблемы и перспективы организации физиологического сопровождения занятий спортом и физической культурой. Сборник научных трудов молодых ученых. – Челябинск, 2022. – С. 93-96.
12. Дунаев, К.С. Координационная подготовка футболистов 10-11 лет на тренировочном этапе подготовки / К.С. Дунаев, С.А. Ярушин, А.В. Шергин // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация. – 2023. – Т. 8. – № 1. – С. 83-87.
13. Корягина, Ю.В. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ Аппаратно-программный комплекс «Спортивный психофизиолог» № 2010617789 / Ю.В. Корягина, С.В. Нопин // Программы для ЭВМ: (офиц. бюл.). – 2011. – № 1. – Ч.2. – С. 308.

REFERENCES

1. Lyakh V., Vitkovski Z. Coordination training in football. Moscow: Sovetskij sport, 2010. 216 p. (in Russ.)
2. Guba V.P., Stula A., Skripko A.D. Testing and control of football players' fitness. Moscow: Sport, 2016. 220 p. (in Russ.)

3. Antipov A.V. Modern criteria for selection of young football players of 9-10 years to the academy of football. *Izvestiya Tula State University. Physical Culture. Sport*, 2020, no. 3, pp. 68-73. (in Russ.)
4. Antipov A.V. System of long-term training of sports reserve in football academia: an author's abstract. Mytishchi, 2021. 60 p. (in Russ.)
5. Gorskaya I.Yu., Bajmakov G.S., Averyanov I.V. Importance of the coordination training of young football players (problems and realities of practice). *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2020, no. 11(189), pp. 137-142. (in Russ.)
6. Golle K., Mechling H., Granacher U. Koordinative Fähigkeiten und Koordinationstraining im Sport. Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature. 2019. Available at: https://www.researchgate.net/publication/332867516_Koordinative_Fahigkeiten_und_Koordinationstraining_im_Sport (accessed 26.01.2025) (in German)
7. Rabbani A., Kargarfard M., Twist C. Fitness Monitoring in Elite Soccer Players: Group vs. Individual Analyses. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2020, vol. 34, no. 11, pp. 3250-3257.
8. Wilson R.S., Hunter A.H., Camata T.V., Foster C.S.P., Sparkes G.R., Moura F.A., Santiago P.R.P., Smith N.M.A. Simple and reliable protocol for identifying talented junior players in team sports using small-sided games. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2021, no. 31(8), pp. 1647-1656.
9. Bagayoko D., Wisam Al Shikh Mkhd., Kostyunina L.I., Katenkov A.N. Methods of improving vestibular stability in young soccer players. *Modern Issues of Biomedicine*, 2022, no. 6(1), pp. 262-270. (in Russ.)
10. Voronova E.K., Ershova V.S. Comparative characteristics of the development of specific coordination abilities in young swimmers and soccer players. *Modern Issues of Biomedicine*, 2022, vol. 6, no. 2(19), pp. 233-236. (in Russ.)
11. Ignatushkin R.G. Assessment of the level of development of young football players. In the collection: Problems and prospects of organizing physiological support of sport and physical culture classes. Collection of scientific works of young scientists. Chelyabinsk, 2022. pp. 93-96. (in Russ.)
12. Dunaev K.S., Yarushin S.A., Sergin A.V. Coordination training of football players aged 10-11 at the training stage of preparation. *Physical culture. Sport. Tourism. Motor recreation*, 2023, vol. 8, no. 1, pp. 83-87. (in Russ.)
13. Koryagina Yu.V., Nopin S.V. Certificate for the official computer software registration. Hardware and software complex "Sports Psychophysiologist" No 2010617789. *Programmy dlya EVM: (ofic. byul.)*, 2011, no. 1, part 2. p. 308. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Инесса Юрьевна Горская – доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры естественно-научных дисциплин, Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Омск, e-mail: gorskaya.inessa@gmail.com.
Игорь Валерьевич Аверьянов – кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры физического воспитания и спорта, Российский биотехнологический университет, Москва.
Эдуард Владимирович Кладов – кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры физического воспитания и спорта, Омский государственный университет путей сообщения, Омск.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Inessa Yu. Gorskaya – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of the Department of Natural Sciences, Siberian State University of Physical Education and Sports, Omsk, e-mail: gorskaya.inessa@gmail.com.
Igor V. Averyanov – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Education and Sports, Russian Biotechnological University, Moscow.
Eduard V. Kladov – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Education and Sports, Omsk State University of Railway Engineering, Omsk.

Для цитирования: Горская, И.Ю. Эффекты тренинга разных показателей координационных способностей на начальном этапе подготовки в футболе / И.Ю. Горская, И.В. Аверьянов, Э.В. Кладов // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_33

For citation: Gorskaya I.Yu., Averyanov I.V., Kladov E.V. Effects of training different indicators of coordination abilities at the initial stage of preparation in football. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_33

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_34
УДК 796.085

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_34
UDC 796.085

КРИТЕРИИ СПЕЦИАЛЬНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ЮНЫХ ВОЛЕЙБОЛИСТОВ

А.Н. Корольков, И.В. Кисилева, Г.Г. Щеглов, Д.С. Марьин
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Государственный университет просвещения», г. Москва, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Совершение игровых действий в безопорном положении оказывает значительное влияние на результативность игры в современном волейболе, где частота их совершения достигает 80% от всех игровых действий. По этой причине определение информативных критериев прыжковой подготовленности волейболистов, в наибольшей степени влияющих на высоту съема мяча и учитывающих рост, техническую и скоростно-силовую подготовленность игроков, является важной актуальной задачей. ***Методы.*** Было проведено тестирование 42 юношей и 36 девушек – волейболистов массовых разрядов, занимающихся в секции волейбола спортивной школы «ПАХРА» г. Подольска Московской области. Средний возраст юношей составил 16,14±2,26 лет, девушек – 14,5±1,7 лет. ***Результаты.*** Определены информативные критерии прыжковой подготовленности юных волейболистов, в наибольшей степени влияющие на высоту съема мяча и учитывающие рост, техническую и скоростно-силовую подготовленность игроков. К этим показателям относятся результаты тестов в челночном беге, коротком спринте, прыжков в длину и в высоту с места. Выявлено, что отношение высоты прыжка с разбега к высоте прыжка с места не зависит от роста игрока и результатов скоростно-силовых тестов. Получены регрессионные уравнения, связывающие высоту съема мяча с ростом, результатом прыжка в длину с места и отношением результата прыжка в высоту с места и с разбега. ***Заключение.*** Определенные информативные показатели прыжковой подготовленности волейболистов, в наибольшей степени влияющие на высоту съема мяча и учитывающие рост, техническую и скоростно-силовую подготовленность, могут использоваться в практике в качестве критериев отбора и контроля специальной технической подготовленности игроков.
Ключевые слова: прыжковая подготовка, техника, скорость, рост, корреляция.

CRITERIA OF SPECIAL PHYSICAL AND TECHNICAL FITNESS OF YOUNG VOLLEYBALL PLAYERS

A.N. Korolkov, I.V. Kisileva, G.G. Shcheglov, D.S. Maryin
State University of Education, Moscow, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The performance of game actions in an unsupported position has a significant impact on the game's effectiveness in modern volleyball, where the frequency of their performance reaches 80% of all game actions. For this reason, the identification of informative criteria for jumping fitness of volleyball players, which have the greatest effect on the spike height, and take into account the growth, technical and speed-strength fitness of players is an important relevant task. ***Methods.*** The study included testing of 42 boys and 36 girls – volleyball players of mass categories engaged in the volleyball section of the Sports School "PAKHRA" in Podolsk, Moscow Oblast. The average age of boys was 16.14±2.26 years, the average age of girls – 14.5±1.7 years. ***Results.*** We have identified the informative criteria for jumping fitness of young volleyball players, which have the greatest effect on the spike height, and take into account the growth, technical and speed-strength fitness of the players. These indicators include test results in shuttle running, short sprint, standing long jump and high jump. It is determined that the ratio of the running jump's height to the standing jump's height does not depend on a player's height and the results of speed-strength tests. Regression equations were obtained relating the spike height with a player's height, the result of a standing long jump and the ratio of the result of a standing high jump and a running jump. ***Conclusion.*** Certain informative indicators of the jumping fitness of volleyball players, which most influence the spike height, and take into account growth, technical and speed-strength fitness, can be used in practice as criteria for selecting and monitoring the conditions of players according to special technical fitness.
Keywords: jump training, technique, speed, growth, correlation.

Введение. Прыжковая подготовленность игроков определяет до 90-95% результативных игровых действий над сеткой [1, 2], а высота прыжка и рост игрока – эффективность нападающих действий и блока. Прыгучесть и игровые действия в безопорном положении, частота совершения которых в современном профессиональном волейболе достигает 80% от всех игровых действий, имеют немаловажное значение при выполнении защитных действий, передачи и подачи в прыжке [3, 4].

Совершение игровых действий в безопорном положении и высота прыжка обеспечиваются разгибанием ног в сочленениях нижних конечностей в основном за счет работы бицепса бедра и мышц голени. Высота прыжка определяется начальной скоростью, которая зависит от времени контакта с опорной поверхностью при отталкивании, скоростью сокращений мышечных волокон соответствующих мышечных групп, направлением и амплитудой силы отталкивания [4, 5].

В соответствии с Федеральным стандартом спортивной подготовки по виду спорта «Волейбол» и нормативами общей и специальной физической подготовки для всех этапов спортивной подготовки контроль прыгучести подразумевает выполнение двух тестов: прыжок в длину и прыжок в высоту при одновременном отталкивании двумя ногами [3, 6]. При этом критерием общей и специальной физической подготовленности является абсолютная величина прыжка в длину и в высоту соответственно.

Очевидно, что эти показатели не в полной мере характеризуют рост, техническую и скоростно-силовую подготовленность игрока, которые в конечном счете определяют такой важный показатель атаки, как высота съема мяча с разбега.

Скоростно-силовую подготовленность и способность к перестроению движений в Федеральном стандарте спортивной подготовки характеризуют тесты: прыжок в длину с места, спринт на 30 и 60 м и челночный бег 5х6 м [6]. При этом результаты этих тестов имеют тесную взаимную линейную связь, т.е. в определенной мере дублируют друг друга.

Техническую составляющую прыжковой подготовленности можно определить, как отношение высоты прыжка с трех шагов к высоте прыжка с места. Этот коэффициент будет аналогом коэффициента усиления, характеризующим способность игрока преобразовывать горизонтальную скорость разбега в вертикальную скорость вылета. Чем больше этот коэффициент, тем лучше техническая подготовленность игрока. Подобный коэффициент применяется в барьерном беге в легкой атлетике и определяется как отношение скорости бега с препятствиями к скорости гладкого бега [7, 8]. Однако в этом случае этот коэффициент является аналогом коэффициента поглощения.

Цель исследования – определить информативные критерии прыжковой подготовленности волейболистов, в наибольшей степени влияющие на высоту съема мяча и учитывающие рост, техническую и скоростно-силовую подготовленность игроков.

Методы и организация исследования. Было проведено тестирование 42 юношей и 36 девушек – волейболистов массовых разрядов, занимающихся в секции волейбола спортивной школы олимпийского резерва «ПАХРА» (г. Подольск, Московская область). Средний возраст юношей составил 16,14±2,26 лет, средний рост – 182,2±7,4 см. У девушек эти показатели были равны 14,5±1,7 годам и 168,2±8,7 см.

В ходе тестирования измерялись: рост, длина тела с поднятой рукой, результаты челночного бега 5х6 м и бега на 30 м, результаты прыжка в длину с места, результаты прыжка в высоту с трех шагов (атака), результаты прыжка в высоту с места (блок), результаты наклона вперед в положении стоя на гимнастической скамье. Также оценивались результативность (точность) передач мяча сверху и снизу и результативность выполнения подач. Вычислялись высота прыжка вверх с места и с трех шагов, а также коэффициент прыжковой технической подготовленности как отношение разности результатов прыжка в высоту с трех шагов и с места к высоте прыжка с места.

Результаты измерений и вычислений сводились в электронные таблицы Excel и обрабатывались с использованием

статистических пакетов Stadia и SPSS Statistics. Уровень статистической значимости справедливости нулевых гипотез был принят равным 0,05.

С использованием критерия χ^2, примененного к выборочным данным метрических результатов тестирования, была установлена справедливость гипотезы «распределение не отличается от нормального». По этой причине в дальнейшем применялись параметрические методы статистических процедур. Применялись методы корреляционного (Пирсона), регрессионного и кластерного анализа данных. Для установления статистической значимости коэффициентов регрессионных моделей использовался F-критерий Фишера.

Результаты исследования и их обсуждение. Вычислялись коэффициенты корреляции Пирсона между результатами беговых и прыжковых тестов для юношей и девушек (табл. 1, 2).

Таблица 1

Корреляции Пирсона* между ростом и результатами беговых и прыжковых тестов (юноши, n=42)

Переменные	Рост	Прыжок в длину	Челн. бег	Блок	Атака	Бег 30 м
Рост, см	1	0,671	-0,598	0,909	0,870	-0,599
Прыжок в длину, см		1	-0,832	0,837	0,874	-0,756
Челн. бег, с			1	-0,783	-0,787	0,895
Блок, см				1	0,977	-0,743
Атака, см					1	-0,737
Бег 30 м, с						1

Примечание: * – критическое значение коэффициента корреляции с учетом поправки Бонферрони на множественные сравнения составило 0,45.

Таблица 2

Корреляции Пирсона* между ростом и результатами беговых и прыжковых тестов (девушки, n=36)

Переменные	Рост	Прыжок в длину	Челн. бег	Блок	Атака	Бег 30 м
Рост, см	1	0,497	-0,470	0,905	0,879	-0,527
Прыжок в длину, см		1	-0,822	0,740	0,783	-0,813
Челн. бег, с			1	-0,715	-0,748	0,908
Блок, см				1	0,982	-0,726
Атака, см					1	-0,774
Бег 30 м, с						1

Примечание: * – критическое значение с учетом поправки Бонферрони на множественные сравнения составило 0,48.

Как следует из данных таблицы 1, результаты всех тестов и рост спортсменов имеют тесную корреляционную связь. Так, результаты прыжка в длину связаны с результатами бега на 30 метров (коэффициент корреляции 0,76) и результатами челночного бега (0,83), а результаты спринта связаны с результатами челночного бега (0,90). Величины этих коэффициентов корреляции отражают взаимосвязь скорости одиночного и многократного движения. Также результаты прыжка в длину с места связаны с результатами прыжка в высоту с места и с разбега (0,83 и 0,87 соответственно).

Подобные зависимости наблюдаются и в результатах тестов девушек (табл. 2): результаты беговых и прыжковых тестов тесно связаны между собой. По этой причине в дальнейшем для установления критериев прыжковой подготовленности волейболистов в части оценки скоростно-силовой подготовленности можно выбрать результаты только одного теста, например, прыжка в длину с места, тем самым понизив размерность исходных данных и уменьшив их избыточность.

Также были рассчитаны коэффициенты корреляции отношения высоты прыжка с разбега L к высоте прыжка с места L_0 (атака/блок, L/L_0) с результатами скоростно-силовых тестов. Установлена справедливость гипотезы «коэффициент корреляции не отличается от нуля». Таким образом, можно утверждать, что отношение L/L_0

характеризует только техническую подготовленность игроков и является коэффициентом эффективности прыжковой технической подготовленности. Средний коэффициент для юношей был равен 1,38±0,12, для девушек – 1,30±0,15.

С использованием метода наименьших квадратов были получены уравнения регрессии для юношей (1) и девушек (2): высота съема мяча L_A от роста игрока H, результата прыжка в длину с места J и коэффициента технической эффективности $\Delta L/L_0$.

L_A = -83,6 + 1,664 H + 0,298 J + 218,4 $\Delta L/L_0$, (1)

L_A = -32,6 + 1,424 H + 0,254 J + 173,9 $\Delta L/L_0$, (2)

где $\Delta L = L - L_0$.

Все коэффициенты уравнений регрессии (1) и (2) являются статистически значимыми ($p<0,05$) и объясняют 92% и 94% дисперсии показателя высоты съема мяча L_A.

Были получены подобные уравнения для высоты прыжка с места. Определено, что в этих выражениях коэффициенты перед $\Delta L/L_0$ не обладают высокой статистической значимостью ($p\approx0,2$-$0,6$).

Таким образом полученные уравнения (1) и (2) связывают высоту съема мяча при атаке с ростом игрока, с его скоростно-силовой и специальной технической (прыжковой) подготовленностью.

Была проведена кластеризация игроков с использованием дивизионной стратегии динамических сгущений в пространстве переменные (L_A, H, J, L/L_0) – объекты (испытуемые) с Евклидовой метрикой. В результате и у юношей, и у девушек было выявлено по два кластера игроков, имеющих различия в показателях роста, скоростно-силовой и технической подготовленности. Разделение игроков по кластерам представлено на рисунках 1 и 2.

Средние величины результатов тестирования для каждого кластера представлены в таблицах 3 и 4.

Как следует из результатов проведенного кластерного анализа (рис. 1, 2, табл. 3, 4), разделение игроков на кластеры произошло по возрастному признаку, росту и результатам тестов физической подготовленности, коррелирующими между собой. При этом коэффициент эффективности прыжковой технической подготовленности L/L_0 инвариантен к этим параметрам и, видимо, является индивидуальной особенностью испытуемых.

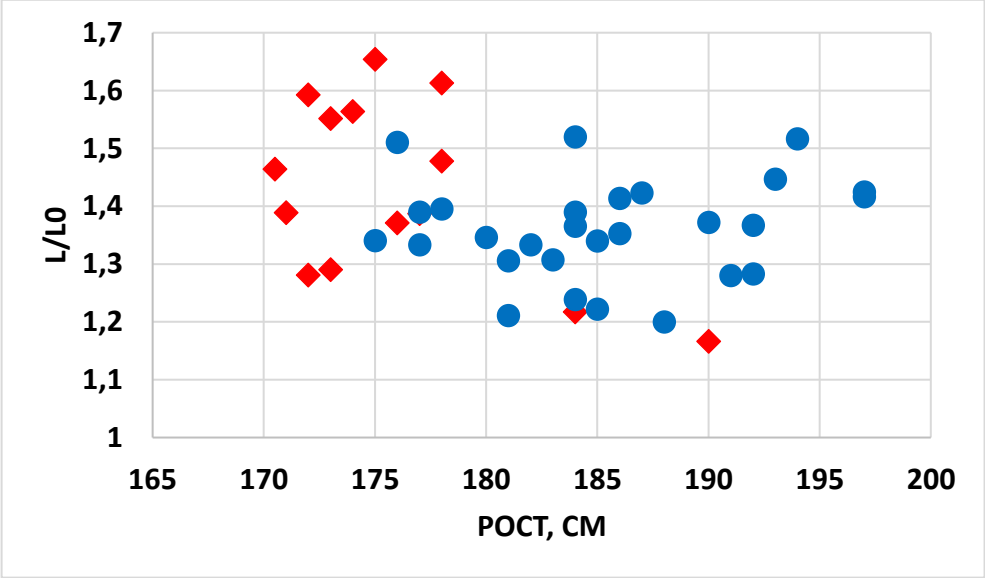


Рис. 1. Проекции кластеров игроков юношей (n=42) на плоскость: рост, L/L_0

Таблица 3

Средние параметры кластеров юношей

Кластеры	Возраст, лет	Рост, см	Атака, см	Блок, см	Прыжок в длину, см	L/L_0
1-й (n=12)	15,6±1,2	175,9±5,4	273,7±11,0	260,3±11,9	184,2±17,7	1,43±0,15
2-й (n=30)	17,4±1,4	185,3±6,2	290,8±11,4	274,9±11,1	214,5±14,6	1,36±0,09

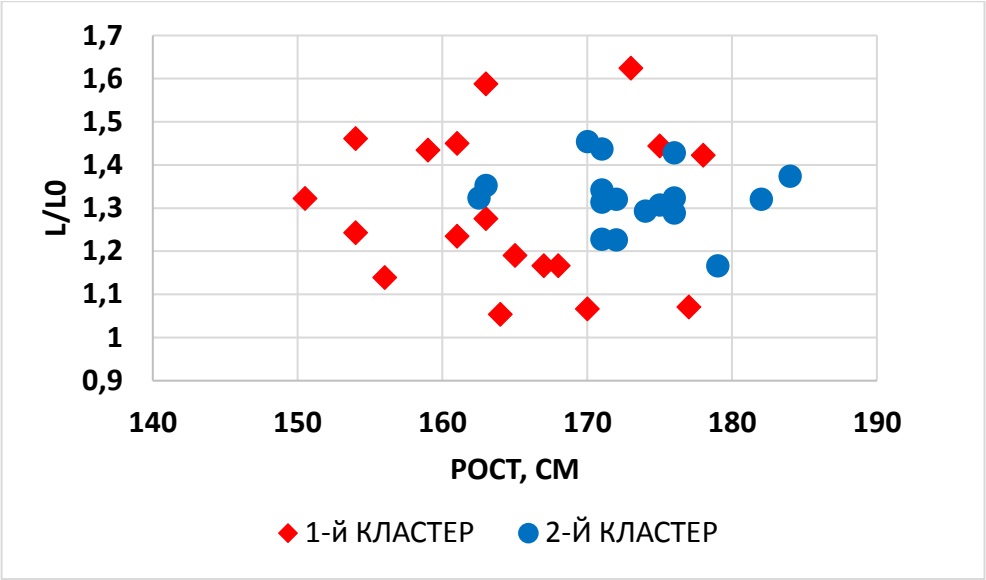


Рис. 2. Проекции кластеров игроков девушек (n=36) на плоскость: рост, L/L_0

Таблица 4

Средние параметры кластеров девушек

Кластеры	Возраст, лет	Рост, см	Атака, см	Блок, см	Прыжок в длину, см	L/L_0
1-й (n=19)	13,5±1,6	163,6±8,5	243,4±15,3	237,0±13,9	149,1±17,4	1,28±0,2
2-й (n=17)	15,6±1,2	173,3±5,6	271,35±10,6	259,9±10,3	197,9±12,7	1,32±0,08

Заключение. В результате проведенного исследования определены информативные критерии прыжковой подготовленности юных волейболистов, в наибольшей степени влияющие на высоту съема мяча и учитывающие рост, техническую и скоростно-силовую подготовленность игроков. К этим показателям относятся результаты тестов: челночный бег, короткий спринт, прыжки в длину и в высоту с места. Установлено, что результаты этих тестов и рост спортсменов имеют тесную корреляционную связь. Также определено, что отношение высоты прыжка с разбега L к высоте прыжка с места L_0 не зависит от роста игрока и результатов скоростно-силовых тестов.

Получены регрессионные уравнения, связывающие высоту съема мяча с ростом, результатом прыжка в длину с места и отношением L/L_0. Верифицирована статистическая достоверность регрессионной модели.

В результате кластерного анализа выявлены два кластера игроков, разделенных по возрасту, росту и результатам тестов физической подготовленности. При этом коэффициент эффективности прыжковой технической подготовленности L/L_0 инвариантен к этим параметрам, является индивидуальной особенностью испытуемых и может быть критерием отбора и контроля состояний игроков по специальной технической подготовленности.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляев, А.В. Прыжковая подготовка волейболистов в подготовительном периоде на основе анализа их соревновательной деятельности / А.В. Беляев, Л.В. Булыкина // Теория и практика физической культуры. – 2004. – № 3. – С. 37.
2. Щетинина, С.Ю. Развитие прыгучести в тренировочном процессе волейболистов / С.Ю. Щетинина, Д.А. Кривошеева // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2020. – № 2(180). – С. 469-475. DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2020.2.p469-475.
3. Железняк, Ю.Д. Примерная программа спортивной подготовки по виду спорта «Волейбол» (спортивные дисциплины «волейбол» и «пляжный волейбол») / Ю.Д. Железняк, В.В.

Костюков, А.В. Чачин. – М.: Советский спорт, 2016. – 223 с.
4. Феуерман, В.В. Специальная физическая подготовка в волейболе на этапе совершенствования спортивного мастерства как фактор повышения технического мастерства / В.В. Феуерман, А.Х. Рахманов // Евразийское Научное Объединение. – 2018. – № 1-3(35). – С. 206-208.
5. Прыжок в высоту с места: кинематические и антропометрические факторы результата / А.Н. Корольков, Д.В. Римлянская, В.Р. Анисимова, И.С. Ованесян // Культура физическая и здоровье. – 2022. – № 1(81). – С. 232-238. DOI: 10.47438/1999-3455_2022_1_232.
6. Федеральный стандарт спортивной подготовки по виду спорта волейбол. – М.: Издательство «Спорт», 2016. – 24 с.
7. Германов, Г.Н. Двигательные способности и физические качества. Разделы теории физической культуры / Г.Н. Германов. – М.: ООО «Издательство ЮРАЙТ», 2017. – 224 с.
8. Формирование технической подготовленности школьников как средство повышения эффективности процесса их физического воспитания / О.В. Кудрявцева, В.С. Беляев, А.Н. Корольков, М.А. Каймин // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2017. – № 11(153). – С. 121-126.

REFERENCES

1. Belyaev A.V., Bulykina L.V. Jumping training of volleyball players in the preparatory period based on the analysis of their competitive activity. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2004, no. 3, p. 37. (in Russ.)
2. Shchetinina S.Yu., Krivosheev D.A. Jumping ability development in a training process of volleyball players. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2020, no. 2(180), pp. 469-475. DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2020.2.p469-475. (in Russ.)
3. Zheleznyak Yu.D., Kostyukov V.V., Chachin A.V. Approximate sports training program for volleyball (sports disciplines “volleyball” and “beach volleyball”). Moscow: Sovetskij Sport, 2016. 223 p. (in Russ.)
4. Feuerman V.V., Rakhmanov A.Kh. Special physical training in volleyball at the stage of improving sportsmanship as a factor in increasing technical skill. *Eurasian Scientific Association*, 2018, no. 1-3(35), pp. 206-208. (in Russ.)
5. Korolkov A.N., Rimlyanskaya D.V., Anisimova V.R., Ovanesyan I.S. High jump from place: kinematic and anthropometric result factors. *Physical Culture and Health*, 2022, no. 1(81), pp. 232-238. DOI: 10.47438/1999-3455_2022_1_232. (in Russ.)
6. Federal standard of sports training in volleyball. Moscow: “Sport”, 2016, 24 p. (in Russ.)
7. Germanov G.N. Motor abilities and physical qualities. Sections of the theory of physical culture. Moscow: “URAIT Publishing House LLC”, 2017, 224 p. (in Russ.)
8. Kudryavtseva O.V., Belyaev V.S. et al. Technical preparedness of schoolchildren as a means of increasing the effectiveness of their physical education. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2017, no. 11(153), pp. 121-126. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Алексей Николаевич Корольков – доцент, Государственный университет просвещения, Москва, e-mail: korolkov07@list.ru.
Ирина Вадимовна Кисилева – доцент, Государственный университет просвещения, Москва, e-mail: iv.kisileva@guppros.ru.
Герман Геннадьевич Щеглов – доцент, Государственный университет просвещения, Москва, e-mail: scheglovg@yandex.ru.
Даниил Сергеевич Марьин – студент, Государственный университет просвещения, Москва, e-mail: maryindaniil5@gmail.com.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Aleksej N. Korolkov – Associate Professor, State University of Education, Moscow, e-mail: korolkov07@list.ru.
Irina V. Kisileva – Associate Professor, State University of Education, Moscow, e-mail: iv.kisileva@guppros.ru.
German G. Scheglov – Associate Professor, State University of Education, Moscow, e-mail: scheglovg@yandex.ru.
Daniil S. Maryin – student, State University of Education, Moscow, e-mail: maryindaniil5@gmail.com.

Для цитирования: Критерии специальной физической и технической подготовленности юных волейболистов / А.Н. Корольков, И.В. Кисилева, Г.Г. Щеглов, Д.С. Марьин // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_34

For citation: Korolkov A.N., Kisileva I.V., Shcheglov G.G., Maryin D.S. Criteria of special physical and technical fitness of young volleyball players. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_34

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_35
УДК 796.92

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_35
UDC 796.92

«БОЛЬШОЙ БАЛЕТ НА ЛЫЖАХ» – СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД ЗАРУБЕЖНЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ НА КЛАССИФИКАЦИЮ СТИЛЕЙ И ХОДОВ В ЛЫЖНЫХ ГОНКАХ

Ю.В. Корягина[1,2], В.С. Нопина[3,4], О.Н. Акимкина[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 бюджетное учреждение «Государственный научный центр Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России», г. Москва, Россия
[4]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.*** Цель данной работы – анализ современных зарубежных исследований, касающихся особенностей техники лыжных ходов, с точки зрения применения полученных данных для совершенствования методик тренировки юных лыжников. ***Методы.*** Поиск научной информации (статьи, тезисы докладов специализированных конференций) проводился в базах данных PubMed, Researchgate, Академия Google. Глубина поиска – с 2000 года. ***Результаты.*** Техника современного лыжного спорта включает классический и коньковый стили и характеризуется большой вариативностью разнообразных лыжных ходов. Традиционный классический стиль включает четыре различных лыжных хода. Наиболее динамично меняется коньковый стиль, насчитывающий на настоящее время до 9 различных коньковых ходов: diagonal skate / попеременный двухшажный, offset skate / одновременный двухшажный равнинный, one skate / одновременный одношажный, two skate / одновременный двухшажный в подъем, jump skate / одновременный двухшажный в подъем с прыжком, double polling / одновременный бесшажный, double push / одновременный одношажный или двухшажный коньковый ход со сменой ног прыжком, free skate / без отталкивания палками, halfskating technique / полуконьковый. ***Заключение.*** В лыжной гонке спортсменам необходимо проявлять высокую мощность и выносливость, сочетая их с экономичностью. Современные лыжные гонки можно назвать «Большим балетом на лыжах» в связи с большим разнообразием элементов, высокой координационной сложностью и виртуозностью. Только наличие у лыжника всех вышепредставленных умений, высокой технической и функциональной (выносливость, сила, скорость) подготовленности позволит достичь высоких результатов.
Ключевые слова: лыжные гонки, стиль, ход.

“BIG SKI BALLET” – A MODERN VIEW OF FOREIGN RESEARCHERS ON THE CLASSIFICATION OF STYLES AND TECHNIQUES IN CROSS-COUNTRY SKIING

Yu.V. Koryagina[1,2], V.S. Nopina[3,4], O.N. Akimkina[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]State Research Center – A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia
[4]I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The objective was to analyze modern foreign studies on the peculiarities of ski techniques from the point of applying the data obtained to improve the training methods of young skiers. ***Methods.*** The search for scientific data (articles, abstracts of specialized conferences) was conducted in the PubMed, Researchgate, Google Academy databases, search depth – since 2000. ***Results.*** The technique of modern skiing includes classical and skating styles and is characterized by a wide variety of different ski techniques. The traditional classical style includes four different ski techniques. The skating style is changing most dynamically, currently numbering up to 9 different skating techniques: diagonal skate, offset skate, two skate, jump skate, double polling, double push, free skate, halfskating technique. ***Conclusion.*** In cross-country skiing, athletes need to demonstrate high power and endurance, combining them sparingly. Modern cross-country skiing may be called the “Big ski ballet” due to the wide variety of elements, high coordination complexity and virtuosity. Only if a skier has all the above-mentioned skills, high technical and functional (endurance, strength, speed) fitness, they will achieve high results.
Keywords: cross-country skiing, style, technique.

Введение. Начиная с первых зимних Олимпийских игр 1924 года в Шамони и заканчивая Играми, проходящими в феврале 2026 года в Италии на лыжном стадионе, расположенном в Валь-ди-Фьемме, лыжные гонки являются видом спорта, который претерпел наибольшую эволюцию, включая новые форматы соревнований, улучшенное оборудование и подготовку трасс, а также значительные изменения в технике [1]. На Олимпийских играх 2026 года также произошли изменения длины дистанций [2].

Как отмечают специалисты и ученые, современные лыжные гонки характеризуются крайне сложной и разнообразной техникой и биомеханикой, физиологией двигательных действий, предъявляя одновременно требования к высокой координации движений, выносливости, силе, скорости, скоростно-силовым качествам [3-6]. Двигательные действия относятся к глобальным и технически сложным, так как движущая сила создается мышцами верхней и нижней частей тела и передается на лыжню (трассу) через лыжи и палки. Некоторые специалисты называют лыжные гонки «Большой балет на лыжах» [7-9].

В связи с этим, актуальным является анализ новых исследований зарубежных специалистов, посвященных характеристикам лыжных ходов традиционного классического и свободного конькового стиля с точки зрения их применения с учетом современных условий лыжных дистанций, трасс и инвентаря, значительно увеличивающих лыжные скорости. Также научный интерес представляют сопоставление и унификация русскоязычной и англоязычной терминологии разных авторов, описывающих классификации, наименование и параметры лыжных ходов.

Целью данной работы явился анализ современных зарубежных исследований, касающихся особенностей техники лыжных ходов, с точки зрения применения полученных данных для совершенствования методик тренировки юных лыжников.

Методы и организация исследования. Поиск научной информации (статьи, тезисы докладов специализированных конференций) проводился в базах данных PubMed, Researchgate, Академия Google. Глубина поиска – с 2000 года. Использовали ключевые слова: «motion skiers skills», «teaching skiing techniques», «cross-country skiing kinetics». Найденные источники переводились на русский язык, отбирались и анализировались.

Результаты исследования и их обсуждение. Современный лыжный спорт характеризуется большой вариативностью лыжных ходов даже в рамках одного стиля. Выбор подходящего хода может оказывать решающее влияние на эффективность и экономичность передвижения и определять соревновательный результат [10-12].

Разберем существующие стили и лыжные «техники», называемые в русскоязычных источниках «лыжными ходами». Есть два основных стиля передвижения в лыжных гонках: коньковый и классический. Оптимальным вариантом техники является лыжный ход, соответствующий рельефу трассы, качеству снежного покрова и скорости [11, 13], передвижение по дистанции усложняется частотой смены ходов. Согласно исследованиям, количество изменений хода в течение гонки на 1,43 км в среднем составляет 29,1 раз [14]. Некоторые зарубежные специалисты рассматривают данные переходы со сменой лыжных ходов как систему передач скорости, позволяющую адаптироваться к различным условиям трассы [13, 15].

Как известно, традиционный классический стиль включает четыре различных лыжных хода, в англоязычных источниках они обозначаются как diagonal stride, double poling, double poling with a kick, herringbone.

Diagonal stride («диагональный шаг», сокращенное название – DS или DIA) [16] в русскоязычной литературе имеет наименование «попеременный двухшажный ход». Данный ход применяется на умеренно крутых подъемах. При передвижении классическим попеременным двухшажным ходом руки и ноги держатся параллельно и движутся по диагонали, при этом отталкивание рукой выполняется одновременно с отталкиванием ногой на противоположной стороне (рис. 1А).

Double poling («двойное отталкивание палками», сокращенное название – DP) [17, 18], в русскоязычной литературе

имеет наименование «одновременный бесшажный ход». Данный ход применяется на ровных и умеренно крутых подъемах, подходящих для скоростного передвижения, а также на более крутых подъемах при использовании классической техники без противоскользящей смазки. В одновременном бесшажном классическом ходе используются только руки и туловище, руки двигаются симметрично и параллельно, скользя без толчка ногой (рис. 1Б).



А Б

Рис. 1. А – попеременный двухшажный ход; Б – одновременный бесшажный ход

Double poling with a kick («двойное отталкивание палками с шагом», сокращенное название – DK и DPK) [19] в русскоязычной литературе имеет наименование «одновременный одношажный ход». Данный ход применяется на небольших и умеренных подъемах, иногда в качестве перехода от попеременного двухшажного к одновременному бесшажному ходу. Руки используются симметрично и параллельно, при этом один толчок ногой выполняется одновременно с махом рукой. Движение руками и ногами выполняется попеременно (рис. 2А).



А Б

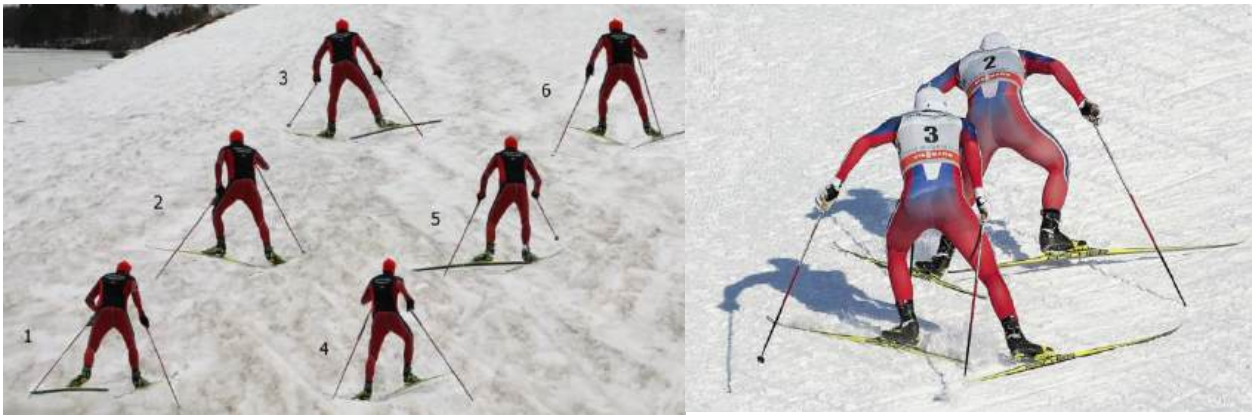
Рис. 2. А – одновременный бесшажный ход; Б – ход «елочка»

Herringbone («елочка», сокращенное название – HB) в русскоязычных источниках имеет такое же наименование – «елочка». Данный ход применяется на крутых подъемах. Руки и ноги двигаются по диагонали, но лыжи наклонены наружу относительно направления движения, чтобы обеспечить достаточное сцепление для отталкивания. В отличие от бокового отталкивания, используемого в коньковом катании, лыжи не должны скользить [15] (рис. 2Б).

Коньковый стиль появился в 1980-х годах, он считается специалистами более экономичным и более быстрым по скорости. Согласно исследованиям, коньковый стиль на 10-20% быстрее классического, с 1988 года он стал официальным стилем для соревнований по лыжным гонкам.

В коньковом стиле разные специалисты выделяют до 9 различных ходов [13-15]. Коньковые лыжные ходы в англоязычных источниках обозначаются как diagonal skate, offset skate, one skate, two skate, jump skate, double polling, double push, free skate, half-skating technique.

Diagonal skate («диагональный прокат», сокращенное название – G1) в русскоязычной литературе имеет наименование «попеременный двухшажный коньковый ход». Это коньковый вариант техники попеременного двухшажного классического хода, при котором нога и рука используются по диагонали с одним толчком палкой и каждым противоположным толчком ногой подобно коньковому шагу. Данный ход применяется на очень крутых склонах, а также при плохих условиях скольжения и/или если лыжник очень устал [19].



А Б

Рис. 3. А – попеременный двухшажный коньковый ход; Б – одновременный двухшажный коньковый ход (вариант передвижения в подъем)

Offset Skate («прокат со смещением», сокращенное название – G2 или V1) – одновременный двухшажный коньковый ход (вариант передвижения в подъем) [16, 20]. Обе лыжи ставят под углом около 40° к направлению движения, выполняют два скользящих коньковых шага и одно отталкивание палками (рис. 3Б). Учеными Норвежского университета науки и технологий отмечено превосходство по скорости передвижения одновременным двухшажным коньковым ходом в подъем при отталкивании ведущей по функциональной асимметрии стороной, причем данное превосходство увеличивается с ростом интенсивности передвижения. При отталкивании ведущей стороной эффективность техники остается стабильной при разной скорости, а в случае отталкивания не ведущей стороной с увеличением скорости снижается [21].

One skate, также встречается название «double time» (один прокат, сокращенное название – G3 или V2) – одновременный одношажный коньковый ход (вариант передвижения в подъем) [16]. Состоит из повторений двух скользящих коньковых шагов и двух одновременных отталкиваний руками. Данный ход используется на умеренном рельефе или при переходе от подъема к ровной местности. Также используется на ровной местности для увеличения скорости или во время финишного рывка (рис. 4).

Two skate, также встречается название «single time» («2 проката», сокращенное название – G4 или V1) – одновременный двухшажный коньковый ход (вариант передвижения в подъем) [16, 19]. При равнинном варианте одновременного двухшажного хода из-за более высокой скорости отталкивание палками начинается чуть позже, его выполняют в течение второго шага (рис. 5).

Jump skate [16, 19] («прыжковый прокат») – вариант одновременного двухшажного хода при передвижении в подъем на высокой скорости (рис. 6). Обычно используется на крутых подъемах, спринтерских дистанциях лыжниками с хорошей скоростно-силовой выносливостью. С ускорением лыжник увеличивает скорость цикла при сохранении длины цикла, шаг ведущей

ногой в данном случае совершаются прыжком. Однако скоростная работа в подъем часто предъявляет слишком большие требования к скоростно-силовой подготовке, слабые лыжники не справляются и становятся так называемыми «аутсайдерами спринта» [11].

Double poling («двойное отталкивание» палками, сокращенное название – DP) в русскоязычной литературе имеет наименование «одновременный бесшажный коньковый ход» (рис. 7) [11, 19, 22]. Double poling является коньковым аналогом одновременного бесшажного классического хода, но имеет принципиальные отличия, в числе которых: большее участие мышц туловища и нижних конечностей, а, следовательно, и большие требования к скоростно-силовой подготовке спортсменов; большая длина палок и меньшая лыж; большая скорость передвижения. Данный ход рекомендуется применять на ровных и умеренно крутых подъемах, но отдельные «мощные» лыжники применяют его и на очень крутых подъемах. Как отмечают исследователи, наиболее «взрывные» лыжники могут развивать максимальную силу в одновременном бесшажном ходе, достигающую 430 Н в течение 0,05 секунд [11].

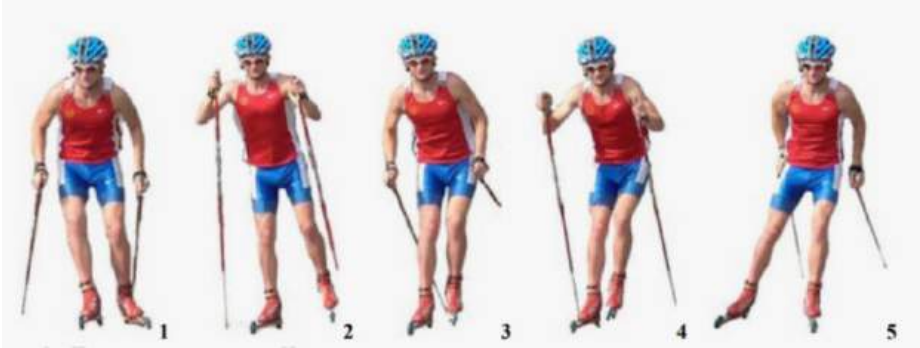


Рис. 4. Одновременный одношажный коньковый ход (фазовый состав) на лыжероллерах



1 2 3 4 5

Рис. 5. Одновременный двухшажный коньковый ход (равнинный вариант) (фазовый состав)



Рис. 6. Прыжковый скоростной вариант одновременного двухшажного конькового хода (вариант передвижения в подъем) (фазовый состав)

Судя по количеству научных исследований и публикаций, этот ход вызывает наибольший интерес специалистов и является наиболее перспективным на различных рельефах трасс [11, 19, 22]. Согласно данным ученых Норвежского

университета науки и технологий, при передвижении данным ходом большинство энергии производится в основных частях тела (бедра, плечи и туловище). Хотя различные сегменты проявляют различную роль в фазах отталкивания и скольжения, относительная мощность движений в течение всего цикла хода остается равномерно распределенной в верхней и нижней частях тела и не зависит от интенсивности передвижения [22]. В целом, ученые склоняются к более высокой экономичности и эффективности данного хода по сравнению с остальными.



А Б

Рис. 7. Одновременный бесшажный коньковый ход: А – на лыжах, Б – на лыжероллерах

Double push («двойной прыжок», сокращенно – DPu) в русскоязычных источниках – одновременный одношажный или двухшажный коньковый ход (смена ног прыжком) (рис. 8) [23]. В каждом гоночном шаге DPu перед тем, как перейти к основному смещению тела внутрь от опорной стопы, спортсмены в прокате успевают выполнить еще и предварительное отталкивание весом, смещенным наружу от нее. Шведские лыжники впервые продемонстрировали нечто подобное на отдельных участках спринтерских дистанций свободным стилем. Вслед за этим ученые в лаборатории Зальцбурга провели исследования и установили, что новая техника DPu быстрее, чем традиционная техника одновременного двухшажного и одновременного одношажного коньковых ходов. Согласно полученным данным, DPu оказался на 2,9±2,2% быстрее ($p<0,001$), что соответствует преимуществу во времени 0,41±0,31 с на дистанции 100 м. Данная техника характеризовалась большей длительностью цикла и меньшей частотой циклов, а также более высокой мышечной активностью, большей амплитудой и скоростью разгибания колена, более высокими пиковыми усилиями на стопу, особенно в первой фазе отталкивания. Кроме того, при технике DPu стопа нагружалась в боковом направлении сильнее, чем при традиционной [24].



Рис. 8. Э. Йонссон выполняет отталкивание левой ногой в шаге одновременного одношажного конькового хода сначала в прокате смещением веса наружу, затем напрыгиванием с внешнего канта на внутренний. Приземлением с лета прикладывается боковая сила веса, смещенного внутрь (фото с сайта https://www.skisport.ru/)

Free Skate («свободный прокат», сокращенно – G5) – попеременный коньковый ход без отталкивания палками (рис. 9А) [16]. Используются только ноги без отталкивания палками. Руки могут двигаться или оставаться неподвижными вдоль туловища. Данный ход используют на равнинной местности, на пологих спусках его также относят к скоростно-силовым вариантам техники. При передвижении данным ходом спортсмен развивает силу отталкивания ногами больше 1600 Н [5].



А Б

Рис. 9. А – попеременный коньковый ход без отталкивания палками; Б – применение одновременного одношажного полуконькового хода при масс-старте

Half-skating technique («техника полупроката», сокращенно – G6) [16] (рис. 9Б). В русскоязычных источниках обозначается как «одновременный одношажный полуконьковый ход». В последнее время быстрые лыжники более широко используют технику, ускоряющую прохождение поворота [5, 11], также его часто применяют при масс-старте.

В настоящее время ученые во всем мире проводят исследования кинематики различных лыжных ходов, используя при этом современное научное оборудование: гироскопы, акселерометры, видео анализ. Данные методики позволяют выделить отдельные фазы движений, общие, а также индивидуальные особенности техники, связанные с антропометрическими характеристиками, уровнем подготовленности и функциональными асимметриями спортсменов [5, 16, 19, 21].

В связи с разделением лыжных дистанций на спринтерские и стайерские учеными проведены исследования, в которых выявлены различия в макрокинематических характеристиках и стратегиях, используемых во время спринтерских и дистанционных соревнований, что подтверждает использование более высоких темпов цикла в спринте [25]. Появились лыжники, специализирующиеся в спринте в гонках на длинные дистанции, хотя остаются и «универсальные» спортсмены, претендующие на медали в обеих категориях [5, 13, 25].

Тем не менее, более высококвалифицированные лыжники на всех дистанциях используют более высокую долю скоростных ходов [10], длина цикла движений, как правило, больше у более быстрых лыжников [11].

Заключение. Таким образом, согласно современному взгляду зарубежных исследователей на классификацию стилей и ходов в лыжных гонках, современные лыжные гонки можно назвать «Большим балетом на лыжах» в связи с большим разнообразием элементов, высокой координационной сложностью и виртуозностью. В лыжной гонке спортсменам необходимо проявлять высокую мощность и выносливость, сочетая их с функциональной экономичностью. Постоянная модернизация лыжных ходов, перестраивание техники требуют от спортсмена не только высоких координационных, но и когнитивных способностей. Только наличие у лыжника всех вышепредставленных умений, которые предъявляют высокие требования к технической и функциональной (выносливость, сила, скорость) подготовке, позволит достичь высоких спортивных результатов.

Конфликт интересов. Авторы заявили 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 conflict 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. 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.
2. Олимпиада-2026: календарь и дисциплины, кто поехал от России. – РИА Новости Спорт. – URL: https://ria.ru/20260210/olimpiyskie-igry-2026-kalendar-2067860462.html (дата обращения: 01.02.2026)
3. 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.
4. 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.
5. Sandbakk, Ø. A Reappraisal of Success Factors for Olympic Cross-Country Skiing / Ø. Sandbakk, H. Holmberg // International Journal of Sports Physiology and Performance. – 2014. – Vol. 9. – P. 117 -121.
6. Comparisons of macro-kinematic strategies during the rounds of a cross-country skiing sprint competition in classic technique / F. Marsland, J.M. Anson, G. Waddington [et al.] // Frontiers in Sports and Active Living. – 2021. – Vol. 2. – P. 546205.
7. Хеммерсбах, А. Лыжные гонки. Экипировка. Подготовка лыж. Техника. Тренировки / А. Хеммерсбах, С. Франке. – Издательство «Тулома», 2010. – 172 с.
8. 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 имени П.Ф. Лесгафта. – 2015. – Т. 4 (122). – С. 132-139.
9. Корягина, Ю.В. Актуальные проблемы подготовки в лыжных гонках за рубежом / Ю.В. Корягина, Е.А. Шагарова, А.В. Шмидт // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 5. – С. 277.
10. 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.
11. Sandbakk, Ø. Analysis of a sprint ski race and associated laboratory determinants of world-class performance / Ø. Sandbakk // Europe J. Appl. Physiology. – 2011. – Vol. 111. – P. 947-957.
12. Biomechanical and energetic determinants of technique selection in classical cross-country skiing / B. Pellegrini, Ch. Zoppirolli, L. Bortolan [et al.] // Human Movement Science. – 2013. – Vol. 32 (6). – P. 1415-1429.
13. Holmberg, H. Integrative biomechanics and physiology in c-c skiing / H. Holmberg // The 6th International Congress on Science and Skiing – Austria, 2013. – P. 7.
14. Andersson E. Physiological and biomechanical factors determining cross-country skiing performance: an author’s dissertation / E. Andersson. – Sundsvall: Mid Sweden University 2016. – 86 p.
15. Nilsson, J. CrossCountry Skiing: Effects of speed on temporal patterns in classical style and freestyle cross-country skiing / J. Nilsson, P. Tveit, O. Eikrehagen // Sports Biomechanics. – 2004. – Vol. 3(1). – P. 85-108.
16. Marsland, F. Identification of Cross-Country Skiing Movement Patterns Using Micro-Sensors / F. Marsland // Sensors. – 2012. – Vol. 12. – P. 5047-5066.
17. Comparison of Exclusive Double Poling to Classic Techniques of Cross-country Skiing / T. Stöggl, O. Ohtonen, M. Takeda [et al.]// Med Sci Sports Exerc. – 2019. – Vol. 51(4). – P. 760-772.
18. Energetics and biomechanics of double poling in regional and high-level cross-country skiers / C. Zoppirolli, B. Pellegrini, L. Bortolan, F. Schena // Eur J Appl Physiol. – 2015. – Vol. 115(5). – P. 969-979.

19. 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.
20. Mechanical energy comparison of V1 and V2 skating / G. Smith, Ø. Toftegaard, R. Reid [et al.] // 13th International Congress on Science and Nordic Skiing (June 5-8, 2015). Congress Proceedings. – Vuokatti, 2015. – P. 60.
21. Thorrud, S. Do laterality and strength asymmetry relate to preferred side in the cross-country skiing g2 skate technique? / S. Thorrud, B. Welde, Ø. Sandbakk // 17th annual ECSS Congress Bruges/ BEL (July 4-7 2012) – 2012. – URL: http://www.ecss-congress.eu (дата обращения: 01.02.2026)
22. Danielsen, J. Joint-specific power contribution at increasing double poling intensities / J. Danielsen, Ø. Sandbakk, G. Ettema // 19th annual ECSS Congress (July 2-5, 2014). – Amsterdam, 2014. – P. 23-24.
23. Рудберг, М. Double Push – Двойная игра поперечным балансом / М. Рудберг. – URL: https://www.skisport.ru/news/blog-rudberg/68936/ (дата обращения: 01.02.2026)
24. Stöggl, T. Biomechanical comparison of the double-push technique and the conventional skate skiing technique in cross-country sprint skiing / T. Stöggl, E. Müller, S. Lindinger // Journal of sports sciences. – 2008. – Vol. 26 (11). – P. 1225-1233.
25. 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. – 570 p.

REFERENCES

1. Pellegrini B., Stöggl T.L., Holmberg H.C. equipment of Developments in the biomechanics and Olympic cross-country skiers. *Frontiers in physiology*, 2018, vol. 9, pp. 976.
2. 2026 Olympics: calendar and disciplines, list of attended Russian athletes. Ria News Sport. Available at: https://ria.ru/20260210/olimpiyskie-igry-2026-kalendar-2067860462.html (accessed 01.02.2026) (in Russ.)
3. Stöggl T., Mueller E., Ainegren M., Holmberg H.C. 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.
4. 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.
5. Sandbakk Ø., Holmberg H. A Reappraisal of Success Factors for Olympic Cross-Country Skiing. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2014, vol. 9, pp. 117-121.
6. Marsland F., Anson J.M., Waddington G., Holmberg H.C., Chapman D.W. Comparisons of macro-kinematic strategies during the rounds of a cross-country skiing sprint competition in classic technique. *Frontiers in Sports and Active Living*, 2021, vol. 2, p. 546205.
7. Hemmersbach A., Franke S. Cross-country skiing. Inventory. Ski preparation. Technique. Training. Trans. into Russian. Tuloma, 2010. 172 p. (in Russ.)
8. Mikhalev V.I., Koriagina Yu.V., Antipova O.S., Aikin V.A., Sukhinin E.M. Modern ski technique: combination of power and economy (according to foreign literature). *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2015, vol. 4 (122), pp. 132-139. (in Russ.)
9. Koryagina Yu.V., Shagarova E.A., Shmidt A.V. Current problems of training in ski racing abroad. *Modern problems of science and education*, 2016, no. 5, pp. 277. (in Russ.)
10. 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.
11. Sandbakk Ø. Analysis of a sprint ski race and associated laboratory determinants of world-class performance. *Europe J. Appl. Physiology*, 2011, vol. 111, pp. 947-957.
12. Pellegrini B., Zoppirolli Ch., 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.
13. Holmberg H. Integrative biomechanics and physiology in c-c skiing. The 6th International Congress on Science and Skiing. Austria, 2013. p. 7.
14. Andersson E. Physiological and biomechanical factors determining cross-country skiing performance: an author's dissertation. Sundsvall: Mid Sweden University, 2016. 86 p.
15. Nilsson J., Tveit P., Eikrehagen O. Cross-Country Skiing: Effects of speed on temporal patterns in classical style and freestyle cross-country skiing. *Sports Biomechanics*, 2004, vol. 3(1), pp. 85-108.
16. Marsland F. Identification of Cross-Country Skiing Movement Patterns Using Micro-Sensors. *Sensors*, 2012, vol. 12, pp. 5047-5066.
17. Stöggl T., Ohtonen O., Takeda M. et al. Comparison of Exclusive Double Poling to Classic Techniques of Cross-country Skiing. M*ed Sci Sports Exerc*, 2019, vol. 51(4), pp. 760-772.

18. Zoppirolli C., Pellegrini B., Bortolan L., Schena F. Energetics and biomechanics of double poling in regional and high-level cross-country skiers. *Eur J Appl Physiol*, 2015, vol. 115(5), pp. 969-79.
19. Pellegrini B., Sandbakk Ø., Stöggl T. 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.
20. Smith G., Toftegaard Ø., Reid R., Gilgien M., Jacobsen V. Mechanical energy comparison of V1 and V2 skating. 13th International Congress on Science and Nordic Skiing (June 5-8, 2015). Congress Proceedings. Congress Proceedings. Vuokatti, 2015. p. 60.
21. Thorrud S., Welde B., Sandbakk Ø. Do laterality and strength asymmetry relate to preferred side in the cross-country skiing g2 skate technique? 17th annual ECSS Congress Bruges/BEL (July 4-7, 2012). 2012. Available at: http://www.ecss-congress.eu (accessed 01.02.2026)
22. Danielsen J., Sandbakk Ø., Ettema G. Joint-specific power contribution at increasing double poling intensities. 19th annual ECSS Congress (July 2-5, 2014). Amsterdam, 2014. pp. 23-24.
23. Rutberg M. Double Push – Cross-balance double play. Available at: https://www.skisport.ru/news/blog-rudberg/68936/ (accessed 01.02.2026) (in Russ.)
24. Stöggl T., Müller E., Lindinger S. Biomechanical comparison of the double-push technique and the conventional skate skiing technique in cross-country sprint skiing. *Journal of sports sciences*, 2008, vol. 26 (11), pp. 1225-1233.
25. Marsland F., Anson J., Waddington G. et al. Macro-kinematic differences between sprint and distance cross-country skiing competitions using the classical technique. *Frontiers in physiology*, 2018, no. 9, 570 p.

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 – лаборант Лаборатории спортивной нутрициологии, Центр спортивной медицины и реабилитации, ГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России; 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; Lead Researcher, Federal Scientific Center of Physical Culture and Sports, Moscow, e-mail: nauka@skfmba.ru, koryagina.y.v@vniifk.ru.
Veronika S. Nopina – Laboratory Assistant of the Sports Nutritiology Laboratory, Center of Sports Medicine and Rehabilitation, State Research Center – A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow; 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: 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

For citation: 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

Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_36
УДК 616.831; 615.825

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_36
UDC 616.831; 615.825

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ КИНЕЗИОСПЕЦИАЛИСТА ПРИ РЕАБИЛИТАЦИИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ ПОСЛЕ ИНСУЛЬТА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Б.М. Чиж[1,2], С.П. Лавриченко[1]
[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 «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Краснодар, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Цель работы – рассмотреть роль кинезиоспециалиста в парадигме биопсихосоциальной модели и Международной классификации функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья при реабилитации двигательных нарушений после инсульта. ***Методы.*** Поиск литературы по проблеме осуществляли за период 2015-2025 гг. в базах данных PubMed, Scopus, РИНЦ, а также Российской государственной библиотеки. ***Результаты.*** Выполнен обзор научно-методической литературы по реабилитации пациентов после инсульта. Существует потребность в разработке алгоритма индивидуализации упражнений с учетом профиля функциональных нарушений, уровня физических качеств, коморбидности и факторов среды. ***Заключение.*** Необходимы исследования по планированию реабилитационных мероприятий, основанному на вышеуказанной классификации, с учетом биопсихосоциальных характеристик пациентов после инсульта, что повысит их клиническую и функциональную эффективность.
Ключевые слова: физическая реабилитация, физические качества, инсульт, биопсихосоциальная модель, специалист по физической реабилитации (кинезиоспециалист).

SPECIFICS OF THE KINESIOTHERAPIST'S WORK IN THE REHABILITATION OF MOTOR IMPAIRMENTS AFTER STROKE (LITERATURE REVIEW)

B.M. Chizh[1,2], S.P. Lavrichenko[1]
[1]Kuban State University of Physical Education, Sport and Tourism, Krasnodar, Russia
[2]Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The purpose of this work is to consider the role of a kinesiotherapist in the paradigm of the biopsychosocial model and the International Classification of Functioning, Disability, and Health in the rehabilitation of motor impairments after stroke. ***Methods.*** The literature search was conducted for the period 2015-2025 in the databases of the PubMed, Scopus, Russian Science Citation Index, and the Russian State Library. ***Results.*** A review of the scientific and methodological literature on the rehabilitation of patients after stroke was performed. There is a need to develop an algorithm for individualizing exercises based on the profile of functional impairments, the level of physical qualities, comorbidity, and environmental factors. ***Conclusion.*** Research is needed on planning of rehabilitation measures, based on the aforementioned classification, taking into account the biopsychosocial characteristics of stroke patients, which will increase their clinical and functional effectiveness.
Keywords: physical rehabilitation, physical qualities, stroke, biopsychosocial model, physical rehabilitation specialist (kinesiotherapist).

Введение. В настоящее время цереброваскулярные заболевания, прежде всего инсульты, остаются одной из ведущих медико-социальных проблем. Медицинское сообщество статистически отмечает у пациентов неврологического профиля при данной патологии значительную частоту последующей инвалидизации и высокую летальность, причем как во всем мире, так и в Российской Федерации. По данным

Федеральной службы государственной статистики, доля смертей от острых нарушений мозгового кровообращения (ОНМК) в структуре общей смертности составляет 21,4% [1, 2].

С учетом текущей динамики заболеваемости инсультом среди населения нашей страны является очевидным то, что к 2030 году система здравоохранения будет нуждаться более чем в 60 тысячах специалистах по физической реабилитации (кинезиоспециалисты). Такой прогноз согласуется с положениями приказа Министерства здравоохранения Российской Федерации от 31 июля 2020 г. № 788н «Об утверждении порядка организации медицинской реабилитации взрослых» [3].

Ключевая роль в восстановлении организма после инсульта отводится программам физической реабилитации, поскольку в данном случае общий уровень инвалидизации достигает 76-85%, при этом двигательные нарушения отмечаются у 80-90% пациентов. К трудовой деятельности возвращаются лишь 10-12% лиц, перенесших инсульт, тогда как 25-30% остаются глубоко инвалидизированными в последующие годы жизни, что обусловливает экономические потери для государства, а это не менее 304 млрд. рублей ежегодно [2, 4].

При планировании двигательной реабилитации кинезиоспециалисту следует дифференцировать приоритеты восстановления физических качеств и функциональных навыков с учетом профессиональной деятельности, индивидуальных и социальных целей пациента, а также контекста жизнедеятельности в рамках Международной классификации функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья (МКФ) [1, 5].

Цель работы – рассмотреть роль кинезиоспециалиста в парадигме биопсихосоциальной модели и Международной классификации функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья при реабилитации двигательных нарушений после инсульта.

Методы и организация исследования. Проведен систематизированный поиск публикаций с глубиной поиска 10 лет (2015-2025) по современным моделям медицинской реабилитации, диагностике двигательных нарушений и комплексам лечебной физкультуры у пациентов после инсульта. Использованы базы PubMed, Scopus, РИНЦ (elibrary.ru), а также Российская государственная библиотека. Поиск велся на русском и английском языках. Ключевые слова при выборе статей: «биопсихосоциальная модель», «МКФ», «кинезиоспециалист», «физическая реабилитация после инсульта», «инсульт».

Результаты исследования и их обсуждение. Клинические наблюдения и литературный анализ показали, что для работников умственного труда основная цель реабилитации – восстановление тонкой моторики, двуручной координации и когнитивной толерантности. Для работников физического труда приоритетными являются силовая выносливость, безопасная мобильность и динамическое равновесие. Выбор лечебных упражнений должен опираться на эти профессиональные цели и интегрироваться в биопсихосоциальную оценку, учитывающую индивидуальные факторы окружения пациента.

Реабилитационные задачи формулируются в формате современного планирования и интегрируются в индивидуальный план с последующим мониторингом эффективности и корректировкой подхода к их решению с учетом приоритетов самого пациента. Кинезиоспециалист помогает персонализировать подбор лечебных физических упражнений и поддерживать долгосрочное участие пациента в тренировочном процессе, обеспечивая практико-ориентированное восстановление функций и устойчивую реинтеграцию в социум [6, 7].

Некоторые авторы считают, что проектирование программ физической реабилитации традиционно базируется на симптоматическом подходе и учете функционального статуса больного. В частности, методические указания по проведению пассивной гимнастики не имеют унифицированного характера и варьируются от подсчета количества повторений до учета временных интервалов воздействия [8-10].

По мнению других исследователей, основные аспекты современной медицинской и физической реабилитации при

реализации их мультидисциплинарной командой специалистов направлены не только на восстановление неврологического дефицита, но и на повышение уровня социально-бытовой адаптации, улучшение качества жизни каждого пациента с ОНМК [11, 12].

Анализ современных методик проектирования программ лечебной физической культуры (ЛФК) для лиц, перенесших инсульт, позволил выявить общие закономерности, а также констатировать отсутствие баланса между индивидуализацией реабилитационного процесса и необходимостью стандартизированного подхода к подбору физических упражнений. В настоящее время в научно-методической литературе авторы опираются на комплексный анализ соматического состояния, неврологического дефицита, когнитивного и психоэмоционального статуса, а также на компоненты МКФ. Тем не менее, алгоритмы определения оптимального количества упражнений и методы объективного дозирования нагрузки остаются недостаточно разработанными и требуют дальнейшего научного обоснования [13-15].

В.В. Ковальчук, Е.Р. Баранцевич, А.С. Галкин пришли к выводу, что для лучшей коммуникации врача и кинезиоспециалиста необходима некая медико-педагогическая конвертация между функциональными нарушениями и расстройствами физических качеств, свойственных постинсультным больным (табл.) [6].

Таблица

Медико-педагогическая конвертация функциональных нарушений, снижающих уровень проявления физических качеств, у постинсультных больных

Физические качества	Нарушения и коморбидность, влияющие на физические качества
Сила	Центральные параличи и парезы (синдром верхнего мотонейрона), а также вялые периферические парезы, плегии конечностей, суставные контрактуры
Гибкость	Спастический парез, суставная контрактура
Выносливость	Апраксия ходьбы, гипертония, застойная пневмония, ишемическая болезнь, стенозы артерий (ПИТ- и Bed-rest синдромы) ИБС, ТЭЛА, ХОБЛ, ХСН, сахарный диабет. Заболевания печени, железодефицитная анемия
Ловкость	Апраксия ходьбы, атаксия, головокружение, ухудшение зрения, синкинезии, клонусы, дефицит соматосенсорной системы, синдром игнорирования половины тела (геминеглект), pull-синдром (синдром притягивания), push-синдром (синдром отталкивания)
Быстрота	Апраксия ходьбы, атаксия, головокружения, синкинезия, клонусы

Примечание: ПИТ – последствия интенсивной терапии; ИБС – ишемическая болезнь сердца; ТЭЛА – тромбоэмболия легочной артерии; ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких; ХСН – хроническая сердечная недостаточность.

В современной постинсультной реабилитации (в том числе физической), согласно приказу Министерства здравоохранения Российской Федерации от 29 декабря 2012 № 1705н «О порядке организации медицинской реабилитации в Российской Федерации», выделяют три этапа.

На первом этапе (в острый и острейший период инсульта) основные цели направлены на оценку факторов риска проведения реабилитационных мероприятий и формирование реабилитационного потенциала в краткосрочной, а также долгосрочной перспективе. Основные задачи – выполнение процедур (ЛФК, массажа и физиотерапии) для поддержания в оптимальном состоянии организма после инсульта, восстановление функций, а также профилактирование нежелательных структурно-функциональных нарушений, которые описаны в ПИТ-синдроме [16].

По данным научной литературы на первом этапе физической реабилитации в клинической практике кинезиоспециалисты используют следующий набор шкал:

1. Модифицированная шкала Ашфорт (для оценки мышечного тонуса, при пассивных движениях);

2. Шкала Таррдье (измерение мышечной реакции на пассивное растяжение с медленной скоростью и с быстрой, угол сгибания в суставе);

Данные шкалы направлены на оценку проявления спастического пареза, и, по нашему мнению, их можно применять для диагностики нарушений физического качества гибкость.

3. Шестибалльная шкала оценки мышечной силы (для оценки силы в паретичных относительно здоровых конечностях);

4. Градация мышечной силы по Кендаллу и Ловетту (с использованием различных исходных положений относительно гравитации для определения произвольных движений или мышечных сокращений). Шкалы, оценивающие мышечную силу, соответственно определяют уровень физического качества сила;

5. Для оценки функционального состояния дыхательной и сердечно-сосудистой системы, расширения двигательного режима и безопасной интенсивности физической нагрузки применяются функциональные пробы, по результатам которых делается заключение об уровне выносливости пациента [16-18].

На втором и третьем этапах физической реабилитации лиц после инсульта кинезиоспециалисты сталкиваются с мультифакторными сложностями, которые требуют индивидуального подхода к пациенту [19, 20].

Индивидуальный подход при проведении ЛФК определяется профилированием нарушения физических качеств как ключевых детерминант двигательной функции: дефицит силы – показание к дозированной работе с сопротивлением и адекватными интервалами отдыха; сниженная выносливость – к интервальной циклической нагрузке умеренной интенсивности; нарушения равновесия и координации (ловкости) – к задачно-ориентированным упражнениям с контролем опоры и сенсорной обратной связью; ограничение гибкости – к методам нагруженной подвижности и мягкой мобилизации; снижение быстроты – к упражнениям, направленным на повышение темпа и частоты движений при сохранении их точности.

С нашей точки зрения такая стратификация обеспечивает точечный подбор упражнений, направленных не только на восстановление функционального состояния и бытовых навыков, но и на коррекцию патологических стратегий движения и развитие утраченных физических качеств.

Заключение. Исходя из изложенного выше, можно сделать вывод о том, что современная физическая реабилитация фокусируется на нивелировании функциональных нарушений у лиц с ОНМК, при этом не уделяется должного внимания гармоничному восстановлению физических качеств. Нет единого взгляда на дозировку физических упражнений, при составлении комплексов ЛФК указывается приблизительное количество повторов упражнения без методического обоснования их эффективности. По нашему мнению, необходимо уделять внимание индивидуализации дозировки упражнений, направленных на освоение важных бытовых навыков, позволяющих быть пациенту независимым от окружающих, а также восстановление физических качеств, требуемых для их реализации. При этом важно учитывать сопутствующие (фоновые) заболевания. При планировании целей и задач физической реабилитации следует принимать во внимание психотип личности, а также социальный статус пациента для составления высокоэффективных для него комплексов ЛФК.

Данные рекомендации позволят повысить вероятность благоприятного исхода физической реабилитации у лиц после инсульта и достичь конкретных реабилитационных целей и задач, которые необходимы для восстановления и поддержания достойного качества жизни постинсультных больных.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дудкина, О.В. Международная классификация функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья для реабилитационной диагностики при нарушениях мозгового кровообращения / О.В. Дудкина, В.Г. Помников, Л.А. Крицкая // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2024. – Т. 18. – № 4. – С. 107-114.
2. Сравнительная характеристика показателей заболеваемости ишемическим и геморрагическим инсультом в России / П.А. Мачинский, Н.А. Плотникова, В.Е. Ульянкин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2019. – № 2(50). – С. 112-132
3. Буйлова, Т.В. Актуальные вопросы организации профессиональной переподготовки специалистов по физической реабилитации (кинезиоспециалистов) в условиях новой модели медицинской реабилитации / Т.В. Буйлова, Ю.П. Зверев, В.А. Балчугов // Менеджер здравоохранения. – 2023. – № 10. – С. 65-71
4. Олейникова, Т.А. Современное состояние и тенденции заболеваемости инфарктом мозга в России / Т.А. Олейникова, А.А. Титова, А.В. Евстратов // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. – 2021. – № 2. – С. 522-535.
5. Лукьянчикова, Л.В. Современный взгляд на проблему качества жизни больных, перенесших ишемический инсульт / Л.В. Лукьянчикова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Психология. – 2016. – Т. 9. – № 4. – С. 64-72
6. Ковальчук, В.В. Мультидисциплинарный принцип ведения пациентов после инсульта. Критерии эффективности и факторы успеха физической, нейропсихологической и медикаментозной реабилитации / В.В. Ковальчук, Е.Р. Баранцевич, А.С. Галкин [и др.] // Эффективная фармакотерапия. – 2020. – Т. 16. – № 31. – С. 10-22.
7. Чемеков, В.П. Формирование осознанности пациента в восстановительном периоде инсульта как фактор повышения эффективности реабилитации / В.П. Чемеков, Е.Ю. Старкова // Психическое здоровье. – 2023. – Т. 18. – № 8. – С. 12-21.
8. Воронкова, В.А. Роль физической культуры в реабилитации людей, переживших инсульт / В.А. Воронкова, Н.А. Ульянова // Проблемы и инновации спортивного менеджмента, рекреации и спортивно-оздоровительного туризма: сборник статей VII-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Казань, 08 июня 2021 года). – Казань: Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, 2021. – С. 156-158.
9. Полетаева, К.А. Методика физической реабилитации мужчин, перенесших геморрагический инсульт, реализуемая на стационарном этапе / К.А. Полетаева, В.Л. Лернер, Г.И. Дерябина // Психолого-педагогический журнал Гаудеамус. – 2018. – Т. 17. – № 1. – С. 37-44.
10. Таратухин, Е.О. Биопсихосоциальный подход – новое требование междисциплинарности / Е.О. Таратухин // Российский кардиологический журнал. – 2015. – Т. 20. – № 9. – С. 80-83.
11. Розов, Ю.А. Физическая реабилитация мужчин второго зрелого возраста с артериальной гипертонией, перенесших ишемический инсульт / Ю.А. Розов, И.Н. Медведев // Современная наука и образование: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Сибай, 15 февраля 2024 года). – Сибай: Уфимский университет науки и технологий, 2024. – С. 158-162.
12. Ройтберг, Г. Комплексный подход к реабилитации пациентов после инсульта на амбулаторном этапе / Г. Ройтберг, И. Сластникова, О. Шархун // Международный научно-исследовательский журнал. – 2025. – № 9(159). – С. 1-5.
13. Ерешко, Н.Е. Роль лечебной физической культуры в реабилитациипосле инсульта / Н.Е. Ерешко, А.В. Мельникова // Научные и образовательные основы в физической культуре и спорте. – 2022. – Т. 6. – № 2. – С. 64-69.
14. Рудь, Д.В. Применение ЛФК в комплексной реабилитации больных после инсульта / Д.В. Рудь, О.Г. Преснецов // Вестник науки. – 2018. – Т. 3. – № 6(6). – С. 34-40.
15. Современные подходы к разработке реабилитационных программ для повышения мышечной силы и объема движений в конечностях у больных после ишемического инсульта / А.А. Михайлова, К.В. Котенко, Н.Б. Корчажкина [и др.] // Физиотерапевт. – 2021. – № 5. – С. 18-23.
16. Белова, А.Н. Шкалы, тесты и опросники в неврологии и нейрохирургии / А.Н. Белова. – М.: Практическая медицина, 2018. – 696 с.
17. Ковальчук, В.В. Соблюдение мультидисциплинарного принципа ведения пациентов после инсульта как фактор эффективной реабилитации / В.В. Ковальчук, Т.Н. Хайбуллин, Т.И.

Миннуллин // Наука и здравоохранение. – 2015. – № 4. – С. 29-41
18. Новое в оценке общей выносливости при реабилитации пациентов в раннем восстановительном периоде ишемического инсульта / А.А. Вершинин, И.А. Беляева, М.Ю. Мартынов [и др.] // Вестник восстановительной медицины. – 2022. – Т. 21. – № 3. – С. 81-95
19. Карасева, И.А. Физическая реабилитация пациентов после инсульта в условиях стационара: учебное пособие для вузов / И.А. Карасева, В.В. Бобков. – СПб.: ООО «Издательство Лань», 2024. – 116 с.
20. Совершенствование подходов к медицинской реабилитации пациентов при последствиях острого нарушения мозгового кровообращения с использованием международной классификации функционирования / С.В. Шлык, С.С. Меметов, В.В. Ким [и др.] // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2024. – Т. 32. – № 5. – С. 953-958

REFERENCES

1. Dudkina O.V., Pomnikov V.G., Kritskaya L.A. International Classification of Functioning Disability and Health for Rehabilitation Diagnostics in Cerebrovascular Disorders. *Bulletin of New Medical Technologies, Edition*, 2024, vol. 18, no. 4, pp. 107-114. (in Russ.)
2. Machinsky P.A., Plotnikova N.A., Ulyankin V.E., Rybakov A.G., Makeev D.A. Comparative characteristics of the ischemic and hemorrhagic stroke morbidity indicators in Russia. *University Proceedings. Volga Region. Medical Sciences*, 2019, no. 2(50), pp. 112-132. (in Russ.)
3. Buylova T.V., Zverev Y.P., Balchugov V.A. Actual issues of the organization of professional retraining of physical rehabilitation specialists (kinesiospecialists) in the context of a new model of medical rehabilitation. *Manager of health care*, 2023, no. 10, pp. 65-71. (in Russ.)
4. Oleinikova T.A., Titova A.A., Evstratov A.V. Current state and trends in the incidence of brain infarction in Russia. *Scientific journal "Current problems of health care and medical statistics"*, 2021, no. 2, pp. 522-535. (in Russ.)
5. Luk'yanchikova L.V. The modern view on the problem of the quality of life in patients with ischemic stroke. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Psychology*, 2016, vol. 9, no. 4, pp. 64-72. (in Russ.)
6. Kovalchuk V.V., Barantsevich E.R., Galkin A.S., Bidenko M.A., Nesterin K.V., Rakhimova I.R. Multidisciplinary Principle of Patient Management After Stroke. Effectiveness Criteria and Success Factors for Physical, Neuropsychological, and Drug Rehabilitation. *Effective Pharmacotherapy*, 2020, vol. 16, no. 31, pp. 10-22. (in Russ.)
7. Chemekov V.P., Starkova E.Yu. Building of patient awareness during the recovery period after stroke increases the efficiency of rehabilitation. *Mental Health*, 2023, vol. 18, no. 8, pp. 12-21. (in Russ.)
8. Voronkova V.A., Ulyanova N.A. The role of physical culture in rehabilitation of persons who survived stroke. Problems and Innovations in Sports Management Recreation and Sport and Wellness Tourism: proceedings of the VII All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation (Kazan, June 8, 2021). Kazan: Volga State University of Physical Culture Sport and Tourism, 2021. pp. 156-158. (in Russ.)
9. Poletaeva K.A., Lerner V.L., Deryabina G.I. Method of Physical Rehabilitation for Men After Hemorrhagic Stroke Implemented at the Inpatient Stage. *Psychological-Pedagogical Journal "Gaudeamus"*, 2018, vol. 17, no. 1, pp. 37-44. (in Russ.)
10. Taratukhin E.O. Biopsychosocial approach – a modern demand for interdisciplinarity. *Russian Journal of Cardiology*, 2015, vol. 20, no. 9, pp. 80-83. (in Russ.)
11. Rozov Yu.A., Medvedev I.N. Physical rehabilitation of middle‑aged men with arterial hypertension after ischemic stroke. Modern Science and Education: materials of the All‑Russian Scientific and Practical Conference with international participation (Sibay, February 15, 2024). Sibay: Ufa University of Science and Technology, 2024. pp. 158-162. (in Russ.)
12. Roitberg G., Slastnikova I., Sharkhun O. A complex approach to the rehabilitation of stroke patients at the outpatient stage. *International Research Journal*, 2025, no. 9(159), pp. 1-5. (in Russ.)
13. Yereshko N.E., Melnikova A.V. The role of therapeutic physical culture in rehabilitation after a stroke. *Scientific and educational basics in physical culture and sports*, 2022, vol. 6, no. 2, pp. 64-69. (in Russ.)
14. Rud D.V., Presnetsov O.G. Application of therapeutic physical culture in the comprehensive rehabilitation of patients after stroke. *Vestnik nauki*, 2018, vol. 3, no. 6(6), pp. 34-40. (in Russ.)
15. Mikhailova A.A., Kotenko K.V. et al. Modern approaches to the development of rehabilitation programs for increasing muscle strength and volume of motion in the limbs in patients after ischemic stroke. *Physiotherapist*, 2021, no. 5, pp. 18-23. (in Russ.)
16. Belova A.N. Scales Tests and Questionnaires in Neurology and Neurosurgery. 3rd ed., revised

and expanded. Moscow: Practical Medicine, 2018. 696 p. (in Russ.)
17. Kovalchuk V.V., Khaibullin T.N., Minnullin T.I. Maintenance of the multidisciplinary principle of stroke patients management as a factor of effective rehabilitation. *Science and Healthcare*, 2015, no. 4, pp. 29-41. (in Russ.)
18. Vershinin A.A., Belyaeva I.A., Martynov M.Y. et al. New assessment of overall tolerance in the rehabilitation of patients in the early recovery period of ischemic stroke. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*, 2022, vol. 21, no. 3, pp. 81-95. (in Russ.)
19. Karaseva I.A., Bobkov V.V. Physical rehabilitation of patients after stroke in the inpatient setting: a textbook for universities. Saint Petersburg: Lan Publishing, 2024ю 116 p. (in Russ.)
20. Shlyk S.V., Memetov S.S., Kim V.V., Mamkhyagova L.P., Solonets I.L. The development of approaches to medical rehabilitation under after-troubles of acute disorders of cerebral blood circulation using International Classification of Functioning. *Problems of Social Hygiene, Public Health and History of Medicine*, 2024, vol. 32, no. 5, pp. 953-958. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Богдан Михайлович Чиж – аспирант кафедры адаптивной физической культуры, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма; лаборант кафедры восстановительной медицины, Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, e-mail: chizh_bogdan@mail.ru.
Светлана Петровна Лавриченко – кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой адаптивной физической культуры, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар, e-mail: slavrichenko@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Bogdan M. Chizh – postgraduate student of the Department of Adaptive Physical Education, Kuban State University of Physical Culture, Sports and Tourism. Laboratory Assistant at the Department of Rehabilitation Medicine, Kuban State Medical University, Krasnodar, e-mail: chizh_bogdan@mail.ru.
Svetlana P. Lavrichenko – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Adaptive Physical Education, Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, Krasnodar, e-mail: slavrichenko@mail.ru.

Для цитирования: Чиж, Б.М. Особенности работы кинезиоспециалиста при реабилитации двигательных нарушений после инсульта (обзор литературы) / Б.М. Чиж, С.П. Лавриченко // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_36

For citation: Chizh B.M., Lavrichenko S.P. Specifics of the kinesiotherapist’s work in the rehabilitation of motor impairments after stroke (literature review). *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_36

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