

СКФНКЦ ФМБА России
Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр

СОВРЕМЕННЫЕ ВОПРОСЫ БИОМЕДИЦИНЫ

Modern issues of biomedicine

Т. 9, № 1(31), 2025

СОВРЕМЕННЫЕ ВОПРОСЫ БИОМЕДИЦИНЫ © 2025

Т. 9, № 1(31), 2025

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 © 2025

Vol. 9, № 1(31), 2025

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

ИЗМЕНЕНИЕ ВЫРАЖЕННОСТИ ПРЕСИНАПТИЧЕСКОГО ТОРМОЖЕНИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ СОЧЕТАННОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И МАГНИТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА 11
А.С. Бойков, Р.М. Городничев

ФИЗИОЛОГИЯ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ КОРНЯ АОРТЫ
Т.Н. Василькова, В.В. Колпаков, Ю.А. Маслакова, Т.А. Веснина, А.И. Березенцева 17

РЕСПИРАТОРНЫЙ И ГОМЕОСТАТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ БЛОКАДЫ NMDA-РЕЦЕПТОРОВ НЕЙРОНОВ ПОЗАДИТРАПЕЦИЕВИДНОГО ЯДРА У ВЗРОСЛЫХ АНЕСТЕЗИРОВАННЫХ СПОНТАННО ДЫШАЩИХ КРЫС 24
Е.Н. Глазкова, О.В. Борисова, О.Г. Кузнецова, В.С. Татарников

ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ УЧАЩИХСЯ 10-Х КЛАССОВ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ 31
А.В. Деркач, Е.Н. Пашутина, Н.А. Гарская

ВЛИЯНИЕ ИГРОВЫХ СОБЫТИЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПУЛЬСОВОЙ ВОЛНЫ КИБЕРСПОРТСМЕНОВ 39
А.А. Зверев, Т.В. Сабиров, Д.И. Гончаренко, Е.С. Ниази, Е.В. Искакова

ИНТЕРВАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ КАДЕТОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ЛЕГКОЙ АТЛЕТИКОЙ 45
Е.А. Исанаева, С.Н. Павлов, Ф.Ю. Бильданова, С.Г. Боровик, А.А. Зверев

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА ПРИ АНТИОРТОСТАТИЧЕСКОМ ВЫВЕШИВАНИИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ МЫШЦ ГОЛЕНИ У САМЦОВ КРЫС СРЕДНЕГО ВОЗРАСТА 51
Н.Г. Искаков, М.Э. Балтин, О.В. Герасимов, А.А. Еремеев, А.О. Федянин

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ РИТМА СЕРДЦА И РЕАКЦИИ НА ПРОБУ С РЕГУЛИРУЕМЫМ РИТМОМ ДЫХАНИЯ У ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ С РАЗНЫМИ ТИПАМИ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ 60
О.В. Калабин, Ф.Б. Литвин, С.А. Молчанов, Л.В. Масальцева, Н.И. Чифанова

ИЗУЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОЛЬНОЙ И ВЫЗВАННОЙ АКТИВНОСТИ МЫШЦ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РАЗНЫХ ВИДОВ СПОРТА 67
Е.В. Ланская, Р.М. Городничев

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ НА РЕГУЛЯЦИЮ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ЛЕГКОАТЛЕТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА РЕГУЛЯЦИИ 74
Ф.Б. Литвин, О.А. Пронченкова, Н.В. Пешкова, И.Б. Быкова, Н.Б. Быкова

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ, МОТИВАЦИИ И ПСИХОДИНАМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ У ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЛЫЖНИКОВ 81
И.М. Мазикин, М.М. Лапкин, Н.Н. Сентябрев, М.В. Акулина, Н.А. Куликова

КОМПЛЕКСНОЕ ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ И УМСТВЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТОНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ВЕГЕТАТИВНЫХ ЦЕНТРОВ У СТУДЕНТОВ 90
Т.М. Николаева, Е.К. Голубева, Д.А. Скорлупкин

ОСОБЕННОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВНИМАНИЯ И ПАРАМЕТРОВ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ У МОЛОДЫХ ЛЮДЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ ХРОНОТИПА 96
С.И. Павленко, О.А. Ведясова, Д.С. Громова, А.Н. Инюшкин

УРОВЕНЬ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЮНОШЕЙ С РАЗНЫМИ ТИПОЛОГИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПОСЛЕ МАКСИМАЛЬНОЙ СТУПЕНЧАТОЙ ТРЕДБАНОМЕТРИИ 102
А.Ю. Приходько, Р.И. Айзман, И.И. Новикова

ВЛИЯНИЕ ВЕРБАЛЬНЫХ СТИМУЛОВ РАЗЛИЧНОЙ ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ ЗНАЧИМОСТИ НА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС БУДУЩИХ ВРАЧЕЙ 111
О.И. Слаповская, В.В. Русаков, А.Г. Патюков, А.Ю. Комаров

ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛЯЦИИ И ОРТОСТАТИЧЕСКОЙ РЕАКТИВНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У РОССИЙСКИХ И ТУРКМЕНСКИХ СТУДЕНТОВ 116
В.О. Ступин, А.В. Трясучев, Е.В. Курьянова

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ УМСТВЕННОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ У ЛИЦ С ВАГОТОНИЧЕСКИМ И СИМПАТИКОТОНИЧЕСКИМ ВАРИАНТОМ ИСХОДНОГО ВЕГЕТАТИВНОГО ТОНУСА В УСЛОВИЯХ СТРЕССА 126
В.В. Трифонов, А.И. Каранкевич

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЕРИНАТАЛЬНОЙ ГИПОКСИИ НА ФИЗИЧЕСКОЕ И СЕНСОМОТОРНОЕ РАЗВИТИЕ КРЫСЯТ 133
Н.Н. Федотова, О.Н. Павлова, О.Н. Гуленко, В.В. Леонов, Е.В. Лукенюк

АДАПТАЦИОННЫЕ КРАТКОСРОЧНЫЕ РЕАКЦИИ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ ДЕТЕЙ 5-6 ЛЕТ НА ЗАНЯТИЯХ СИНХРОННЫМ ПЛАВАНИЕМ 142
С.Н. Филиппова, А.Н. Корольков, В.А. Космачева

ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАСОСНОЙ ФУНКЦИИ СЕРДЦА СПОРТСМЕНОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПОВ КРОВООБРАЩЕНИЯ И НАГРУЗКИ ПОВЫШАЮЩЕЙСЯ МОЩНОСТИ 148
Р.Р. Хайруллин, Ю.С. Ванюшин, Д.Е. Елистратов, А.Ю. Кочнев

ВЗАИМОСВЯЗЬ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ С УСТОЙЧИВОСТЬЮ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЗЫ У ЭСТЕТИЧЕСКИХ ГИМНАСТОК ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ 154
С.Д. Шипунов, А.А. Мельников

Психофизиология

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ α-ДИАПАЗОНА ИСХОДНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ ИСПЫТУЕМЫХ С РАЗЛИЧНОЙ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬЮ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧИ «N-BACK» 161
Н.А. Каратыгин, И.И. Коробейникова, Я.А. Венерина

ТЕСТ ПРОСТРАНСТВЕННО-СИТУАЦИОННОЙ КООРДИНАЦИИ «ЗВЕЗДОЧКА»: НАДЕЖНОСТЬ И ВЗАИМОСВЯЗЬ С ТЕСТАМИ ЗРИТЕЛЬНО-МОТОРНОЙ КООРДИНАЦИИ 169
Т.С. Спирин, В.А. Грошев, А.Н. Ежов

Курортология и реабилитация

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВИБРОТАКТИЛЬНОЙ СТИМУЛЯЦИИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФУНКЦИИ ГЛОТАНИЯ У ПАЦИЕНТОВ С ИШЕМИЧЕСКИМ ИНСУЛЬТОМ НА II ЭТАПЕ МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ 176
А.О. Агафонова, М.Ю. Яковлев, Л.А. Исмаилова, Е.А. Гурьянова

КЛИМАТОТЕРАПИЯ И ЕЕ ЭФФЕКТЫ НА КУРОРТЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ СОЧИ 188
Ю.В. Корягина, А.П. Тычинина, В.С. Нопина, А.С. Нопин

Спортивная медицина

СТРЕСС-ИНДУЦИРОВАННАЯ КАРДИОМИОПАТИЯ (КРИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР)
Д.А. Андреев, К.А. Юрку, А.С. Самойлов, О.Э. Апрышко, В.И. Пустовойт 196

ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКА СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ У ЮНЫХ СПОРТСМЕНОВ В УСЛОВИЯХ НЕУСТОЙЧИВОГО РАВНОВЕСИЯ 209
И.Е. Никитюк, М.В. Савина

Физическая культура и профессиональная физическая подготовка

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СТУДЕНТОВ ТРАНСПОРТНОГО ВУЗА 217
А.В. Кокшаров, Э.В. Кладов, А.С. Мартынова

Теория и методика спорта

МЕТОДИКА РАЗВИТИЯ КООРДИНАЦИОННЫХ СПОСОБНОСТЕЙ ФУТБОЛИСТОВ 8-9 ЛЕТ, НАПРАВЛЕННАЯ НА СНИЖЕНИЕ ВЫРАЖЕННОСТИ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АСИММЕТРИИ 223
Г.С. Баймаков

СВЯЗЬ ОБЩЕФИЗИЧЕСКОЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ БОКСЕРОВ 14-15 ЛЕТ, РАЗЛИЧАЮЩИХСЯ СТИЛЕВЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ВЕДЕНИЯ ПОЕДИНКА 230
Ю.В. Демченко, В.А. Головлев, Ю.В. Яцин, В.А. Сальников

СТРУКТУРА ВЗАИМОСВЯЗИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОДВИЖНОСТИ В ЛУЧЕЗАПЯСТНЫХ СУСТАВАХ У ДЕТЕЙ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ТЕННИСОМ 236
А.А. Джумок, А.В. Пикалова, К.О. Козырев

ПОКАЗАТЕЛИ СТАТОКИНЕТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ДЕТЕЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ПОДХОДА К ПРОЦЕССУ СПОРТИВНОЙ ПОДГОТОВКИ В УШУ 243
И.В. Краснобаев, О.О. Кастальский, Е.В. Быков

ВЛИЯНИЕ МЕЖПОЛУШАРНОЙ АСИММЕТРИИ НА ТЕХНИЧЕСКУЮ ПОДГОТОВЛЕННОСТЬ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ФУТБОЛИСТОВ 251
А.И. Сафроненко, В.А. Блинов, С.Н. Мищенко

ИНФОРМАТИВНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ ПЛАВАТЕЛЬНЫХ ТЕСТОВ В РАЗНЫХ ЗОНАХ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ПЛОВЦОВ РАЗЛИЧНОЙ КВАЛИФИКАЦИИ 257
И.Н. Солопов, В.Б. Авдиенко, С.С. Садовая, И.В. Суслина

БАЗОВЫЕ КРИТЕРИИ ОПТИМИЗАЦИИ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СПОРТСМЕНОВ СИЛОВЫХ ВИДОВ СПОРТА 265
М.Х. Спатаева

Оздоровительная и адаптивная физическая культура

СЕВЕРНАЯ ХОДЬБА КАК МЕТОД ПРОФИЛАКТИКИ САРКОПЕНИИ У ЛИЦ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА 271
Е.Ф. Туровинина, Н.В. Логинова, Т.М. Клещевникова, Н.Р. Перетягина

CONTENTS

Physiology

CHANGES IN THE PRESYNAPTIC INHIBITION SEVERITY INFLUENCED BY COMBINED ELECTRICAL AND MAGNETIC STIMULATION OF THE SPINAL CORD 11
A.S. Bojkov, R.M. Gorodnichev

PHYSIOLOGY OF AORTIC ROOT CYCLIC DEFORMATION 17
T.N. Vasil'kova, V.V. Kolpakov, Yu.A. Maslakova, T.A. Vesnina, A.I. Berezentseva

RESPIRATORY AND HOMEOSTATIC EFFECT OF BLOCKADE OF NMDA RECEPTORS IN RETROTRAPEZOID NUCLEUS NEURONS IN ADULT ANESTHETIZED SPONTANEOUSLY BREATHING RATS 24
E.N. Glazkova, O.V. Borisova, O.G. Kuznetsova, V.S. Tatarnikov

ASSESSMENT OF THE PHYSICAL DEVELOPMENT OF THE 10TH GRADE PUPILS IN AN URBAN MAN-MADE ENVIRONMENT 31
A.V. Derkach, E.N. Pashutina, N.A. Garskaya

THE INFLUENCE OF GAMING EVENTS ON THE PULSE WAVE PARAMETERS OF CYBERSPORT ATHLETES 39
A.A. Zverev, T.V. Sabirov, D.I. Goncharenko, E.S. Niazi, E.V. Iskakova

INTERVAL ELECTROCARDIOGRAM CHARACTERISTICS OF CADETS ENGAGED IN TRACK-AND-FIELD 45
E.A. Isanaeva, S.N. Pavlov, F.Yu. Bil'danova, S.G. Borovik, A.A. Zverev

THE EFFECT OF MAGNETIC STIMULATION OF THE SPINAL CORD DURING ANTI-ORTHOSTATIC HANGING ON THE FUNCTIONAL CONDITION OF THE CALF MUSCLES IN MIDDLE-AGED MALE RATS 51
N.G. Iskakov, M.E. Baltin, O.V. Gerasimov, A.A. Eremeev, A.O. Fedianin

COMPARATIVE ANALYSIS OF HEART RATE VARIABILITY AND RESPONSE TO A TEST WITH A CONTROLLED BREATHING RHYTHM IN HIGHLY QUALIFIED ATHLETES WITH DIFFERENT TYPES OF ENERGY SUPPLY 60
O.V. Kalabin, F.B. Litvin, S.A. Molchanov, L.V. Masal'tseva, N.I. Chifanova

PARAMETERS OF VOLUNTARY AND INDUCED MUSCLE ACTIVITY IN REPRESENTATIVES OF DIFFERENT SPORTS 67
E.V. Lanskaya, R.M. Gorodnichev

THE EFFECT OF A WHEY DIETARY SUPPLEMENT ON THE HEART RATE REGULATION IN ATHLETES, DEPENDING ON THE TYPE OF REGULATION 74
F.B. Litvin, O.A. Pronchenkova, N.V. Peshkova, I.B. Bykova, N.B. Bykova

SYSTEMIC ANALYSIS OF THE PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF LOAD TESTING, MOTIVATION AND PSYCHODYNAMIC CHARACTERISTICS OF PROFESSIONAL SKIERS 81
I.M. Mazikin, M.M. Lapkin, N.N. Sentyabrev, M.V. Akulina, N.A. Kulikova

COMPREHENSIVE INFLUENCE OF PHYSICAL AND MENTAL WORKLOAD ON HEART RATE VARIABILITY DEPENDING ON THE TONIC ACTIVITY OF AUTONOMIC CENTERS IN STUDENTS 90
T.M. Nikolaeva, E.K. Golubeva, D.A. Skorlupkin

FEATURES OF ATTENTION INDICATORS AND PARAMETERS OF EXTERNAL RESPIRATION IN YOUNG PEOPLE, DEPENDING ON THEIR CHRONOTYPE 96
S.I. Pavlenko, O.A. Vedyasova, D.S. Gromova, A.N. Inyushkin

PHYSICAL PERFORMANCE LEVEL OF YOUNG MEN WITH DIFFERENT TYPOLOGICAL CHARACTERISTICS AFTER MAXIMAL TREADMILL STRESS TEST 102
A.Yu. Prikhod'ko, R.I. Ajzman, I.I. Novikova

INFLUENCE OF VERBAL STIMULI OF DIFFERENT EMOTIONAL SIGNIFICANCE ON PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATUS OF FUTURE DOCTORS 111
O.I. Slapovskaya, V.V. Rusakov, A.G. Patyukov, A.Yu. Komarov

FEATURES OF HEART RATE REGULATION AND ORTHOSTATIC REACTIVITY OF RUSSIAN AND TURKMEN STUDENTS 116
V.O. Stupin, A.V. Tryasuchev, E.V. Kuryanova

FEATURES OF MENTAL PERFORMANCE IN INDIVIDUALS WITH VAGOTONIC AND SYMPATHETIC TONIC VARIANT OF THE INITIAL VEGETATIVE TONE UNDER STRESS 126
V.V. Trifonov, A.I. Karankevich

EFFECT OF PERINATAL HYPOXIA ON PHYSICAL AND SENSORIMOTOR DEVELOPMENT OF RATS 133
N.N. Fedotova, O.N. Pavlova, O.N. Gulenko, V.V. Leonov, E.V. Lukenyuk

ADAPTIVE SHORT-TERM RESPONSES OF THE CARDIORESPIRATORY SYSTEM OF CHILDREN AGED 5-6 YEARS IN SYNCHRONIZED SWIMMING CLASSES 142
S.N. Filippova, A.N. Korol'kov, V.A. Kosmacheva

CHANGES IN THE HEART PUMPING FUNCTION INDICES OF ATHLETES DEPENDING ON THE BLOOD CIRCULATION TYPES AND THE LOAD OF INCREASING POWER 148
R.R. Khajrullin, Yu.S. Vanyushin, D.E. Elistratov, A.Yu. Kochnev

THE RELATIONSHIP OF ANTHROPOMETRIC INDICATORS WITH THE POSTURAL STABILITY IN ELITE AESTHETIC GYMNASTS 154
S.D. Shipunov, A.A. Mel'nikov

Psychophysiology

SPECTRAL CHARACTERISTICS OF THE α-BAND OF THE INITIAL ELECTROENCEPHALOGRAM IN SUBJECTS WITH DIFFERENT RESULTS OF "N-BACK" TASK 161
N.A. Karatygin, I.I. Korobejnikova, Ya.A. Venerina

SPACE (AROUND)-SITUATIONAL COORDINATION TEST "STAR": RELIABILITY AND RELATIONSHIP WITH HAND-EYE COORDINATION TESTS 169
T.S. Spirin, V.A. Groshev, A.N. Ezhov

Balneology and rehabilitation

THE VIBROTACTILE STIMULATION METHOD FOR RESTORING THE SWALLOWING FUNCTION IN PATIENTS WITH ISCHEMIC STROKE AT THE II STAGE OF MEDICAL REHABILITATION 176
A.O. Agafonova, M.Yu. Yakovlev, L.A. Ismailova, E.A. Gur'yanova

CLIMATE THERAPY AND ITS EFFECT IN THE FEDERAL RESORT OF SOCHI
Yu.V. Koryagina, A.P. Tychinina, V.S. Nopina, A.S. Nopin 188

Sports medicine

STRESS-INDUCED CARDIOMYOPATHY (CRITICAL REVIEW)
D.A. Andreev, K.A. Yurku, A.S. Samojlov, O.E. Apryshko, V.I. Pustovojt 196

EXPRESS DIAGNOSTICS OF STABILOMETRIC PARAMETERS IN YOUNG ATHLETES IN UNSTABLE EQUILIBRIUM CONDITIONS
I.E. Nikityuk, M.V. Savina 209

Physical culture and professional physical training

IMPROVING THE METHODOLOGY FOR MONITORING THE PHYSICAL FITNESS OF STUDENTS OF A TRANSPORT UNIVERSITY
A.V. Koksharov, E.V. Kladov, A.S. Martynova 217

Theory and methods in sports

METHOD OF DEVELOPING COORDINATION ABILITIES IN 8-9-YEAR-OLD SOCCER PLAYERS AIMED AT REDUCING THE SEVERITY OF MOTOR ASYMMETRY
G.S. Bajmakov 223

CONNECTION BETWEEN GENERAL PHYSICAL AND SPECIAL TRAINING OF 14-15-YEAR-OLD BOXERS WITH DIFFERENT FIGHTING STYLES
Yu.V. Demchenko, V.A. Golovlyov, Yu.V. Yatsin, V.A. Sal'nikov 230

RELATIONSHIP STRUCTURE OF THE WRIST JOINT MOBILITY INDICATORS IN CHILDREN PLAYING TENNIS
A.A. Dzhumok, A.V. Pikalova, K.O. Kozyrev 236

STATOKINETIC STABILITY INDICES OF CHILDREN WHEN USING A DIFFERENTIATED APPROACH IN THE WUSHU TRAINING PROCESS
I.V. Krasnobaev, O.O. Kastal'skij, E.V. Bykov 243

HOW INTERHEMISPHERIC ASYMMETRY INFLUENCES THE TECHNICAL FITNESS OF QUALIFIED SOCCER PLAYERS
A.I. Safronenko, V.A. Blinov, S.N. Mishchenko 251

INFORMATIVENESS AND RELIABILITY OF SWIMMING TESTS IN DIFFERENT ENERGY SUPPLY ZONES FOR SWIMMERS OF DIFFERENT QUALIFICATIONS
I.N. Solopov, V.B. Avdienko, S.S. Sadovaya, I.V. Suslina 257

CRITERIA FOR OPTIMIZING PSYCHOEMOTIONAL STATE OF STRENGTH SPORTS ATHLETES
M.Kh. Spataeva 265

Health and adaptive physical culture

NORDIC WALKING AS A METHOD OF PREVENTING SARCOPENIA IN THE ELDERLY
E.F. Turovinina, N.V. Loginova, T.M. Kleshchevnikova, N.R. Peretyagina 271

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_1
УДК 612.014.428

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_1
UDC 612.014.428

ИЗМЕНЕНИЕ ВЫРАЖЕННОСТИ ПРЕСИНАПТИЧЕСКОГО ТОРМОЖЕНИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ СОЧЕТАННОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И МАГНИТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА

А.С. Бойков, Р.М. Городничев
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта», г. Великие Луки, Россия

Аннотация. Целью данного исследования являлось изучение влияния сочетанного воздействия электрической и магнитной стимуляции спинного мозга на проявление пресинаптичсекого торможения. В экспериментах приняли участие 8 практически здоровых спортсменов мужского пола в возрасте от 18 до 22 лет, занимающихся спортивными играми. Оценка выраженности пресинаптического торможения проводилась по методике Y. Mizuno et al. Для стимуляционного воздействия на спинной мозг использовались стимуляторы: магнитный – «Нейро МС» (ООО «Нейрософт, Россия) и электрический – «NeoStim 4» (ООО «Косима», Россия). Стимуляция осуществлялась на уровне Т11-Т12 грудных позвонков. Выраженность пресинаптического торможения определялась до стимуляционного воздействия и на 1, 5, 10, 15, 20 минутах после его прекращения. Изолированное воздействие электрической стимуляции приводило к существенному подавлению тестирующего Н-рефлекса на 5 минуте после стимуляции, что свидетельствует о наибольшей выраженности пресинаптического торможения. При изолированной магнитной стимуляции достоверное уменьшение тестирующего Н-рефлекса в сравнении с контрольным отмечалось на 5-10 минутах. Сочетанная стимуляция вызывала наибольшее подавление на 15 минуте после ее прекращения. Таким образом, экспериментально доказано, что изолированное и сочетанное воздействие электрической и магнитной стимуляции на спинной мозг приводит к усилению пресинаптического торможения в его нейронных сетях.

Ключевые слова: пресинаптическое торможение, магнитная стимуляция, электрическая стимуляция, сочетанное воздействие.

CHANGES IN THE PRESYNAPTIC INHIBITION SEVERITY INFLUENCED BY COMBINED ELECTRICAL AND MAGNETIC STIMULATION OF THE SPINAL CORD

A.S. Bojkov, R.M. Gorodnichev
Velikiye Luki State Academy of Physical Culture and Sports, Velikiye Luki, Russia

Abstract. The objective of this study – to examine the combined effect of electrical and magnetic stimulation of the spinal cord on presynaptic inhibition. The experiments involved eight healthy male athletes engaged in sports games, age – 18 to 22 years old. The presynaptic inhibition severity was assessed with the method of Y. Mizuno et al. To achieve stimulating effects on the spinal cord the following stimulators were used: magnetic – Neuro MS (Neurosoft LLC, Russia) and electric – NeoStim 4 (Cosima LLC, Russia). Stimulation was carried out at the level of T11-T12 (thoracic spine). The presynaptic inhibition severity was identified before stimulation, immediately after stimulation, at 5, 10, 15, and 20 minutes of recovery. Isolated exposure to electrical stimulation revealed a significant suppression of the testing H-reflex at 5 minutes of recovery, which indicates the greatest presynaptic inhibition severity. In the study of isolated exposure to magnetic stimulation, a significant decrease in the testing H-reflex parameters, compared with the control ones, was found at 5-10 minutes of recovery. The combined stimulation caused the greatest suppression at 15 minutes of recovery. Thus, it has been experimentally proven that the isolated and combined effect of electrical and magnetic stimulation on the spinal cord leads to increased presynaptic inhibition of spinal motor neurons.

Keywords: presynaptic inhibition, magnetic stimulation, electrical stimulation, combined effects.

Введение. Функциональное взаимодействие между нейрональными структурами головного мозга и мотонейронными пулами спинного мозга имеет существенное значение для успешного решения двигательных задач различной сложности, а следовательно и влияет на уровень и проявление физических качеств человека. Взаимодействие корковых и спинальных нейронных сетей осуществляется посредством многих процессов: изменением организации активности двигательных единиц и мотонейронных пулов скелетных мышц; регуляцией нисходящих из мотонейронной зоны коры нервных импульсов; активацией тормозных систем на уровне спинного мозга; изменением возбудимости корковых и спинальных мотонейронов и других. В ряде нейрофизиологических исследований показано, что некоторые из названных процессов, определяющих взаимодействие между разноуровнемыми нейрональными сетями и проявление физических качеств, могут быть изменены с помощью изолированной электрической и магнитной стимуляции спинного мозга. Так, экспериментально доказано, что чрескожная электрическая стимуляция (ЧЭССМ) поясничного отдела спинного мозга в состоянии покоя приводит к ослаблению нереципрокного торможения α-мотонейронов, иннервирующих мышцы голени [1]. Показана возможность посредством ЧЭССМ улучшения постурального контроля, механизмом которого, вероятно, является повышение возбудимости α-мотонейронов спинного мозга, обеспечивающих регуляцию сокращения мышц нижних конечностей [2].

В исследовании Ю.В. Корягиной с соавторами установлено, что магнитная стимуляция (МС) пояснично-крестцовой области спортсменов в период интенсивных тренировочных нагрузок приводит к увеличению длительности и латентности М-ответа, а также к снижению его амплитуды и площади [3]. Регистрация характеристик мышечных ответов, вызванных магнитной стимуляцией спинного мозга на уровнях С7-Т1 и Т11-Т12 позвонков у стайеров и спринтеров, позволила выявить зависимость амплитуды мышечных ответов от направленности тренировочного процесса. Наибольшая амплитуда мышечных ответов обнаружена у бегунов-стайеров, а наименьшая – у бегунов-спринтеров [4].

В работе Федорова А.С. проведен сравнительный анализ влияния магнитной и электрической стимуляции на нервно-мышечный аппарат человека. Результаты его исследования показали, что при прогрессивно нарастающем повышении силы магнитной и электрической стимуляции n. tibialis происходит быстрое первоначальное увеличение амплитуды Н-ответа, затем стабилизация и последующее его резкое снижение. М-ответ характеризовался планомерным повышением амплитуды с увеличением интенсивности стимуляции. В случае нанесения магнитных стимулов максимальный Н-рефлекс и М-ответ регистрировались при меньшем увеличении силы раздражения по отношению к ее пороговой величине, чем при электрическом воздействии [5].

Заметим, что до сих пор при выявлении эффектов стимуляционных воздействий на активность мотонейронных пулов спинного мозга используется изолированная электрическая или магнитная стимуляция. На наш взгляд, изучение сочетанного воздействия двух вышеуказанных видов стимуляции может расширить возможности для целенаправленного управления активностью нейронных сетей спинного мозга.

В связи с этим цель нашей работы состояла в изучении влияния сочетанного воздействия электрической и магнитной стимуляции спинного мозга на проявление пресинаптического торможения.

Методы и организация исследования. В экспериментах приняли участие 8 практически здоровых спортсменов мужского пола в возрасте от 18 до 22 лет, занимающихся спортивными играми.

Пресинаптическое торможение определялось по методике Y. Mizuno et al. [6]. В соответствии с этой методикой оценивалась степень подавления амплитуды тестирующего Н-рефлекса m. soleus, вызываемого кондиционирующей стимуляцией n. peroneus profundus, в сравнении с амплитудой контрольного Н-рефлекса.

Кондиционирующая стимуляция наносилась за 100 мс до тестирующего раздражения n. tibialis. Постулировалось, что чем больше подавление (уменьшение) амплитуды тестирующего Н-рефлекса m. soleus по отношению к амплитуде контрольного Н-рефлекса, тем более выражено пресинаптическое торможение [7].

Тестирующий и контрольный Н-рефлекс m. soleus вызывался посредством стимуляции n. tibialis через монополярные электроды, при этом активный электрод был локализован в fossa poplitea, индифферентный на patella. При регистрации тестирующего и контрольного Н-ответа m. soleus использовалась сила стимула с амплитудой 15-25% от максимального значения. Амплитуду тестирующего Н-ответа m. soleus, регистрируемого в условиях кондиционирующей стимуляции, выражали в процентах от амплитуды контрольного Н-ответа.

Кондиционирующая стимуляция n. peroneus profiindus проводилась через монополярные электроды. Активный электрод располагался вблизи наружного угла fossa poplitea, латеральнее и дистальнее электродов для раздражения n. tibialis, индифферентный на patella. Кондиционирующий стимул на n. peroneus profundus по интенсивности подбирался так, чтобы он вызывал М-ответ m. tibialis anterior с амплитудой 5-15% от максимальной величины.

Для стимуляционного воздействия на спинной мозг использовались стимуляторы: магнитный – «Нейро МС» (ООО «Нейрософт, Россия) и электрический – «NeoStim 4» (ООО «Косима», Россия). Магнитная стимуляция (МС) осуществлялась при использовании двойной катушки (диаметр каждого кольца составлял 90 мм) на уровне Т11-Т12 грудных позвонков. Во время электрической стимуляции (ЭС) активный электрод фиксировался между остистыми отростками Т11-Т12 грудных позвонков, индифферентный электрод располагался над гребнями подвздошных костей. Интенсивность электрического и магнитного стимула подбиралась индивидуально для каждого испытуемого. Длительность сеанса стимуляции составляла 60 секунд, частота – 15 Гц. Выраженность пресинаптического торможения определялась перед стимуляционным воздействием и после его завершения на 1, 5, 10, 15, и 20 минутах. Статистическая обработка данных выполнялась с помощью программы STATISTICA 13.0. Данные представлены в виде среднего значения и среднего квадратического отклонения. Анализ динамики показателей до и после стимуляции осуществлялся с помощью критерия Вилкоксона.

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты исследования показали, что под воздействием электрической стимуляции подавление тестирующего Н-рефлекса возрастало (табл. 1). До проведения электрической стимуляции подавление амплитуды Н-рефлекса составляло 39,52±2,33%, а уже на первой минуте после ее завершения подавление увеличивалось на 16,9%. Наиболее существенное подавление тестирующего Н-рефлекса наблюдалось на 5 минуте, что свидетельствует о наибольшей выраженности пресинаптического торможения Ia афферентов m. soleus в этот период ($p<0,05$). На 10-20 минутах отмечалось некоторое ослабление выраженности пресинаптического торможения, но оно не достигало исходного уровня.

До воздействия магнитной стимуляции подавление амплитуды тестирующего Н-рефлекса достигало 38,21±2,28%. Под влиянием МС выраженность пресинаптического торможения увеличилась в период с 5 до 10 минуты после прекращения стимуляции на 24,63% и 24,21% соответственно (табл. 2). Статистически значимое уменьшение показателей тестирующего Н-рефлекса в сравнении с контрольным отмечалось только на 5-10 минутах после воздействия ($p<0,05$).

Анализ данных, отражающих сочетанное воздействие электрической и магнитной стимуляции на проявление пресинаптического торможения, выявил, что под влиянием такой стимуляции подавление амплитуды тестирующего Н-рефлекса также возросло (табл. 3).

Таблица 1

Изменение амплитуды Н-рефлекса m. soleus в условиях кондиционирующей стимуляции под влиянием электрической стимуляции

Показатели	До стимуляции		Т2, мВ				
			После стимуляции				
	К, мВ	Т1, мВ	1 мин	5 мин	10 мин	15 мин	20 мин
Амплитуда Н-рефлекса, мВ	4,20 ±0,19	2,54 ±0,13	1,83 ±0,12	**1,49 ±0,09***	1,96 ±0,14	2,17 ±0,15	2,06 ±0,15
Различия между тестирующим и контрольным Н-рефлексами, мВ	-1,66±0,24		-2,37 ±0,16	**-2,71 ±0,11**	-2,24 ±0,15	-2,03 ±0,15	-2,14 ±0,18
Тестирующий Н-рефлекс от контрольного, %	60,48±2,33		43,58 ±2,12	**35,48 ±2,43**	46,67 ±2,50	51,67 ±2,18	49,05 ±2,56
Подавление Н-рефлекса, %	-39,52±2,33		-56,42 ±2,12	**-64,52 ±2,43**	-53,33 ±2,50	-48,33 ±2,18	-50,95 ±2,56

Примечание: К – амплитуда контрольного Н-рефлекса; Т1 – амплитуда тестирующего Н-рефлекса в покое; Т2 – амплитуда тестирующего Н-рефлекса после стимуляции и в восстановительный период; $p<0,05$* – достоверные отличия между тестирующим (Т2) Н-рефлексом и контрольным (К).

Таблица 2

Изменение амплитуды Н-рефлекса m. soleus в условиях кондиционирующей стимуляции под влиянием магнитной стимуляции

Показатели	До стимуляции		Т2, мВ				
			После стимуляции				
	К, мВ	Т1, мВ	1 мин	5 мин	10 мин	15 мин	20 мин
Амплитуда Н-рефлекса, мВ	4,71 ±0,35	2,91 ±0,17	1,98 ±0,08	**1,75 ±0,07***	**1,77 ±0,09***	2,18 ±0,11	1,98 ±0,09
Различия между тестирующим и контрольным Н-рефлексами, мВ	-1,8±0,21		-2,73 ±0,15	**-2,96 ±0,09**	**-2,94 ±0,10**	-2,53 ±0,10	-2,73 ±0,12
Тестирующий Н-рефлекс от контрольного, %	61,79±2,28		42,04 ±2,67	**37,16 ±2,02**	**37,58 ±2,12**	46,29 ±2,35	42,04 ±2,48
Подавление Н-рефлекса, %	-38,21±2,28		-57,96 ±2,67	**-62,84 ±2,02**	**62,42 ±2,12**	-53,71 ±2,35	-57,96 ±2,48

Примечание: К – амплитуда контрольного Н-рефлекса; Т1 – амплитуда тестирующего Н-рефлекса в покое; Т2 – амплитуда тестирующего Н-рефлекса после стимуляции и в восстановительный период; $p<0,05$* – достоверные отличия между тестирующим (Т2) Н-рефлексом и контрольным (К).

Таблица 3

Изменение амплитуды Н-рефлекса m. soleus в условиях кондиционирующей стимуляции под влиянием сочетанной стимуляции

Показатели	До стимуляции		Т2, мВ				
			После стимуляции				
	К, мВ	Т1, мВ	1 мин	5 мин	10 мин	15 мин	20 мин
Амплитуда Н-рефлекса, мВ	4,68 ±0,18	2,86 ±0,10	2,31 ±0,13	2,21 ±0,09	**2,15 ±0,11**	**1,86 ±0,08***	2,12 ±0,09
Различия между тестирующим и контрольными Н-рефлексами, мВ	-1,82±0,16		-2,37 ±0,12	-2,47 ±0,10	**-2,53 ±0,10**	**-2,82 ±0,09**	-2,56 ±0,12
Тестирующий Н-рефлекс от контрольного, %	61,11±1,89		49,35 ±2,11	47,22 ±2,12	**45,94 ±2,32**	**39,74 ±2,08**	45,29 ±2,56
Подавление Н-рефлекса, %	-38,89±1,89		-50,65 ±2,11	-52,78 ±2,12	**-54,06 ±2,32**	**-60,26 ±2,08**	-54,71 ±2,56

Примечание: К – амплитуда контрольного Н-рефлекса; Т1 – амплитуда тестирующего Н-рефлекса в покое; Т2 – амплитуда тестирующего Н-рефлекса после стимуляции и в восстановительный период; $p<0,05$* – достоверные отличия между тестирующим (Т2) Н-рефлексом и контрольным (К).

Наиболее значительное усиление пресинаптического торможения в этом случае наблюдалось на 15 минуте после окончания воздействия ($p<0,05$), а выраженность процесса торможения в большинстве следующих за воздействием интервалов времени была меньше, чем при изолированном нанесении обеих видов стимуляции. Такая динамика выраженности пресинаптического торможения, вероятно, может определяться особенностями организации следовых потенциалов в нейрональных сетях спинного мозга, вызываемых изолированным и сочетанным стимуляционным воздействием.

Заключение. Однократный кратковременный сеанс магнитной и электрической стимуляции спинного мозга повышает в его нейрональных сетях выраженность пресинаптического торможения. При сочетанном стимуляционном воздействии максимальное усиление пресинаптического торможения происходит в более поздний период и менее значительное в сравнении с эффектом изолированной стимуляции.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рощина, Л.В. Эффект чрескожной электрической стимуляции спинного мозга на функциональное состояние моторной системы человека / А.А. Челноков, Л.В. Рощина// Теория и практика физической культуры. – 2020. – № 4. – С. 30.
2. Примак, И.С. Эффекты сочетанного воздействия электрической стимуляции спинного мозга и координационных упражнений на способность к сохранению равновесия у минифутболистов / И.С. Примак, С.М. Иванов, Р.М. Городничев // Наука и спорт: современные тенденции. – 2023. – Т. 11. – № 11. – С. 39–46.
3. Эффекты применения периферической магнитной стимуляции мышц торса спортсменов в период интенсивных тренировочных нагрузок / Ю.В. Корягина, С.М. Абуталимова, Ю.В. Кушнарева [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8. – № 3. – С. 262–270. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_03_28.
4. Ланская, О.В. Особенности вызванных ответов скелетных мышц у представителей различных видов спорта при магнитной и электрической стимуляции центральных и периферических структур нервной системы / О.В.

Ланская, Е.В. Ланская // Наука и спорт: современные тенденции. – 2017. – № 3. – С. 39–46.
5. Федоров, С.А. Сравнительный анализ влияния магнитной и электрической стимуляции на нервно-мышечный аппарат человека / С.А. Федоров, А.Г. Беляев, Ю.В. Шаркова // Теория и практика физической культуры. – 2015. – № 6. – С. 26–28.
6. Mizuno, Y. Reciprocal group I inhibition of triceps surae motoneurones in man / Y. Mizuno, R. Tanaka, N. Yanagisawa // Journal of Neurophysiology. – 1971. – Vol. 34. – P. 1010–1017.
7. Челноков, А.А. Закономерности формирования спинального торможения у человека: специальность 03.03.01 «Физиология»: диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук / Андрей Алексеевич Челноков. – Краснодар, 2014. – 320 с.

REFERENCES

1. Roshchina L.V., Chelnokov A.A. Effect of percutaneous electrical stimulation of spina cord on human motor system functionality. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2020, no. 4, p. 30. (in Russ.)
2. Primak I.S., Ivanov S.M., Gorodnichev R.M. Combined effects of spinal cord electrical stimulation and coordination exercises on the ability to maintain balance in futsal players. *Science and sport: current trends*, 2023, vol. 11, no.11, pp. 39–46. (in Russ.)
3. Koryagina Yu.V., Abutalimova S.M., Kushnareva Yu.V., Nopin S.V., Mitin I.N. Peripheral magnetic stimulation of the torso muscles of athletes during intense training activity. *Modern Issues of Biomedicine*, 2024, vol. 8, no. 3, pp. 262–270. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_03_28. (in Russ.)
4. Lanskaya O.V., Lanskaya E.V. Peculiarities of creative answers of skeletal muscles in representatives of various sports in magnetic and electric stimulation of central and peripheral structures of the nervous system. *Science and sport: current trends*, 2017, no. 3, pp. 39–46. (in Russ.)
5. Fedorov S.A., Belyaev A.G., Sharkova Yu.V. Comparative analysis of influence of magnetic and electrical stimulation on human neuromuscular system. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2015, no. 6, pp. 26–28. (in Russ.)
6. Mizuno Y., Tanaka R., Yanagisawa N. Reciprocal group I inhibition of triceps surae motoneurones in man. *Journal of Neurophysiology*, 1971, vol. 34, pp. 1010–1017.
7. Chelnokov A.A. Patterns of spinal inhibition in humans: an author's dissertation. Krasnodar, 2014.320 p. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Алексей Сергеевич Бойков – аспирант, ФГБОУ ВО ВЛГАФК, Великие Луки, e-mail: daentogostka@gmail.com.
Руслан Михайлович Городничев – доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии и спортивной медицины ФГБОУ ВО ВЛГАФК, Великие Луки, e-mail: gorodnichev@vlgafc.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Aleksej S. Bojkov – Post-Graduate Student, Velikiye Luki State Academy of Physical Culture and Sports, Velikiye Luki, e-mail: daentogostka@gmail.com.
Ruslan M. Gorodnichev – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Physiology and Sports Medicine, Velikiye Luki State Academy of Physical Culture and Sports, Velikiye Luki, e-mail: gorodnichev@vlgafc.ru.

Для цитирования: Бойков, А.С. Изменение выраженности пресинаптического торможения под влиянием сочетанной электрической и магнитной стимуляции спинного мозга / А.С. Бойков, Р.М. Городничев // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_1

For citation: Bojkov A.S., Gorodnichev R.M. Changes in the presynaptic inhibition severity influenced by combined electrical and magnetic stimulation of the spinal cord. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_1

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_2
УДК 612.172.6

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_2
UDC 612.172.6

ФИЗИОЛОГИЯ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ КОРНЯ АОРТЫ

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

Аннотация. Анатомические структуры корня аорты достаточно хорошо изучены, однако по сей день нет четкого понимания о физиологии его работы, а именно циклическом изменении его формы и размеров. Данные физиологические деформации играют важную роль в оптимизации сердечного выброса. Современные исследования идут по пути изучения гемодинамики с использованием рентгеноконтрастных меток, с применением пульс-дупликатора, но наиболее ценными являются функциональные методы диагностики у пациентов, перенесших различные вмешательства на корне аорты. Показано, что наиболее анатомичные вмешательства ассоциируются с наилучшим исходом для пациента с точки зрения ремоделирования камер сердца и показателей центральной гемодинамики.
Ключевые слова: аортальный клапан, корень аорты, гемодинамика, ремоделирование, циклическая деформация.

PHYSIOLOGY OF AORTIC ROOT CYCLIC DEFORMATION

T.N. Vasil’kova, V.V. Kolpakov, Yu.A. Maslakova, T.A. Vesnina, A.I. Berezentseva
Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia

Abstract. The anatomical structures of the aortic root are fairly well understood, but to this day there is no clear understanding of its physiology, namely, the cyclic changes in its shape and size. These physiological deformations play an important role in optimizing cardiac output. Modern studies are on the way to study hemodynamics with the use of X-ray contrast marks, with the use of pulse duplicator, but the most valuable are functional diagnostic methods in patients who have undergone various interventions on the aortic root. It is shown that the most anatomic interventions are associated with the best patient outcome in terms of cardiac chamber remodeling and central hemodynamic parameters.
Keywords: aortic valve, aortic root, hemodynamics, remodeling, cyclic deformation.

Введение. Кадаверная анатомия клапанов сердца давно изучена, проведены масштабные исследования по изучению взаимосвязей различных анатомических размеров аортального клапана с ростом, возрастом и прочими антропометрическими характеристиками. Имеется большое количество регрессионных формул, описывающих аортальный клапан – пожалуй, самый главный клапан в сердце [1, 2].

Аортальный клапан анатомически занимает центральное положение в основании сердца, а с точки зрения гемодинамики играет наиболее значимую роль в перфузии всех органов, включая само сердце. Показано, что именно аортальные пороки раньше всего приводят к серьезным гемодинамическим проблемам [3].

В частности, при аортальном стенозе чаще всего наблюдается грубое гемодинамическое осложнение, характеризующееся лимитированным сердечным выбросом [4]. Вне зависимости от усилия миокарда по изгнанию крови из левого желудочка в условиях увеличения потребности в гемоперфузии, минутный объем крови оказывается ограниченным трансклапанной пропускной способностью, что приводит к так называемому «синдрому лимитированного сердечного выброса», главной характеристикой которого являются синкопальные состояния (так называемый синдром Морганьи-Адамса-Стокса). Даже здоровый миокард левого желудочка, обладающий большими резервными возможностями, не может наращивать минутный объем крови, что приводит к транзиторной ишемии головного мозга, чаще всего при физической нагрузке [5].

И, наоборот, недостаточность аортального клапана также приводит к тяжелым изменениям, сказывающимся как на

системной гемодинамике, так и на состоянии камер сердца. В условиях регургитации по закону Франка-Старлинга значительно возрастает преднагрузка растяжением, то есть в условиях большего растяжения наращивается сила сокращения миокарда, что приводит к грубой перестройке центральной гемодинамики, нарушению рецептильности каротидного гломуса и высокой систолической гипертензии, купирование которой может оказаться фатальным [6].

Несмотря на высокую распространенность аортального порока, а также большой клинический опыт ведения подобных больных, до сих пор нет «идеального способа замены нативного аортального клапана» [7]. Связано это именно с отсутствием понимания важнейших физиологических компонентов запирательной работы нативного клапана [8].

Наиболее распространенный способ замены аортального клапана – это его протезирование. Операция может выполняться как в редакции с имплантацией протеза на место клапана (в аортальную позицию), так и в редакции с полной заменой всех экстракардиальных структур корня аорты [9]. Данные способы используются до сих пор, однако, уже сейчас понятно, что они не являются физиологичными с точки зрения гемодинамики (не учитывая необходимость в пожизненной антикоагуляции и высокий риск инфекционного протезного эндокардита) [10].

Современные механические протезы клапанов сердца обладают слишком высоким трансклапанным градиентом, который значительно выше физиологического. У многих из них нет центрального потока, что приводит к резкому снижению эффективности насосной функции и появлению проблемы механического гемолиза, турбулентности и так далее. Биологические протезы клапанов сердца имеют гемодинамические преимущества, однако в корне далеки от физиологии нативного клапана. Наличие каркаса в них значительно ускоряет имплантацию и делает операцию стандартизированной, однако значительно нарушает естественную деформабельность корня аорты, что приводит к патологическому ремоделированию миокарда левого желудочка даже после хирургического лечения аортального порока, мало того, значительно снижает эффективность сердечного выброса за счет нефизиологично малой площади открытия (эффективная площадь открытия аортального клапана), а также довольно больших потерь энергии на открытии (в свою очередь нативный аортальный клапан имеет свойство открываться даже при отсутствии трансклапанного градиента, то есть в условиях изометрии давления в аорте и левом желудочке) [11].

Отсюда актуальность работы – (1) доклад об особенностях работы аортального клапана (в узком смысле) и работы всего корня аорты поможет понять, каких принципов следует придерживаться при операциях на корне аорты, (2) критическая оценка экспериментальных и клинических исследований физиологии корня аорты позволит акцентировать внимание на нерешенных фундаментальных проблемах клапанной гемодинамики, (3) отмеченная ценность сохранения геометрии и физиологии корня аорты при оперативных вмешательствах в клинике вызовет интерес к реконструктивным вмешательствам (где это возможно) и максимально анатомичной замене структур корня аорты (неокуспидизация, использование человеческих аллографтов и прочее).

Цель работы – критический анализ фундаментальных и клинических исследований, посвященных нормальной и патологической физиологии корня аорты.

Методы и организация исследования. Источником научной литературы для данного обзора явились периодические издания, материалы конференций, кандидатские и докторские диссертации, монографии и прочие материалы, найденные в том числе с использованием базы данных PubMed по запросам: «Aortic valve», «Aortic root», «Hemodinamics of aortic valve» и прочим. В ходе изучения научной литературы применялись методы анализа, синтеза, обобщения и систематизации.

Результаты исследования и их обсуждение. В процессе анализа литературных источников, где освещаются как фундаментальные исследования, так и клинические результаты оперативных вмешательств в анатомию корня аорты с целью восстановления запирательной функции, было обнаружено не так много качественных исследований.

Наиболее часто встречается описание методов рентгеноскопии и функционального исследования, также есть исследования по контролю за изменением системного давления прямым методом и прочими.

Стоит отметить, что в условиях недостатка информации ряд необъяснимых феноменов могут быть интерпретированы с точки зрения эволюционно-генетической позиции. Многие процессы несмотря на отсутствие объяснения могут смело считаться оптимальными в связи с направленностью эволюционного процесса на создание наиболее оптимальной и жизнеспособной физиологии.

Рассматривая отдельные, критически важные вопросы анатомии аортального клапана и корня аорты необходимо отметить, что в терминологии структур корня аорты присутствует некоторая путаница. Например, у большинства хирургов нет понятия о многосоставном строении корня аорты. Понятие «аортальное кольцо» или «фиброзное кольцо» в корне неверно и мешает пониманию физиологии аортального клапана [12].

В данной работе мы откажемся от термина «фиброзное кольцо аортального клапана» в пользу терминов «вентрикулоартериальное соединение», «синотубулярное соединение», «линия прикрепления створок аортального клапана».

Стоит отметить, что линия прикрепления створок аортального клапана имеет объемную структуру коронообразной формы и находится в самом основании синусов Вальсальвы, мало того, в самой глубокой части переходит на миокард левого желудочка, пересекая вентрикулоартериальное соединение (так называемые «точки надиров») (рис. 1).



Рис. 1. В условиях WetLab показана объемная анатомия линии прикрепления створок аортального клапана. Синусы Вальсальвы иссечены

Анатомо-физиологическое строение аортального клапана обусловлено рядом выполняемых им функций. Данная анатомия, а именно относительно большой периметр фигуры линии прикрепления створок аортального клапана, обеспечивает высокую вариабельность открытия аортального клапана [13]. Именно из-за того, что аортальный клапан имеет не «фиброзное кольцо», а «корону», перед началом сокращения происходит аксиальное смещение корня аорты, что приводит с одной стороны к «расплющиванию» линии прикрепления створок, а с другой стороны – к открыванию створок без градиента давления, о чем писал Р.М. Муратов – аортальный клапан способен открываться без давления на открытие.

В одном из исследований циклическая деформация корня аорты изучалась «методом меток». Рентгенконтрастные имплантаты помещались в области комиссур, надиров и синусов Вальсальвы (рис. 2) [14]. По результату исследования было показано, что корень аорты является крайне динамичной структурой. Систолодиастолическая площадь на уровне вентрикуло-аортального соединения колеблется до 50% от его площади.

Мало того, значительно изменяется угол между параболой прикрепления каждой из створок и выводным отделом левого желудочка. Это поворачивает створку таким образом, что вектор давления на открытие действует на створку почти под прямым углом, что значительно облегчает ее открытие.

Деформация корня аорты связана с влиянием близлежащих структур. Очевидно, что центральное положение корня аорты неслучайно. Sud A. и коллеги продемонстрировали наиболее значимые структуры, окружающие аортальный клапан со всех сторон (рис. 3) [15].

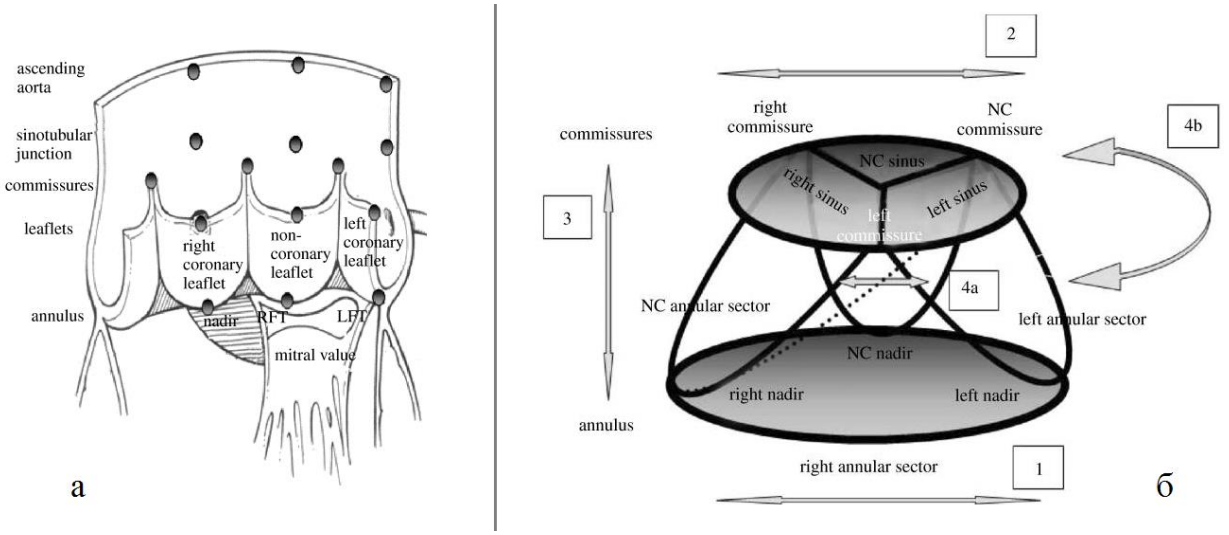


Рис. 2. Способ исследования деформации корня аорты in vivo по Cheng A.
а – расстановка меток в корне аорты, б – результаты наблюдений

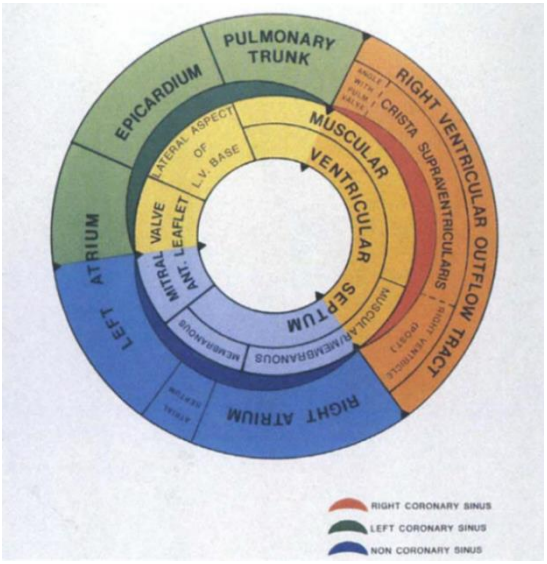


Рис. 3. Схема структур, окружающих аортальный клапан (Sud A.)

В настоящее время не так много работ по моделированию влияния движения окружающих структур на работу клапана. Однако есть ряд лучевых исследований потока, в соответствии с которым можно сделать ряд выводов.

Во-первых, расширение синусов Вальсальвы обеспечивает достаточное

отклонение створок вплоть до почти полного проваливания и достижения диаметра аорты в восходящей части с нивелированием разницы размеров синусной и артериальной части в синотубулярном соединении [16].

Во-вторых, показано, что внешняя компрессия корня аорты создает условия для оптимального закрытия створок. При этом не наблюдается ретроградного коронарного потока, а, наоборот, перфузия коронарных артерий достигает пика [17].

Эффективность кореньсохраняющих и кореньвыносящих операций можно оценить, опираясь на сравнительный анализ клинических результатов. Роль циклической деформации наглядно демонстрируется при сравнении гемодинамических результатов операций с сохранением корня аорты и без сохранения. Предложено несколько вариантов сохранения нативной анатомии и упругости корня аорты: методики David, Yacoub и прочие [18].

В сравнении с кореньвыносящей операцией гемодинамика при сохранении геометрии корня аорты значительно лучше, что выражается в отсутствии патологического ремоделирования камер сердца, в отсутствии снижения объемного потока через аортальный клапан, в нативной гемодинамике. Таким образом, сохранение геометрии корня аорты и его упругости оказывается критически важным в обеспечении оптимальной гемодинамики.

В связи с этим крайне актуально и дальше изучать данный вопрос и решать проблемы протезирования аортального клапана без потери его нормальной физиологии.

Методы моделирования позволят найти предикторы сохранения трансклапанного градиента на наиболее низком уровне, что решит проблему замены клапана, однако, пока наилучшим вмешательством в клапанной хирургии является реконструкция – сложная и трудно воспроизводимая реконструкция коронообразной анатомии прикрепления створок, имитация синусов Вальсальвы, сохранение надиров и так далее (рис. 4).

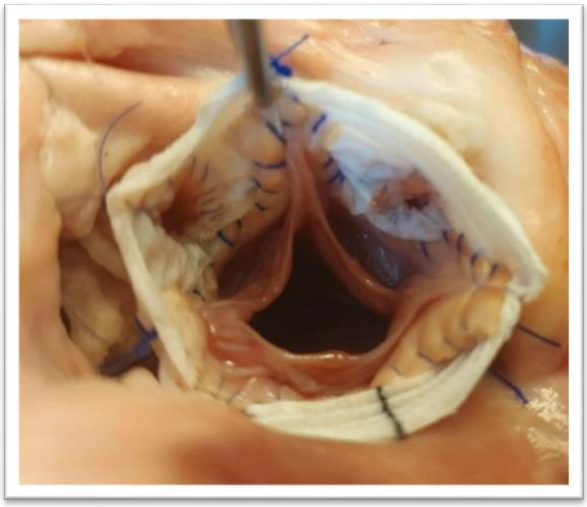


Рис. 4. Способ восстановления анатомии корня аорты с сохранением оптимальной гемодинамики, выполненный нами по методике David.

Заключение. В настоящее время накоплено не так много фундаментальных исследований, касающихся изучения гемодинамики аортального клапана. Это может быть связано со сложностью исследования in vivo, необходимостью точных визуализирующих методик, а не оператор-зависимого результата (как в случае с эхокардиоскопией).

Вместе с этим, с точки зрения эволюционного подхода к проблеме, вполне понятно, что центральное положение корня аорты в организме человека неслучайно, а его упруго-эластические взаимодействия с близлежащими структурами обеспечивают оптимальную гемодинамику корня аорты, чего не наблюдается при имплантации каркасных протезов клапанов сердца.

Корень аорты является динамической структурой, подвергающейся циклической деформации во время сердечного цикла.

Ротационные, аксиальные и прочие векторы деформации обеспечиваются благодаря особой упругости восходящего отдела аорты. Упругие свойства обеспечиваются особенностью эмбриогенеза – в отличие от большей части аорты восходящий отдел формируется из нервного гребня, а не из брюшной эмбриональной аорты.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности. Авторы выражают благодарность научному отделу, виварию и гистологической лаборатории 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, Vivarium and Histology Laboratory of the Ryazan State Medical University for actively contributing to the study.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Geometry of homograft valve leaflets – effect of dilation of the aorta and the aortic root / K.J. Lockie, M. Butterfield, J. Fisher [et al] // Ann. Thorac. Surg. – 1993. – № 56. – P. 125–130.
2. Time-resolved 3-dimensional velocity mapping in the thoracic aorta–visualization of 3-directional blood flow patterns in healthy volunteers and patients / M. Markl, M.T. Draney, M.D. Hope [et al] // J. Comput. Assist.Tomogr. – 2004. – № 28. – P 459–468. DOI: 10.1097/00004728-200407000-00005.
3. Dynamic aortic root–it's role in aortic-valve function / R.J. Brewer, J.D. Deck, B. Capati, S.P. Nolan // J. Thorac. Cardiovasc. Surg. – 1976. – № 72. – P. 413–417.
4. An approach to the simulation of fluid–structure interaction in the aortic valve / C.J. Carmody, G. Burriesci, I.C. Howard, E.A. Patterson // J. Biomech. – 2004. – № 39. – P. 158–169. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2004.10.038.
5. Helical and retrograde secondary flow patterns in the aortic-arch studied by directional magnetic-resonance velocity mapping / P.J. Kilner, G.Z. Yang, R.H. Mohiaddin [et al] // Circulation. – 1993. – № 88. – P. 2235–2247.
6. A four-dimensional study of the aortic root dynamics / E. Lansac, H.S. Lim, Y. Shomura [et al] // Eur.J. Cardiothorac. – 2002. – № 22. – P. 497–503. DOI: 10.1016/S1010-7940(02)00405-0.
7. Протезирование трикуспидального клапана митральным гомографтом: техника операции и непосредственные результаты / Р.Н. Комаров, М.Д. Нуждин, А.О. Симонян [и др.] // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. – 2023. – Т. 16. – № 4. – С. 443–448. DOI: 10.17116/kardio 202316041443. [In English] Komarov R.N., Nuzhdin M.D., Simonyan A.O., Drakina O.V., Tsaregorodtsev A.V. Tricuspid valve replacement with a mitral homograft: surgical technique and immediate results. *Russian Journal of Cardiology and Cardiovascular Surgery*, 2023, no. 16(4), pp. 443–448. DOI: 10.17116/kardio202316041443 (in Russ.)
8. Henderson, Y. Two modes of closure of the heart valves. Heart 4 / Y. Henderson, F.E. Johnson. – 1912. – P. 69–82.
9. Mini-invasive transmitral myectomy and mitral valve replacement in obstructive hypertrophic cardiomyopathy case / I.D. Zemlyannikov, A.V. Tsaregorodtsev, H.N. Nguyen [et al] // Extreme Medicine. – 2023. – № 2. – P. 105. DOI: 10.47183/mes.2023.012.
10.Технические аспекты и результаты применения клапанных гомографов в хирургии атриовентрикулярных клапанов сердца: систематический обзор / М. Нуждин, Р. Комаров, Д. Мацуганов [и др.] // Патология кровообращения и кардиохирургия. – 2023. –№ 27 (2). – С. 42–53. [In English] Nuzhdin M., Komarov R., Matsuganov D., Melnikov I., Tsaregorodtsev A. Technical aspects and results of valve homographs in atrioventricular heart valve surgery: a systematic review. *Circulatory Pathology and Cardiac Surgery*, 2023, no. 27(2), pp. 42–53. DOI: 10.21688/1681-3472-2023-2-42-53. (in Russ.)
11.Mitral homograft in tricuspid position: indications for implantation and surgical technique / R.N. Komarov, M.D. Nuzhdin, V.A. Belov [et al] // Complex Issues of Cardiovascular Diseases. – 2023. – № 12(2). – P. 173–182. DOI: 10.17802/2306-1278-2023-12-2-173-182.
12.Asymmetric redirection of flow through the heart / P.J. Kilner, G.Z. Yang, A.J. Wilkes, R.H. Mohiaddin, D.N. Firmin, M.H. Yacoub // Nature. – 2000. – № 404. – P. 759–761. DOI: 10.1038/35008075.
13.Stress-sharing between sinuses and leaflets of the aortic-valve / M.J. Thubrikar, S.P. Nolan, J. Aouad, J.D. Deck // Surg. Forum. – 1984. – № 35. – P. 250–252.

14.Cheng, A. Aortic root dynamics and surgery: from craft to science / A. Cheng, P. Dagum, D.C. Miller // Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. – 2007. – Vol. 362 (1484). – P. 1407. DOI: 10.1098/rstb.2007.2124.
15.Sud, A. Anatomy of the Aortic Root / A. Sud, F. Parker, D. Magilligan // The Annals of Thoracic Surgery. – 1984. – № 38 (1). – P. 76–79. DOI: 10.1016/S0003- 4975(10)62195-9.
16.The aortic outflow and root: a tale of dynamism and crosstalk / M.H. Yacoub, P.J. Kilner, E.J. Birks, M. Misfeld // The Annals of Thoracic Surgery. – 1999. – № 68 (3). – P. 37–43. DOI: 10.1016/s0003-4975(99)00745-6.
17.Innervation of human atrioventricular and arterial valves / K. Maron, M.H. Yacoub, J.M. Polak [et al.] // Circulation. – 1996. – № 94. – P. 368–375.
18.David, T.E. An aortic valve-sparing operation for patients with aortic incompetence and aneurysm of the ascending aorta / T.E. David, C.M. Feindel // J Thorac Cardiovasc Surg. – 1992. – № 103 (4). – P. 617. DOI: 10.1016/s0022-5223(19)34942-6.
19.Клинико-функциональные параметры кардиоваскулярной системы у больных артериальной гипертензией в зависимости от типа распределения жировой ткани / Т.Н. Василькова, Т.Б. Баклаева, Г.А. Василькова [и др.] // Медицинская наука и образование Урала. – 2022. – Т. 23. – № 2 (110). – С. 7–11. [In English] Vasilkova T.N., Baklaeva T.B., Vasilkova G.A. et al. Clinical and functional parameters of the cardiovascular system in patients with arterial hypertension depending on the type of adipose tissue distribution. *Medical Science and Education of the Urals*, 2022, vol. 23, no. 2 (110), pp. 7–11. DOI: 10.36361/18148999_2022_23_2_7 (in Russ.).
20.Модифицированная техника экзопротезирования корня и восходящего отдела аорты по методике Florida Sleeve / А.В. Лысенко, Г.И. Салагаев, П.В. Леднев [и др.] // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. – 2023. – Т. 16. – № 1. – С. 118–120. [In English] Lysenko A.V., Salagaev G.I., Lednev P.V. et al. Modified technique of exoprosthetic replacement of the aortic root and ascending aorta using Florida Sleeve technique. *Cardiology and Cardiovascular Surgery*, 2023, vol. 16, no. 1, pp. 118–120. DOI 10.17116/kardio202316011118 (In Russ.).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Татьяна Николаевна Василькова – доктор медицинских наук, профессор, ФГБОУ ВО Тюменский ГМУ Минздрава России, Тюмень, e-mail: vasilkova@tyumsmu.ru.
Виктор Васильевич Колпаков – доктор медицинских наук, профессор, ФГБОУ ВО Тюменский ГМУ Минздрава России, Тюмень, e-mail: kolpakov661@rambler.ru.
Юлия Александровна Маслакова – кандидат медицинских наук, доцент кафедры нормальной физиологии, ФГБОУ ВО Тюменский ГМУ Минздрава России, Тюмень, e-mail: doctorulia555@mail.ru.
Татьяна Анатольевна Веснина – старший преподаватель кафедры нормальной физиологии, ФГБОУ ВО Тюменский ГМУ Минздрава России, Тюмень, e-mail: rossa600@mail.ru
Анна Ивановна Березенцева – кандидат педагогических наук, доцент кафедры нормальной физиологии, ФГБОУ ВО Тюменский ГМУ Минздрава России, Тюмень, e-mail: bereza-psy@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Tat'yana N. Vasilkova – Doctor of Medical Sciences, Professor, Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia, e-mail: vasilkova@tyumsmu.ru.
Viktor V. Kolpakov – Doctor of Medical Sciences, Professor, Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia, e-mail: kolpakov661@rambler.ru.
Yulia A. Maslakova – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Normal Physiology, Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia, e-mail: doctorulia555@mail.ru.
Tat'yana A. Vesnina – Senior Lecturer of the Department of Normal Physiology, Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia, e-mail: rossa600@mail.ru.
Anna I. Berezentseva – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Normal Physiology, Tyumen State Medical University, Tyumen, e-mail: bereza-psy@yandex.ru.

Для цитирования: Физиология циклической деформации корня аорты / Т.Н. Василькова, В.В. Колпаков, Ю.А. Маслакова [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_2

For citation: Vasil'kova T.N., Kolpakov V.V., Maslakova Yu.A., Vesnina T.A., Berezentseva A.I. Physiology of aortic root cyclic deformation. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_2

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_3
УДК 612.82

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_3
UDC 612.82

РЕСПИРАТОРНЫЙ И ГОМЕОСТАТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ БЛОКАДЫ NMDA-РЕЦЕПТОРОВ НЕЙРОНОВ ПОЗАДИТРАПЕЦИЕВИДНОГО ЯДРА У ВЗРОСЛЫХ АНЕСТЕЗИРОВАННЫХ СПОНТАННО ДЫШАЩИХ КРЫС

Е.Н. Глазкова[1], О.В. Борисова[1], О.Г. Кузнецова[1], В.С. Татарников[2]
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Самара, Россия
[2]ООО «Техсервис», г. Самара, Россия

Аннотация. На анестезированных уретаном спонтанно дышащих крысах в условиях острого эксперимента изучено влияние блокады NMDA-рецепторов нейронов позадитрапециевидного ядра на параметры разрядов диафрагмального нерва, артериальное давление и объемную концентрацию CO_2 в выдыхаемом газе ($F_{ET}CO_2$). После двусторонней микроинъекции селективного блокатора NMDA-рецепторов кетамина в позадитрапециевидном ядре было выявлено увеличение времени экспирации более чем в 2 раза, повышение амплитуды разрядов диафрагмального нерва в среднем на 30% и снижение $F_{ET}CO_2$ в среднем на 0,6 мм рт. ст. по сравнению с данными параметрами до воздействия (во всех случаях $p<0,05$). Длительность разрядов диафрагмального нерва и уровень системного артериального давления достоверно не изменялись. Были сделаны выводы, что нейроны в области позадитрапециевидного ядра получают глутаматную стимуляцию в отсутствии афферентных раздражителей. Эндогенный глутамат в позадитрапециевидного ядра через NMDA-рецепторы регулирует баланс амплитуды и частоты разрядов диафрагмального нерва, а также поддерживает газовый гомеостаз крови на необходимом уровне в условиях спонтанного дыхания.

Ключевые слова: позадитрапециевидное ядро, NMDA-рецепторы, дыхание, артериальное давление.

RESPIRATORY AND HOMEOSTATIC EFFECT OF BLOCKADE OF NMDA RECEPTORS IN RETROTRAPEZOID NUCLEUS NEURONS IN ADULT ANESTHETIZED SPONTANEOUSLY BREATHING RATS

E.N. Glazkova[1], O.V. Borisova[1], O.G. Kuznetsova[1], V.S. Tatarnikov[2]
[1]Samara State Medical University, Samara, Russia
[2]Techservice LLC, Samara, Russia

Abstract. In urethane-anesthetized spontaneously breathing rats under acute experiment conditions, the effect of blockade of NMDA receptors of the retrotrapezoid nucleus on parameters of phrenic nerve discharges, blood pressure and CO_2 volume concentration in exhaled gas ($F_{ET}CO_2$) was studied. After bilateral microinjection of selective NMDA receptor blocker (ketamine) into the retrotrapezoid nucleus we have found an increase in the expiration time by more than 2 times, an increase in the phrenic nerve discharge amplitude by an average of 30% and a decrease in $F_{ET}CO_2$ by an average of 0.6 mm of Hg compared with these parameters before exposure (in all cases $p<0.05$). The phrenic nerve discharge duration and systemic blood pressure level did not change significantly. It was concluded that retrotrapezoid nucleus neurons receive glutamate stimulation in the absence of afferent stimuli. Endogenous glutamate in retrotrapezoid nucleus through NMDA receptors regulates the balance of phrenic nerve discharge amplitude and frequency and maintains blood gas homeostasis at the required level under conditions of spontaneous respiration.

Keywords: retrotrapezoid nucleus, NMDA receptors, respiration, blood pressure.

Введение. Дыхание необходимо для поддержания гомеостаза газов крови, поэтому понимание клеточных и молекулярных механизмов регуляции дыхания остается приоритетом медицинских исследований. Позадитрапециевидное ядро (ПТЯ) является кандидатом на главные центральные хеморецепторы дыхания, которые необходимы для контроля парциального напряжения CO_2 в артериальной крови. ПТЯ расположено в ростральной части продолговатого мозга, близко к вентральной поверхности (от 0 до 250 мкм) и состоит из билатерального скопления глутаматергических нейронов (около 1000 единиц с каждой стороны у крыс), которые синтезируют специфический белок

(гомеодоменовый транскрипционный фактор Phox2b) на протяжении всей жизни. Эти нейроны имеют низкую тоническую фоновую активность (0-2 Гц) у наркотизированных взрослых крыс и активируются до 10-15 Гц при изменении $F_{ET}CO_2$ с 5% до 9% [1]. Нейроны ПТЯ иннервируют понтомедуллярные области, которые генерируют дыхательный ритм и паттерн (все отделы вентральной дыхательной группы, вентролатеральную часть ядра одиночного пути, ядро Келликера-Фузе) [2]. Повреждение или химическая блокада нейронов ПТЯ в значительной степени ослабляет центральную хемочувствительность у взрослых крыс, тогда как их активация увеличивает частоту дыхания, амплитуду вдоха и активный выдох. Мутации гена Phox2b вызывают врожденный синдром центральной гиповентиляции у людей, а селективная делеция Phox2b нейронов ПТЯ генетическими средствами у мышей снижает респираторный центральный хеморефлекс [3].

Нейроны ПТЯ получают возбуждающий глутаматергический вход через одно переключение в ядре одиночного пути от периферических хеморецепторов (каротидных телец), которые регулируют парциальное напряжение O_2 в артериальной крови и имеют низкую тоническую активность в покое [2]. Наличие других глутаматергических входов к ПТЯ не известно. ПТЯ и периферические хеморецепторы являются ключевыми структурами, участвующими в поддержании гомеостаза газов крови [4]. В то же время роль эндогенного глутамата и различных типов глутаматных рецепторов ПТЯ (в частности, NMDA) в поддержании гомеостаза CO_2 в выдыхаемом газе, а также в регуляции АД и параметров разрядов диафрагмального нерва (РДН) в эукапнических условиях спонтанного дыхания не изучена, что и является целью настоящего исследования.

Методы и организация исследования. Во всех проведенных экспериментах придерживались рекомендаций, содержащихся в директивах 2010/63/EU Европейского парламента и совета Европейского Союза по охране животных, используемых в научных целях. Экспериментальные протоколы были утверждены Комитетом по биоэтике Самарского государственного медицинского университета. До исследований животные содержались в виварии Самарского государственного медицинского университета в стандартных условиях.

Анестезия была индуцирована уретаном (начальная доза – 1,5 г/кг внутрибрюшинно и при необходимости дополнена 0,5 г/кг внутривенно). Трахею интубировали ниже гортани. Животные дышали спонтанно атмосферным воздухом. Температура тела измерялась ректально и поддерживалась на уровне 37°C с помощью сервогрелки. Объемная концентрация CO_2 в конечной порции выдыхаемого газа ($F_{ET}CO_2$) контролировалась в ходе эксперимента быстрореагирующим анализатором углекислоты (ГАУ-5, Россия). Глубина анестезии оценивалась по рефлексу отдергивания при щипке лапы и корнеальному рефлексу. Уровень анестезии был достаточным для устранения болевых рефлексов, а при необходимости вводились дополнительные дозы анестетика. Голова животного фиксировалась в стереотаксическом аппарате вентральной поверхностью вверх. Хирургическим путем открывали вентральную поверхность продолговатого мозга. Более подробно подход описан в наших ранних работах [5-7]. Затем экзартикулировали и удаляли ключицу, перевязывали и пересекали подключичную вену вместе с мягкими тканями, под веной в нервном сплетении находили диафрагмальный нерв и выделяли его на протяжении 5-6 мм. Формировали ванночку из мягких тканей, периферический конец нерва пересекали, накладывали на биполярные вольфрамовые электроды и заливали теплым вазелиновым маслом.

РДН были усилены с помощью усилителя переменного тока (DL 314N-725, Neurobiolab Company, Россия). Амплитуду РДН оценивали по их интегрированной активности. Артериальное давление (АД) измеряли в левой бедренной артерии через катетер, соединенный с малогабаритным индукционным датчиком давления и полиграфом. Сигналы были обработаны и сохранены с использованием аналого-цифрового преобразователя (L-Card E14-440, Россия) и

программного обеспечения «PowerGraph software» (version 3.3. Professional). Микроинъекции в ПТЯ объемом 50 нл делали через стеклянную микропипетку с диаметром кончика 20-30 мкм с помощью микролитрового инъектора (МКШ-1, Россия). Микроинъекции выполняли билатерально с вентральной поверхности в область локализации ПТЯ: 2 мм ростральнее места выхода верхнего корешка подъязычного нерва, 1,7 мм латеральнее средней линии и на глубину 100 мкм от вентральной поверхности. В исследовании использовали селективный антагонист NMDA-рецепторов – кетамин гидрохлорид (4 мМ/л), растворенный в изотоническом растворе. В начале эксперимента делали контрольную микроинъекцию изотонического раствора в ПТЯ, затем через 10 минут микроинъекцию кетамина, регистрировали параметры АДН, АД и $F_{ET}CO_2$ через 5, 15 и 30 минут.

Статистический анализ был выполнен с помощью программы «STATISTICA 6.0» (Statsoft). Данные представлены как среднее значение ± стандартная ошибка. Для сравнения параметров АД, РДН, $F_{ET}CO_2$ до и после воздействия использовали парный Т-критерий Вилкоксона (Wilcoxon signed-rank test). Изменения средних величин каждого из параметров считались статистически значимыми при $p<0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. У спонтанно дышащих уретаном взрослых крыс в условиях анестезии частота генерации РДН составила 37,8±0,6 разрядов в минуту, амплитуда РДН – 16,5±0,4 относительных единиц, длительность РДН – 0,46±0,02 с, а время экспираторной фазы – 1,13±0,02 с. Уровень системного АД был в среднем 114,2±5,3/69,1±4,0 мм рт. ст. (рис. А). $F_{ET}CO_2$ колебалась в пределах 4,8±0,1 объемных процентов.

После блокады NMDA-рецепторов нейронов ПТЯ путем двусторонней микроинъекции кетамина в это ядро были выявлены достоверные изменения $F_{ET}CO_2$ и амплитудно-скоростных параметров РДН. В частности, через 1 минуту после микроинъекции $F_{ET}CO_2$ достоверно повысилась до 5,3±0,1 объемных процентов, что в среднем на 10,4% больше, чем в интактном состоянии. Частота генерации РДН достоверно снизилась до 25,1±0,4 разрядов в минуту. Время экспираторной фазы и амплитуда РДН также достоверно возрастали в среднем на 100,1% и 30,3%, и составили 2,28±0,04 с и 21,5 относительных единиц соответственно (во всех случаях $p<0,05$). Длительность РДН достоверно не изменялась и составила 0,47±0,02 с. Двусторонняя микроинъекция кетамина в ПТЯ не оказывала влияния на системное АД, которое оставалось в пределах 115,4±6,2/68,7±4,3 мм рт. ст. после воздействия (рис. Б).

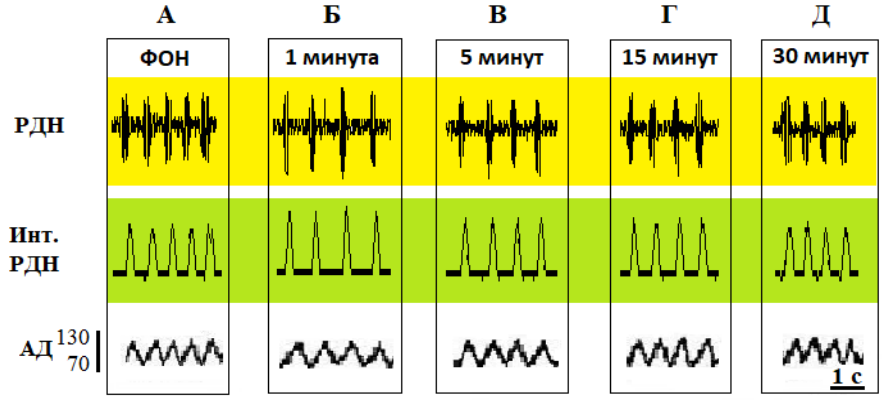


Рис. Эффект блокады NMDA-рецепторов нейронов ПТЯ на амплитудно-скоростные параметры РДН и уровень системного АД.

Примечание: ПТЯ – позадитрапециевидное ядро; РДН – разряды диафрагмального нерва; АД – артериальное давление; А – фон, Б – через 1 минуту после двусторонней микроинъекции селективного блокатора NMDA-рецепторов кетамина в ПТЯ, В – через 5 минут, Г – через 15 минут, Д – через 30 минут. Верхняя трасса – нативные РДН, средняя трасса – интегрированные РДН, нижняя трасса – АД в бедренной артерии. Вертикальная линия снизу слева – 60 мм рт. ст., горизонтальная линия снизу справа – 1 секунда.

Через 5 минут после блокады NMDA-рецепторов в ПТЯ сохранялись достоверные изменения параметров РДН и $F_{ET}CO_2$. В то же время увеличение экспираторной фазы и амплитуды РДН стало менее выраженным и составило 1,68±0,03 с и 19,1±0,5 относительных единиц соответственно. Частота генерации РДН была достоверно снижена до 28,7±0,5 разрядов в минуту. $F_{ET}CO_2$ хотя и несколько уменьшилось по сравнению с 1 минутой – 5,2±0,1 объемных процентов, но оставалось достоверно увеличенным по сравнению с фоновыми значениями (во всех случаях $p<0,05$). Длительность РДН и уровень системного АД достоверно не изменялись и составили 0,47±0,02 с и 116,2±7,4/69,3±5,1 мм рт. ст. (рис. В).

Через 15 минут после двусторонней микроинъекции кетамина в ПТЯ изменения параметров РДН и $F_{ET}CO_2$ стали еще менее выраженными и приблизились к значениям, которые были до воздействия. Однако, амплитуда РДН и время экспираторной фазы оставались достоверно увеличенными и составили 1,37±0,02 с и 18,2±0,5 относительных единиц соответственно. Сохранялось достоверное снижение частоты генерации РДН до 31,8±0,6 разрядов в минуту. $F_{ET}CO_2$ также было достоверно повышенным 5,1±0,1 до объемных процентов (во всех случаях $p<0,05$; рис. Г). Длительность РДН составила 0,46±0,02 с, а уровень системного АД сохранялся в пределах 117,1±8,9 мм рт. ст. и 68,7±6,2 мм рт ст., что достоверно не отличалось от фоновых значений (рис. Г).

Через 30 минут после блокады NMDA-рецепторов нейронов ПТЯ параметры РДН ($F_{ET}CO_2$) и АД достоверно не отличались от исходных значений, которые были у крыс до микроинъекции (рис. Д).

Заключение. Результаты исследования показали, что блокада NMDA-рецепторов нейронов ПТЯ после микроинъекции кетамина вызывает достоверное повышение концентрации CO_2 в выдыхаемом газе в среднем на 0,5 мм рт. ст. в условиях спонтанного дыхания. Можно предположить, что вследствие этого также достоверно будут повышаться pH и напряжение CO_2 в крови и межклеточной жидкости. В то же время центральные хеморецепторы у крыс способны активироваться при уменьшении CO_2 в выдыхаемом воздухе уже при концентрациях 0,05-0,1 мм рт. ст. и увеличивать амплитуду и частоту дыхания [8-9]. За счет такой обратной связи поддерживается газовый гомеостаз CO_2 крови. В настоящем исследовании у анестезированных спонтанно дышащих крыс $F_{ET}CO_2$ и сохранялось постоянным и изменялось в пределах ±0,1 мм рт. ст. в течение десятков минут и часов, пока не уменьшалось действие наркоза. Следовательно, достоверное увеличение $F_{ET}CO_2$ более чем на несколько десятых долей мм рт. ст. свидетельствует о нарушении эукапнического газового гомеостаза. Тот факт, что после микроинъекции кетамина в ПТЯ достоверное повышение концентрации CO_2 в выдыхаемом газе у крыс происходит в первые минуты и продолжается несколько десятков минут, исключает влияние изменений уровня анестезии, температуры или кровопотери у экспериментального животного. Также отсутствие влияния контрольной микроинъекции изотонического раствора подтверждает, что эффекты изменения газового гомеостаза связаны с блокадой NMDA-рецепторов нейронов ПТЯ. Известен только один глутаматергический вход к ПТЯ от периферических хеморецепторов (каротидных телец) [2]. По данным других исследователей, периферические хеморецепторы могут давать вклад от 10 до 30% в усиление дыхательной реакции на повышение CO_2 во вдыхаемом воздухе. В то же время периферические хеморецепторы имеют низкую тоническую активность даже в отсутствие афферентных раздражителей, например таких, как гипоксия или гиперкапния. Можно предположить, что частичное или полное устранение влияния именно этого входа на нейроны ПТЯ вызывает достоверное изменение газового гомеостаза крови. В исследовании на кошках также блокировали NMDA-рецепторы нейронов ПТЯ [10]. Однако, авторы не могли оценить влияние блокады на концентрацию CO_2 в выдыхаемом газе, так как опыты проводились на искусственно вентилируемых животных. Таким образом, впервые показано,

что нейроны ПТЯ получают глутаматную стимуляцию в отсутствии афферентных раздражителей. Также эндогенный глутамат в ПТЯ через NMDA-рецепторы поддерживает газовый гомеостаз крови на необходимом уровне в эукапнических условиях спонтанного дыхания.

В нашем исследовании также выявлено, что микроинъекция кетамина в ПТЯ вызывает достоверное снижение частоты РДН при незначительном увеличении их амплитуды. В настоящее время остается неизвестным, какими субядрами дыхательного центра генерируется частота, а какими – амплитуда РДН и регуляция их баланса [11]. Среди нейронов ПТЯ наблюдаются большие межиндивидуальные различия в уровне мРНК, которые кодируют нейромедин В, галанин, энкефалин и протонные рецепторы [12]. Эта изменчивость может свидетельствовать о существовании различных функциональных подгрупп нейронов ПТЯ. Возможно, глутаматергический вход к ПТЯ от периферических хеморецепторов активирует подгруппу нейронов, которые увеличивают частоту генерации разрядов РДН и мало влияют на их амплитуду. Частичное или полное выключение этого входа после блокады NMDA-рецепторов ПТЯ в нашем исследовании могло вызывать снижение частоты дыхания. Данное предположение может подтверждать тот факт, что дыхательная реакция при стимуляции периферических хеморецепторов гипоксией у взрослых анестезированных спонтанно дышащих крыс реализуется в основном за счет увеличения частоты [13-15]. После блокады NMDA-рецепторов нейронов ПТЯ мы выявили незначительное увеличение амплитуды РДН. Однако это повышение не компенсировало поддержание CO_2 на уровне, которое было до воздействия. Следовательно, эндогенный глутамат в ПТЯ через NMDA-рецепторы регулирует баланс амплитуды и частоты генерации РДН для сохранения гомеостаза CO_2 крови.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Guyenet, P.G. Central respiratory chemoreception / P.G. Guyenet, D.A. Bayliss // Handbook of Clinical Neurology. – 2022. – № 188. – P. 37–72.
2. Rosin, D.L. Afferent and efferent connections of the rat retrotrapezoid nucleus / D.L. Rosin, D.A. Chang, P.G. Guyene // Journal of Comparative Neurology. – 2006. – Vol. 1. – № 499 (1). – P. 64–89.
3. Ferreira, C.B. Phox2b mutation mediated by Atoh1 expression impaired respiratory rhythm and ventilatory responses to hypoxia and hypercapnia / C.B. Ferreira, T.M. Silva, P.E. Silva // Elife. – 2022. – Vol. 17. – № 11. – P. e73130.
4. Interdependent feedback regulation of breathing by the carotid bodies and the retrotrapezoid nucleus / P.G. Guyenet, D.A. Bayliss, R.L. Stornetta [et al] // Journal of Physiology. – 2018. – Vol. 596. – № 15. – P. 3029–3042.
5. Татарников, В.С. Спектральные характеристики активности диафрагмального нерва у взрослых крыс при электрической стимуляции позадитрапециевидного ядра / В.С. Татарников // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2004. – Т. 138. – № 8. – Р. 139–143.
6. Пятин, В.Ф. Роль NMDA и non-NMDA подтипов глутаматных рецепторов нейронных структур зоны А5 в регуляции дыхания и кровообращения при термо-ноцицептивной стимуляции у крыс / В.Ф. Пятин, В.С. Татарников, Е.Н. Глазкова // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2008. – Т. 146. – № 5. – С. 551–554.
7. Интеграция проприоцептивного и центрального инспираторного тормозных афферентных входов норадренергическими А5 нейронами моста у крыс / В.С. Татарников, И.В. Широлапов, Е.Н. Глазкова, В.Ф. Пятин // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2018. – Т. 165. – № 2. – С. 143–147.
8. Пятин, В.Ф. Оксид азота модулирует центральный хемочувствительный драйв при участии ростральных вентромедуллярных нейронных структур у взрослых крыс / В.Ф. Пятин, В.С. Татарников // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2003. – Т. 135. – № 5. – С. 489–491.
9. Центральный хеморецепторный и барорецепторный контроль А5 норадренергичеких нейронов моста у крыс / В.С. Татарников, И.В. Широлапов, Е.Н. Глазкова, В.Ф. Пятин // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2017. – Т. 103. – № 10. – С. 1148–1159.
10.Nattie, E.E. Retrotrapezoid nucleus glutamate receptors: control of CO_2-sensitive phrenic and

sympathetic output / E.E. Nattie, V. Gdovin, A. Li // Journal of Applied Physiology. – 1993. – Vol. 74. – № 6. – P. 2958–2968.
11.Ghali, M.G. Respiratory rhythm generation and pattern formation: oscillators and network mechanisms / M.G. Ghali // Journal of Integrative Neuroscience. – 2019. – Vol. 30. – № 18(4). – P. 481–517.
12.Neuromedin B Expression Defines the Mouse Retrotrapezoid Nucleus / Y. Shi, R.L. Stornetta, D.S. Stornetta [et al] // Journal Neuroscience. – 2017. – Vol. 29. – № 37 (48). – P. 11744–11757.
13.Пятин, В.Ф. Оксид азота в зоне А5 модулирует реакцию на гипоксию дыхательного центра и артериального давления у крыс / В.Ф. Пятин, В.С. Татарников // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2005. – Т. 137. – № 2. – С. 159–162.
14.Пятин, В.Ф. Контроль нейронами зоны А5 респираторного и гипотензивного ответов при гипоксическом хеморефлексе у крыс / В.Ф. Пятин, В.С. Татарников, Е.Н. Глазкова // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2006. – Т. 142. – № 12. – С. 607–610.
15.Пятин, В.Ф. NMDA-рецепторы зоны А5 участвуют в регуляции артериальног давления и респираторной активности при гипоксии у крыс / В.Ф. Пятин, В.С. Татарников // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2015. – Т. 159. – № 4. – С. 406–409.

REFERENCES

1. Guyenet P.G., Bayliss D.A. Central respiratory chemoreception. *Handbook of Clinical Neurology*, 2022, no. 188, pp. 37–72.
2. Rosin D.L., Chang D.A., Guyene P.G. Afferent and efferent connections of the rat retrotrapezoid nucleus. *Journal of Comparative Neurology*, 2006, vol. 1, no. 499 (1), pp. 64–89.
3. Ferreira C.B., Silva T.M., Silva P.E. Phox2b mutation mediated by Atoh1 expression impaired respiratory rhythm and ventilatory responses to hypoxia and hypercapnia. *Elife*, 2022, vol. 17, no. 11, p. e73130.DOI: 10.7554/eLife.73130.
4. Guyenet P.G., Bayliss D.A., Stornetta R.L., Kanbar R., Shi Y., Holloway B.B., Souza G.M.P.R., Basting T.M., Abbott S.B.G., Wenker I.C. Interdependent feedback regulation of breathing by the carotid bodies and the retrotrapezoid nucleus. *Journal of Physiology*, 2018, vol. 596, no. 15, pp. 3029–3042.
5. Tatarnikov V.S. Spectral characteristics of the diaphragmatic nerve activity in adult rats during electrical stimulation of the posaditrapecies nucleus. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*,2004,vol.138,no.8,pp.139–143. (in Russ.)
6. Pyatin V.F., Tatarnikov V.S., Glazkova E.N. The role of NMDA and non-NMDA subtypes of glutamate receptors of neural structures of zone A5 in the regulation of respiration and blood circulation during thermo-nociceptive stimulation in rats. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 2008, vol. 146, no. 5, pp. 551–554. (in Russ.)
7. Tarnikov V.S., Shirolapov I.V., Glazkova E.N., Pyatin V.F. Integration of proprioceptive and central inspiratory inhibitory enzyme inputs by A5 noradrenergic neurons in rats. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 2018, vol. 165, no. 2, pp. 143–147. (in Russ.)
8. Pyatin V.F., Tatarnikov V.S. Nitric oxide modulates the central chemosensitive drive with the participation of rostral ventromedullary neural structures in adult rats. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 2003, vol. 135, no. 5, pp. 489–491. (in Russ.)
9. Tatarnikov V.S., Shirolapov I.V., Glazkova E.N., Pyatin V.F. Central chemoreceptor and baroreceptor control of the A5 pontine noradrenergic neurons in rats. *Russian Journal of Physiology*, 2017, vol. 103, no. 10, pp. 1148–1159. (in Russ.)
10.Nattie E.E., Gdovin V., Li A. Retrotrapezoid nucleus glutamate receptors: control of CO_2-sensitive phrenic and sympathetic output. *Journal of Applied Physiology*, 1993, vol.74, no. 6, pp. 2958–2968.
11.Ghali M.G. Respiratory rhythm generation and pattern formation: oscillators and network mechanisms. *Journal of Integrative Neuroscience*, 2019, vol. 30, no. 18 (4), pp. 481–517.
12.Shi Y., Stornetta R.L., Stornetta D.S., Onengut-Gumuscu S., Farber E.A., Turner S.D., Guyenet P.G., Bayliss D.A. Neuromedin B. Expression Defines the Mouse Retrotrapezoid Nucleus. *Journal Neuroscience*, 2017, vol. 29, no. 37 (48), pp. 11744–11757.
13.Pyatin V.F., Tatarnikov V.S. Nitric oxide in A5 zone modulates response to hypoxia of the respiratory center and blood pressure in rats. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 2005, vol. 137, no. 2, pp. 159–162. (in Russ.)
14.Pyatin V.F., Tatarnikov V.S., Glazkova E.N. Control by zone A5 neurons of respiratory and hypotensive responses in hypoxic chemoreflex in rats. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 2006, vol. 142, no. 12, pp. 607–610. (in Russ.)
15.Pyatin V.F., Tatarnikov V.S. NMDA receptors of A5 zone are involved in the regulation of arterial pressure and respiratory activity in hypoxia in rats. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 2015, vol. 159, no. 4, pp. 406–409. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Елена Николаевна Глазкова – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры физиологии, ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, Самара, e-mail: glazkova_en@list.ru.
Оксана Вячеславовна Борисова – кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии, ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, Самара, e-mail: oxasamara@mail.ru.
Ольга Геннадьевна Кузнецова – старший преподаватель кафедры физиологии, ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, Самара, e-mail: olyakuznecova66@mail.ru.
Валерий Станиславович Татарников – директор ООО «Техсервис», Самара, e-mail: tatarnikov_vs@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Elena N. Glazkova – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Physiology, Samara State Medical University of the Russian Ministry of Health, Samara, e-mail: glazkova_en@list.ru.
Oksana V. Borisova – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Physiology, Samara State Medical University, Samara, e-mail: oxasamara@mail.ru.
Ol'ga G. Kuznetsova – Senior Lecturer of the Department of Physiology, Samara State Medical University, Samara, e-mail: olyakuznecova66@mail.ru.
Valerij S. Tatarnikov – Director, Techservice LLC, Samara, e-mail: tatarnikov_vs@mail.ru.

Для цитирования: Респираторный и гомеостатический эффект блокады NMDA-рецепторов нейронов позадитрапециевидного ядра у взрослых анестезированных спонтанно дышащих крыс / Е.Н. Глазкова, О.В. Борисова, О.Г. Кузнецова, В.С. Татарников // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_3

For citation: Glazkova E.N., Borisova O.V., Kuznetsova O.G., Tatarnikov V.S. Respiratory and homeostatic effect of blockade of NMDA receptors in retrotrapezoid nucleus neurons in adult anesthetized spontaneously breathing rats. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_3

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_4
УДК [612.6:616-053.6-071.3]:507.22

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_4
UDC [612.6:616-053.6-071.3]:507.22

ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ УЧАЩИХСЯ 10-Х КЛАССОВ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

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

Аннотация. Оценка физического развития обучающихся в старший школьный период в условиях города дает основу для индивидуального подхода к улучшению их здоровья и физической формы. В связи с этим целью исследования стало изучение физического развития обучающихся (15-16 лет) в зависимости от пола и количества уроков физкультуры в учебную неделю в условиях городской среды г. Луганска. Установлено, что в этот период развития наблюдаются отклонения в весе и росте, развитии грудной клетки от рекомендованных физиологических норм. При двух уроках физкультуры в учебную неделю выявлено статистически значимое гендерное различие, что подчеркивает важность учета таких различий при разработке программ поддержания здоровья в этой возрастной категории обучающихся.
Ключевые слова: здоровье, физическое развитие, обучающиеся, антропометрические характеристики, рост, вес.

ASSESSMENT OF THE PHYSICAL DEVELOPMENT OF THE 10TH GRADE PUPILS IN AN URBAN MAN-MADE ENVIRONMENT

A.V. Derkach[1], E.N. Pashutina[2], N.A. Garskaya[1]
[1]Lugansk State Pedagogical University, Lugansk, Russia
[2]University for Humanities and Technologies, Orekhovo-Zuyevo, Russia

Abstract. The assessment of the physical development of students in high school in urban conditions provides the basis for an individual approach to improving their health and physical fitness. In this regard, the aim of the study was to examine the physical development of pupils (15-16 years old), depending on gender and the number of physical education lessons per school week in the urban environment of Lugansk. It was found that during this period of development there are deviations in weight and height, development of the chest from the recommended physiological norms. Two physical education lessons per school week revealed a statistically significant gender difference, which underlines the importance of taking such differences into account when developing health maintenance programs for pupils of this age.
Keywords: health, physical development, pupils, anthropometric characteristics, height, weight.

Введение. Современное общество с его социальным напряжением и ухудшением экологической ситуации подразумевает, чтобы каждый был готов адаптироваться к постоянно меняющимся условиям жизни. Техногенное загрязнение атмосферы Луганского региона при отсутствии эффективного рассеивания примесей из-за климатогеографических особенностей позволяет строить предположения о том, что физическое развитие (ФР) старшеклассников может быть затронуто в данной городской среде [1-3]. В настоящее время известно, что на развитие человека влияют физико-географические особенности района, биологические и социальные факторы. В связи с этим важно понимать, как взаимодействуют эти факторы в период обучения в школе. Согласно данным многих авторов, уровень здоровья детей в школе показывает тенденцию к ухудшению, и эта тенденция сохраняется также и в период дальнейшего обучения, не предполагая значительного улучшения [4-8].

Данные официальной статистики за 2021 г. свидетельствуют о том, что из 14642665 осмотренных детей Российской Федерации в первую группу здоровья вошли 3840840, а это 26% с нормальным физическим развитием, и практически половина осмотренных детей (57%) имели вторую группу здоровья [9, 10]. Ежегодно увеличивается

число детей, состоящих на учете в поликлинике. При проведенной диспансеризации в Луганском регионе выявлено, что почти 70% имеют отклонения от нормы [11]. Исходя из вышеизложенного, считаем, что в настоящее время по причинам предупреждения заболеваний, поддержания психоэмоционального благополучия и улучшения обучения возрастает необходимость учета закономерных возрастных особенностей развития старшеклассников. Проведение оценки физического развития, в том числе и методом индексов, поможет не только понять текущее состояние здоровья, но и создать устойчивую основу для индивидуализированных подходов к улучшению здоровья и физической подготовки детей в этом регионе.

В изученных нами литературных источниках не обнаружены данные о влиянии количества уроков физической культуры в учебную неделю на ФР обучающихся в условиях промышленного города. В этой связи целью нашего исследования стало изучение физического развития детей в старший школьный период (15-16 лет) в зависимости от пола и количества уроков физической культуры в учебную неделю в условиях техногенной среды города Луганска.

Методы и организация исследования. Для достижения поставленной цели был проведен сбор и анализ показателей развития, характеризующих физическое развитие, у 54 учащихся старшего школьного возраста (в том числе 30 мальчиков и 24 девочек) в возрасте 15-16 лет, обучающихся в десятых классах ГУ ЛНР «Луганское общеобразовательное учреждение – средняя общеобразовательная школа №17 им. Валерия Брумеля».

В течение первой четверти (сентябрь и октябрь) участники исследования были разделены на четыре группы:

I – мальчики, обучающиеся в классе с увеличенным количеством уроков физической культуры (до пяти в учебную неделю) – повышенный уровень;

II – девочки, обучающиеся в классе с увеличенным количеством уроков физической культуры (до пяти в учебную неделю) – повышенный уровень;

III – мальчики, обучающиеся в классе с базовым количеством уроков физической культуры (два урока в учебную неделю) – традиционный уровень;

IV – девочки, обучающиеся в классе с базовым количеством физической культуры (два урока в учебную неделю) – традиционный уровень.

Обследовали учащихся в конце октября, что согласно графику учебного процесса соответствует окончанию I учебной четверти. В это время учащиеся уже адаптировались к учебным нагрузкам, режиму обучения и отдыха, сформировали определенные навыки. Климатические условия данного периода отличались стабильно комфортной и теплой погодой для данного времени года и не являлись источником возникновения простудных заболеваний.

При выборе методик исследования мы учитывали возможность использования массового обследования, простоту и скорость выполнения методик, минимальную зависимость от использования оборудования.

Антропометрические измерения параметров физического развития проводились в первую половину дня согласно стандартным методам измерений: рост стоя (см), масса тела (кг), окружность грудной клетки (ОГК, см). Результаты обследования каждого школьника заносили в унифицированную карту. Работу проводили согласно рекомендациям НИИ Антропологии МГУ (1981) и методическим пособиям ВОЗ (1984).

На основе полученных данных были рассчитаны индексы, характеризующие физические показатели развития согласно общеизвестным методам [12, 13]. Уровень и гармоничность физического развития оценивали с применением метода центилей. Оценку морфофункционального состояния организма определяли по индексу массы тела человека (ИМТ) и индексу Рорера. Пропорциональность развития грудной клетки соответственно по индексу Эрисмана. Крепость телосложения рассчитывали по индексу Пинье и Вервека.

Для анализа данных применялись методы вариационной статистики с использованием программы «STATISTICA 10». Были рассчитаны следующие показатели: среднее

арифметическое (M), стандартная ошибка среднего (m_M), диапазон изменчивости признака (Lim (R)) и коэффициент вариации (CV).

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 Т-критерий Стьюдента, в случае отклонения от нормального распределения – критерий Манна-Уитни.

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

Результаты исследования и их обсуждение. Для такой страны с неоднородной территорией (17125191 км^2) и демографическими различиями, как Россия, изучение физического развития обучающихся в возрасте старшего школьного периода на региональном уровне играет важную роль. Параметры развития детей зависят от социальных условий и унаследованных генетических особенностей. К средовым факторам мы относим экологическое состояние окружающей среды и климатогеографические условия. Луганск – это город с высокой техногенной нагрузкой: загрязнение окружающей среды боевыми отравляющими веществами, отходами, выбросами, сточными водами промышленных производств и коммунального хозяйства.

Исследования антропометрических показателей подростков в России подтверждают важность учета региональных особенностей в процессе оценки физического развития. В 15-16 лет происходят заметные физиологические изменения, связанные с половым созреванием и физическим развитием [14]. В этот возрастной период обычно наблюдается значительный рост, усиление мышц и изменения в структуре костей под воздействием гормонов. Оценка антропометрических характеристик обучающихся (вес и длина тела, ОГК) по нормативным таблицам показывает, что многие значения максимальных и минимальных вариантов в исследовательских четырех группах изменяются в диапазоне от 3 до 97 центиля. Такой разброс указывает, что различия в физическом развитии между ними значительны и необходимо выявлять индивидуальные особенности в развитии. Полученные результаты антропометрических данных учащихся приведены в таблице 1.

Таблица 1

Антропометрические характеристики уровня физического развития учащихся 15-16 лет

Показатели	Учащиеся			
	С повышенным уровнем физической активности		С традиционным уровнем физической активности	
	Мальчики (♂) (n=17)	Девочки (♀) (n=13)	Мальчики (♂) (n=13)	Девочки (♀) (n=11)
Рост, см	177,88±1,49	164,67±1,8	178,85±1,76	165,70±1,51
p		≤0,001		≤0,001
p'			>0,5	>0,5
Lim (R)	160,0–189,0 (29)	154,0–174,0 (20)	166,0–187,0 (21)	156,0–172,0 (16)
CV, %	3,45	3,78	3,54	2,89
Вес, кг	64,33±3,21	52,88±1,95	72,11±3,98	55,10±3,03
p		≤0,01		≤0,01
p'			>0,5	>0,5
Lim (R)	35,8–90,0 (54,2)	43,0–62,8 (19,8)	54,00–101,00 (47)	43,0–73,0 (30)
CV, %	20,55	12,80	19,91	17,42
ОГК, см	82,59±2,00	76,75±2,39	83,08±2,27	68,30±2,05
p		>0,5		≤0,01
p'			>0,5	≤0,05
Lim (R)	66,00–100,00 (34)	60,00–89,00 (29)	73,00–100,00 (27)	61,00–83,00(22)
CV, %	9,15	5,36	11,34	9,27

Примечание (здесь и далее): p – вероятность разницы между группами школьников в зависимости от пола; p' – вероятность разницы между группами школьников одного пола в зависимости от количества уроков физической культуры; Lim (R) – диапазон изменчивости признака; CV – коэффициент вариации; ОГК – окружность грудной клетки

К основным показателям исследования физического здоровья и оценки физического развития детей относят методы антропометрии, соматоскопии [13].

Проведенное исследование показало, что у школьников, занимающихся физической культурой в разном режиме, наблюдается разница в росте в зависимости от пола обучающихся (табл. 1). В условиях разного количества уроков физической культуры в учебную неделю мальчики и девочки достоверно отличались по данным показателям. При этом разница между I и II группой составила 13,21 см или 7,43% ($p \leq 0,001$), а между III и IV – 13,15 см или 7,35% ($p \leq 0,001$) соответственно. Установленный незначительный уровень варьирования роста (от 2,89% до 3,78%), может свидетельствовать о том, что режим занятий физической культурой оказывает влияние на рост школьников, особенно на рост мальчиков. Достоверной разницы влияния физической активности на различия между группами в пределах одного пола нами установлено не было.

Сравнительный анализ показал, что по показателям роста учащиеся всех групп превышали данные физиологической нормы ВОЗ вне зависимости от количества занятий физической культурой в учебную неделю: мальчики – в среднем на 4,77 см, девочки – на 2,59 см.

При исследовании изменения веса учащихся установлено, что средний вес девочек был ниже физиологической нормы ВОЗ на 2,72 кг при повышенной нагрузке (5 уроков физкультуры в неделю) и на 0,5 кг при традиционной нагрузке (2 урока физкультуры в неделю). Средний вес мальчиков превышал физиологическую норму ВОЗ на 2,33 кг при повышенной нагрузке и на 10,11 кг при традиционной нагрузке. Результаты исследований показывают, что девочки по весу, также как и по росту достоверно уступали мальчикам. При повышенной физической активности разница составила 11,45 кг или 17,8% ($p \leq 0,01$), при традиционной – 17,01 кг или 23,59% ($p \leq 0,01$). Достоверной разницы влияния физической активности на различия между группами в пределах одного пола нами также по данному показателю установлено не было.

Коэффициент вариации во всех исследовательских группах по показателю веса отличался небольшим уровнем варьирования (от 12,8% до 20,55%), что может свидетельствовать о влиянии внешних факторов на данный показатель (особенно у мальчиков).

У девочек установлено влияние повышенной физической активности на показатель ОГК. В группе с пятью уроками физической культуры в учебную неделю различия на уровне пола установлены не были, в то время как в группе с двумя уроками девочки достоверно уступали мальчикам на 14,78 см или на 7,79% ($p \leq 0,01$). При этом они также достоверно уступали и девочкам с повышенной физической активностью на 8,45 см или 11,0% ($p \leq 0,05$).

Также нами отмечено влияние физической активности учащихся на показатель вариации ОГК. Наблюдалось некоторое увеличение коэффициента вариации при традиционном уровне физической активности.

Индексы телосложения помогают классифицировать телосложение детей, подростков и взрослых, а также оценивать их физическую форму, здоровье и даже потенциальные риски для заболеваний. Эти индексы могут быть использованы в медицинских исследованиях, спортивной медицине, диетологии, антропологии и других областях. Они представляют собой дополнительные критерии, которые обеспечивают возможность сравнивать различные группы старшеклассников и оценивать их физическое развитие. Индексная оценка обследованных детей приведена в таблице 2.

Индекс массы тела (ИМТ) помогает определить отклонения от нормальной массы тела в ту или иную сторону. Лишний вес опасен для человеческого здоровья, поскольку часто приводит к сердечным заболеваниям. Показатели ИМТ в зависимости от пола и от количества занятий физкультурой в неделю достоверно не отличались и были в пределах нормы ВОЗ. Наиболее стабильными показателями ИМТ, согласно данным коэффициента вариации, отличались девочки из группы с повышенным уровнем физической активности.

Таблица 2

Индексная оценка физического развития учащихся 15-16 лет

Показатели	Учащиеся			
	С повышенным уровнем физической активности		С традиционным уровнем физической нагрузки	
	Мальчики (♂) (n=17)	Девочки (♀) (n=13)	Мальчики (♂) (n=13)	Девочки (♀) (n=11)
ИМТ, кг/м^2	20,22±0,86	19,44±0,48	22,57±1,29	20,15±1,25
p		>0,5		>0,5
p'			>0,5	>0,5
Lim (R)	13,98–27,17	17,01–22,31	16,69–34,14	15,61–27,82
CV, %	17,61	8,49	20,60	19,70
Индекс Пинье, усл.ед.	30,94±4,35	35,08±2,92	23,92±6,04	42,30±5,38
	слабое телосложение	слабое телосложение	среднее телосложение	очень слабое телосложение
p		>0,5		≤0,05
p'			>0,5	>0,5
Lim (R)	-8,00–58,00	22,00–56,00	-26,00–51,00	6,00–59,00
CV, %	57,98	28,85	91,01	40,24
Индекс Эрисмана, см	-6,35±1,66	-5,58±2,50	-6,35±2,53	-14,55±2,50
p		>0,5		≤0,05
p'			>0,5	≤0,01
Lim (R)	-15,50–9,00	-19,50–8,50	-16,00–14,00	-24,50–2,00
CV, %	-107,72	-154,84	-143,62	-54,36
Индекс Рорера, кг/м^3	11,35±0,45	11,81±0,27	12,65±0,77	12,20±0,83
p		>0,5		>0,5
p'			>0,5	>0,5
Lim (R)	8,63–15,04	10,65–13,60	9,07–19,85	9,40–17,17
CV, %	16,48	8,05	21,90	21,56
Индекс Вервека, усл.ед.	0,86±0,03	0,91±0,02	0,81±0,03	0,94±0,04
p		>0,5		≤0,01
p'			>0,5	>0,5
Lim (R)	0,65–1,16	0,81–1,09	0,57–0,98	0,71–1,11
CV, %	15,12	7,69	14,81	13,83

В настоящее время ученые отмечают тенденцию к астеническому телосложению в онтогенезе детей [15, 16], что также подтверждается нашими исследованиями. По данным индекса Пинье у обучающихся в классе с повышенным количеством уроков физкультуры слабое телосложение, а именно у мальчиков (30,94±4,35 усл.ед.) и девочек (35,08±2,92 усл.ед.). При традиционном количестве уроков физкультуры у мальчиков среднее телосложение (нормостеники) (23,92±6,04 усл.ед.), у девочек (42,30±5,38 усл.ед.) очень слабое телосложение. У обучающихся при пяти уроках физической культуры выявлена тенденция к развитию астенического телосложения как у мальчиков, так и у девочек (согласно индексу Пинье) при более низком коэффициенте вариации. Различия по данному индексу в зависимости от пола статически незначимы.

При традиционном количестве уроков физкультуры у мальчиков отмечено среднее телосложение (нормостеники), у девочек – очень слабое телосложение (неудовлетворительное) при очень значительном уровне варьирования показателя индекса Пинье. По показателю индекса Пинье девочки этой группы достоверно отличаются от мальчиков на 18,38 усл.ед. или 43,45% (p≤0,05). Данный индекс, в отличие от других

рассчитанных индексов, отличается неоднородностью (более 32%).

Индекс Эрисмана во всех исследовательских группах низкий (от -5,58 см до -14,55 см), что указывает на узкогрудие и наличие непропорциональности телосложения. Полученный индекс, оценивающий пропорциональность развития грудной клетки у девочек при традиционном количестве уроков физической культуры, достоверно зависит от пола и от уровня физической активности. Девочки этой группы отличались «самой неразвитой» грудной клеткой.

В группе с традиционной физической нагрузкой установлено достоверное отличие ($p<0,05$) в зависимости от пола. Девочки при пяти уроках физической культуры достоверно отличаются от девочек с меньшей нагрузкой, что вероятно связано с более интенсивным развитием мышц груди и спины, укреплением костно-мышечного аппарата.

Индекс Рорера, как и индекс массы тела (ИМТ), относится к группе весоростовых. Согласно полученным результатам, показатели укладываются в норму 10,7-13,7 кг/м³, что свидетельствует о гармоничном или среднем физическом развитии учащихся в период старшего школьного возраста. По результатам оценки индекса Рорера статистически достоверных отличий не выявлено.

Данные индекса Вервека указывают на гармоничное развитие всех учащихся, соотношение массы тела к росту находится в соответствии с общепринятыми нормами.

Достоверных отличий по полу в группе с повышенным уровнем физической активности не выявлено. Девочки традиционного уровня физической активности достоверно отличались от мальчиков ($p\leq0,01$), превышая их показатель на 0,13 усл.ед. или на 13,83%. Достоверной разницы между обследованными группами девочек выявлено не было, также как и у мальчиков между собой. При этом установленные коэффициенты вариации отличались незначительным уровнем, несущественно повышаясь у юношей.

Полученные результаты по индексу Пинье и Вервека адресуют внимание к разным аспектам физического развития и могут служить отправной точкой для дальнейшего анализа индивидуализированных подходов и проведения необходимых корректирующих мероприятий на уроках «Физической культуры». Результаты исследования могут указывать на половые различия в физиологическом и физическом развитии в старший школьный период, что в свою очередь подчеркивает важность учета таких различий при проведении медицинских и научных исследований, а также при разработке индивидуальных программ тренировок и поддержания здоровья в этой возрастной категории детей.

Заключение. Исследование школьников старших классов (15-16 лет), проживающих в условиях техногенной среды г. Луганска, выявило, что антропометрические характеристики изменяются в диапазоне от 3 до 97 центиля, что свидетельствует о наличии физиологических особенностей в физическом развитии.

Средний рост, вес и окружность грудной клетки не соответствуют рекомендованным физиологическим нормам ВОЗ. Установлено, что режим занятий физической культурой оказывает влияние на рост и вес школьников. Достоверной разницы влияния количества уроков физической культуры на различия между группами в пределах одного пола не установлено.

Анализ данных индексов Пинье, Эрисмана и Вервека у обучающихся при двух уроках физической культуры в учебную неделю выявил статистически значимые различия в развитии между девочками и мальчиками. Индекс Пинье у девочек достоверно выше, чем у мальчиков (разница – 18,38 усл.ед. или 43,45%), а индекс Вервека также у девочек выше, чем у мальчиков (разница – 0,13 усл.ед. или 13,83%). Несмотря на гармоничное развитие в целом, по значениям индекса Эрисмана у всех старшеклассников отмечена тенденция к узкой грудной клетке (от -5,58см до -14,55см).

Полученные данные подтверждают необходимость непрерывного мониторинга организации учебного процесса с учетом современных рисков.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРА:

1. Бушенецкая, К.Е. К вопросу об экологической ситуации в регионе / К.Е. Бушенецкая, И.А. Ладыш // Экологический вестник Донбасса. – 2021. – № 1. – С. 72–76.
2. Дегтярев, Ю.А. Актуальные экологические проблемы Луганской народной республики / Ю.А. Дегтярев // Экологический вестник Донбасса. – 2021. – № 1. – С. 5–9.
3. Дрозд, Г.Я. Оценка деградации качества окружающей среды Донбасса вследствие годовых боевых действий / Г.Я. Дрозд // Агротехника и энергообеспечение. – 2023. – № 2 (39). – С. 90–100.
4. Игишева, Л.Н. Здоровье детей школьного возраста и пути его улучшения на современном этапе / Л.Н. Игишева, Л.М. Казакова // Мать и Дитя в Кузбассе. – 2005. – № 3 (22). – С. 3–8.
5. Мирская, И.Б. Состояние здоровья детей школьного возраста в современных условиях обучения / И.Б. Мирская, Н.К. Барсукова, В.А. Полесский//Профилактика заболеваний и укрепление здоровья. – 2000. –Т. 2. – № 4. – С. 30–32.
6. 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.
7. Шаханова, А.В. Игровые виды спорта и перспективы развития регуляторно-адаптивного статуса детей и подростков / А.В. Шаханова, А.А. Кузьмин. – Майкоп: Адыгейский гос. ун-т, 2015. – 193 с.
8. Пашутина, Е.Н. Оценка физического здоровья школьников как анализ адаптационных возможностей / Е.Н. Пашутина, Н.А. Гарская // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6. – № 1. – С. 313–320. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_01_42.
9. ЕМИСС. Государственная статистика. Численность детей в возрасте от 0 до 17 лет (включительно), прошедших профилактические осмотры, и их распределение по группам. – URL: https://www.fedstat.ru/indicator/60983 (дата обращения: 13.01.2024).
10.ГБУЗ РК «РМИАЦ». Сборник Министерства здравоохранения Российской Федерации. – URL: http://rbms.rkomi.ru/index.php/napravleniya-deyatelnosti/otdel-meditsinskoj-statistiki-i-sbora-bd/265-sbornik-ministerstva-zdravookhraneniya-rossijskoj-federatsii-2021-god (дата обращения: 13.01.2024).
11.Муниципальное образование. Лутугинский муниципальный округ. Новости о районе. – URL: https://lutugino.su/news/48447-pochti-70-proshedshih-dispanserizaciyu-v-lnr-detey-imeyut-otkloneniya-v-zdorove-minzdrav.html (дата обращения: 29.01.2024).
12.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.
13.Физическое развитие ребенка / Р.А. Файзуллина, Е.А. Самороднова, А.М. Закирова, З.Я. Сулейманова. – Казань: КГМУ, 2011. – 65 с.
14.Физиология роста и развития детей и подростков (теоретические и клинические вопросы): [в 2 т.] / под ред. А.А. Баранов, Л.А. Щеплягина. – Москва: ГЭОТАР-Медиа. – 2006. – 870 с.
15.Физическое и психическое развитие детей и подростков как показатель состояния здоровья / Н.Д. Бобрищева-Пушкина, Л.Ю. Кузнецова, А.А. Силаев, О.Л. Попова // Практика педиатра. – 2008. – № 2. – С. 36–40.
16.Ferguson, C. Effects of prior very-heavy intensity exercise on indices of aerobic function and high-intensity exercise tolerance / C. Ferguson, B.J. Whipp, A.J. Cathcart // J. Appl. Physiol. – 2007. – Vol. 103. – P. 812–822.

REFERENCES

1. Bushenetskaya K.E., Ladysh I.A. To the issue of ecological situation in the region. *Ecological Bulletin of Donbass*, 2021, no. 1, pp. 72–76. (in Russ.)
2. Degtyarev Yu.A. Actual ecological problems of the Luhansk People's Republic. *Ecological Bulletin of Donbass*, 2021, no. 1, pp. 5–9. (in Russ.)
3. Drozd G.Ya. Assessment of environmental quality degradation in Donbass due to annual hostilities. *Agrotekhnika i Energoobespechenie*, 2023, no. 2 (39), pp. 90–100. (in Russ.)
4. Igisheva L.N., Kazakova L.M The health of school-age children and ways to improve it at the present stage. *Mother and Baby in Kuzbass*, 2005, no. 3 (22), pp. 3–8. (in Russ.)
5. Mirskaya I.B., Barsukova N.K, Polessky V.A. The state of health of school-age children in modern learning conditions. *Preventon of disease and health promotion*,2000,vol.2,no.4,pp.30–32.(in Russ.)
6. 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.)
7. Shakhanova A.V., Kuzmin A.A. Game sports and prospects for the development of the regulatory and adaptive status of children and adolescents. Majkop, 2015. 193 p. (in Russ.)
8. Pashutina E.N., Garskaya N.A. Assessment of physical health of schoolchildren as an analysis of adaptive capabilities. *Modern Issues of Biomedicine*, 2022, vol. 6, no 1, pp. 313–320. Available at: https://elibrary.ru/contents.asp?id=48006959 (accessed 22.01.2024). (in Russ.)
9. The Unified Interdepartmental Information and Statistical System. Government statistics. The number of children aged 0 to 17 years (inclusive) who have passed preventive check-ups, and their distribution by groups. Available at: https://www.fedstat.ru/indicator/60983 (accessed 13.01.2024) (in Russ.)
10.Republican Medical Information and Analysis Center. Collection of the Ministry of Health of the Russian Federation. Available at: http://rbms.rkomi.ru/index.php/napravleniya-deyatelnosti/otdel-meditsinskoj-statistiki-i-sbora-bd/265-sbornik-ministerstva-zdravookhraneniya-rossijskoj-federatsii-2021-god (accessed 13.01.2024). (in Russ.)
11.The municipality. Lutuginsk municipal district. Regional news. Available at: https://lutugino.su/news/48447-pochti-70-proshedshih-dispanserizaciyu-v-lnr-detey-imeyut-otkloneniya-v-zdorove-minzdrav.html (accessed 29.01.2024). (in Russ.)
12.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.)
13.Fayzullina R.A., Samorodnova E.A., Zakirova A.M., Suleymanova Z.Ya. Physical development of a child. Kazan: KSMU, 2011, 65 p. (in Russ.)
14.Baranov A.A., Shcheplyagina L.A. Physiology of growth and development of children and adolescents (theoretical and clinical issues). Moscow: GEOTAR-Media, 2006, 870 p. (in Russ.)
15.Bobrishcheva-Pushkina N.D., Kuznetsova L.Y., Silaev A.A, Popova O.L. Physical and mental development of children and adolescents as an indicator of health status. *Pediatrician practice, 2008*, no. 2, pp. 36–40. (in Russ.)
16.Ferguson C., Whipp B.J., Cathcart A.J. Effects of prior very-heavy intensity exercise on indices of aerobic function and high-intensity exercise tolerance. *J. Appl. Physiol*, 2007, vol. 103, pp. 812–822.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Анна Васильевна Деркач – аспирант кафедры лабораторной диагностики, анатомии и физиологии, ФГБОУ ВО «Луганский государственный педагогический университет», Луганск, e-mail: anuta.derkach@mail.ru.
Елена Николаевна Пашутина – кандидат биологических наук, доцент кафедры фармакологии и фармацевтических дисциплин, ГОУ ВО МО «Государственный гуманитарно-технологический университет», Орехово-Зуево, e-mail: pashutina07@mail.ru.
Наталья Александровна Гарская – кандидат биологических наук, доцент кафедры лабораторной диагностики, анатомии и физиологии, ФГБОУ ВО «Луганский государственный педагогический университет», Луганск, e-mail: natalya_g@bk.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Anna V. Derkach – Post-Graduate Student of the Laboratory Diagnostics, Anatomy and Physiology Department, Lugansk State Pedagogical University, Lugansk, e-mail: anuta.derkach@mail.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.
Natal'ya A. Garskaya – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Laboratory Diagnostics, Anatomy and Physiology Department, Lugansk State Pedagogical University, Lugansk, e-mail: natalya_g@bk.ru.

Для цитирования: 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

For citation: 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

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_5
УДК 612.16

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_5
UDC 612.16

ВЛИЯНИЕ ИГРОВЫХ СОБЫТИЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПУЛЬСОВОЙ ВОЛНЫ КИБЕРСПОРТСМЕНОВ

А.А. Зверев, Т.В. Сабиров, Д.И. Гончаренко, Е.С. Ниази, Е.В. Искакова
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», г. Казань, Россия

Аннотация. Киберспорт стремительно набирает популярность в настоящее время. Растет количество исследований, связанных с изучением его влияния на метаболизм и сердечно-сосудистую систему. Тем не менее, чаще всего работы рассматривают общее влияние киберспорта на состояние организма и не затрагивают изменения динамики показателей в игровой деятельности. Целью нашего исследования явилось изучение динамики показателей пульсовой волны киберспортсменов во время игры DOTA 2 (Defense Of The Ancients 2). Исследование проводилось на базе Научно-исследовательского института физической культуры и спорта ФГБОУ ВО «Поволжский ГУФКСиТ». В нем участвовали киберспортсмены, играющие в дисциплину DOTA 2 (Defense Of The Ancients 2). Изучение динамики пульсовой волны проводили на установке с помощью датчика Pulse Sensor, LTS2020 и программного обеспечения Lab Chart. Проведенные нами исследования подтверждают, что игровые моменты в киберспорте существенно влияют на работу сердца у киберспортсменов, изменяя как частоту, так и амплитудно-временные характеристики пульсовой волны. Данные изменения зависят от результата внутри игрового процесса.
Ключевые слова: киберспорт, пульсовая волна, DOTA 2, нагрузка, пульсометрия.

THE INFLUENCE OF GAMING EVENTS ON THE PULSE WAVE PARAMETERS OF CYBERSPORT ATHLETES

A.A. Zverev, T.V. Sabirov, D.I. Goncharenko, E.S. Niazi, E.V. Iskakova
Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, Russia

Abstract. Cybersport is rapidly gaining popularity at present. The number of studies related to investigating its impact on metabolism and the cardiovascular system is growing. However, most works focus on the general influence of cybersport on the body's condition and do not address changes in the dynamics of indicators during gameplay. The aim of our study was to examine the dynamics of pulse wave parameters in cybersportsmen during the game DOTA 2 (Defense of the Ancients 2). The research was conducted at the Scientific Research Institute of Physical Culture and Sports of the Volga Region State University of Physical Culture, Sport and Tourism. Cybersportsmen playing in the discipline DOTA 2 participated in it. The study of the pulse wave dynamics was carried out using a setup with the Pulse Sensor, LTS2020 sensor and Lab Chart software. Our findings confirm that gaming moments in cybersports significantly affect the heart function of cybersportsmen by changing both the frequency and amplitude-time characteristics of the pulse wave. These changes depend on the outcome within the game process.
Keywords: esport, pulse wave, DOTA 2, load, pulsemetry.

Введение. Киберспорт представляет собой вид спорта, где игроки соревнуются друг с другом через видеоигры, что способствует их личному и профессиональному развитию [1]. За последнее десятилетие индустрия киберспорта значительно выросла [1], увеличив свою стоимость до 30 миллиардов долларов США [2].

Профессиональные киберспортсмены испытывают те же физические и эмоциональные нагрузки, что и традиционные спортсмены. Более того, аудитория некоторых киберспортивных соревнований превышает аудиторию традиционных видов спорта, а иногда и превосходит [3]. На спортсменов накладываются психологические проблемы, связанные с личными действиями и их влиянием на результат команды. Необходимо помнить, что в командных видах киберспорта у всех игроков есть свои собственные роли. В некоторых случаях спортсменам необходимо постоянно проигрывать для достижения положительного результата в конце игры.

Большинство времени киберспортсмены проводят сидя, без значительной активности крупных групп мышц, и существуют опасения относительно возможных негативных последствий для организма такого образа жизни. Длительное пребывание в сидячем положении может привести к повышенному риску сердечно-сосудистых заболеваний, диабета второго типа и даже увеличению общей смертности [4]. Эти риски особенно актуальны для киберспортивной среды, где плохая осанка и продолжительная неподвижность являются нормой. Исследования показывают, что среди киберспортсменов распространены травмы опорно-двигательного аппарата, такие как проблемы с шеей, спиной и верхними конечностями. Также упоминаются нарушения обмена веществ, вызванные использованием компьютерных мониторов, и психические расстройства, связанные с игровой зависимостью и социальными проблемами [5].

Несмотря на растущую популярность киберспорта остается мало данных о его влиянии на метаболизм и сердечно-сосудистую систему. Некоторые исследования доказали наличие физиологического стресса во время игры вне зависимости от турнирной значимости. В ходе этих исследований было обнаружено значительное увеличение сердечного выброса [6] и частоты пульса [7], причем в некоторых случаях ЧСС достигала 160-180 ударов в минуту, а уровень кортизола был сравним с уровнем у автогонщиков. Это позволяет предположить, что физическая нагрузка на киберспортсменов может быть сопоставимой с той, которую испытывают традиционные спортсмены [8].

Для мониторинга сердечной деятельности и анализа работы сердечно-сосудистой системы применяется метод пульсометрии. Он широко используется в медицине, физиологии, спортивной науке и психологии. Пульсометрия нашла свое место в спортивной медицине и физиологии труда для оценки физической нагрузки и функционального состояния спортсменов и работников. Как неинвазивный метод, она получила признание в клинических практиках, спортивных тренировках и научных исследованиях, помогая изучать адаптацию организма, эффективность тренировок и восстановление после физических нагрузок.

Целью нашего исследования явилось изучение динамики показателей пульсовой волны киберспортсменов во время игры DOTA 2 (Defense Of The Ancients 2).

Методы и организация исследования. Исследование проводилось на базе Научно-исследовательского института физической культуры и спорта ФГБОУ ВО «Поволжский ГУФКСиТ». В нем участвовали 15 киберспортсменов (18±3 года) мужского пола, играющие в дисциплину DOTA 2 (Defense Of The Ancients 2). Все спортсмены имеют игровой стаж не менее 5 лет. Для всех киберспортсменов создавались одинаковые условия для исключения возможных артефактов от использования оборудования. После входа в игру начинали записывать динамику изменения пульсовой волны при помощи датчика (Pulse Sensor, LTS2020), который накладывался на дистальную фалангу 1-го пальца правой стопы (рис. 1). Параллельная запись игрового процесса, которая использовалась для дальнейшего анализа, проводилась на персональном компьютере. Нами были выбраны моменты, которые наиболее сильно отражают игровой процесс и влияют на результат матча: контрольные значения (стабильные значения пульса после наложения), начальная стадия игры (первые 10 минут игры), наиболее сложные положительные и отрицательные моменты.



Рис. 1. Схема наложения датчика пульсовой волны

Пульсовая волна регистрировалась установкой PowerLab на протяжении всей игры в положении сидя, при этом частота дискретизации составляла не менее 1000 Гц, что обеспечивало достаточную точность и разрешение для анализа сердечных сигналов. На экране компьютера проводилась запись кривой. Полученные данные обрабатывали с помощью встроенного модуля Peak Analysis системы Lab Chart Pro (ADInstruments, Австралия).

Производилась обработка следующих основных параметров каждого пика: амплитуда пика (расстояние между средними минимальными значениями до максимального значения, V), длительность пика (расстояние между 2 соседними минимальными значениями, мс); площадь под пиком (интегрированный показатель между минимальным и максимальным значением пика, V/мс); время нарастания (время от начала пика до его максимума, мс); время спада (время от пика до его окончания, мс). Данные параметры, на наш взгляд, наиболее полно оценивают динамику пульсовой волны.

Для проверки гипотезы о нормальности распределения использовали критерий Шапиро-Уилка. Достоверность различий считали с помощью парного критерия Стьюдента. Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы STATISTICA 13.0. Значимыми считали изменения при $p \leq 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Проведенные нами исследования подтверждают, что игровые моменты в киберспорте существенно влияют на работу сердца у киберспортсменов. Необходимо отметить, что у всех спортсменов наблюдался исходный высокий уровень ЧСС (93,9±9,6 уд/мин), что изначально может свидетельствовать о повышенном влиянии гормонов на организм спортсменов. Данные регистрировались по истечению 10 минут после наложения электродов и тем самым исключалась вероятность повышения пульса от наложения электродов.

Анализ наиболее существенных игровых моментов позволил выделить разную реакцию со стороны сердечно-сосудистой системы. При анализе игровых моментов нами были выделены периоды, которые по нашему мнению, наиболее сильно оказывают влияние на сердечно-сосудистую систему киберспортсменов. Реакция сердечно-сосудистой системы зависела от результата в поединке. Тахикардия достоверно не изменялась в начальной стадии игры (97,2±12,6 уд/мин) и усиливалась в наиболее сложные игровые моменты (146,8±13,1 уд/мин) ($p<0,05$), относительно контрольных значений (табл.). Необходимо отметить, что победа вызывала более сильное изменение в частоте сердечных сокращений, в отличие от проигрыша. Изменения частоты сердечных сокращений сопровождались изменением основных параметров пульсовой волны.

В наших экспериментах на киберспортсменах наблюдались разнонаправленные изменения как в силе, так и в длительности пульсовой волны. Амплитуда, свидетельствующая об увеличении количества крови, которое сердце выбрасывает за одно сокращение, возрастала с 0,0074±0,0002V до 0,0119±0,0003V ($p<0,05$) в положительные моменты и снижалось до 0,0051±0,0002 ($p<0,05$) в ситуациях, когда происходила смерть героя (рис. 2). Длительность пульсовой волны уменьшалась с 223,8±25,4 мс до 165,1±14,9 мс ($p<0,05$) в положительные моменты и увеличивалась до 381,5±31,2 мс ($p<0,05$) в отрицательные для игрока игровые ситуации. Площадь под кривой достоверно не изменяется в положительных моментах матча и уменьшается на 47% ($p<0,05$) (с 0,0011±0,0002 V/мс до 0,0005±0,0001 V/мс) в случае потери персонажа относительно контрольных значений. Время нарастания и спада пульсовой волны падает как при положительных, так и при отрицательных игровых ситуациях. Снижение составило 17% и 54% с 61,8±17,4 мс до 51,4±12,6 мс и с 113,0±17,6 мс до 52,1±14,2 ($p<0,05$), соответственно (табл.), относительно контрольных значений.

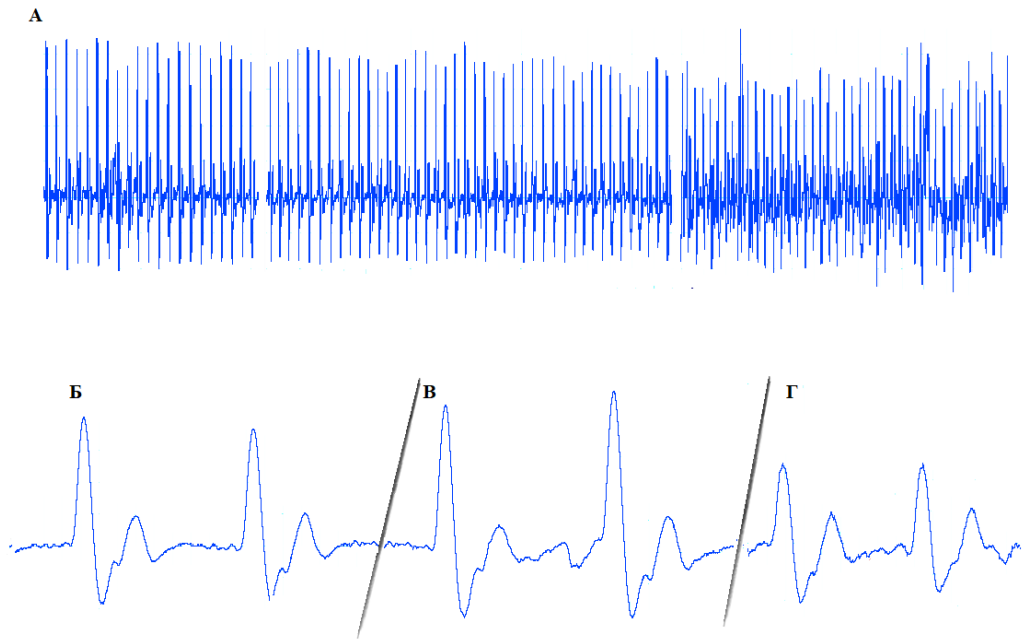


Рис.2. Оригинальная запись динамики изменений пульсовой волны киберспортсменов во время игры DOTA 2 (Defense Of The Ancients 2): А – сжатая запись эксперимента, Б – положительные моменты в игре, В – отрицательные ситуации связанные с потерей персонажа

Таблица

Амплитудно-временные показатели пульсовой волны киберспортсменов

Периоды наблюдений	ЧСС, уд/мин	Амплитуда, V	Длительность, мс	Площадь под кривой, V*мс	Время нарастания, мс	Время спада, мс
Контрольные значения	93,9±9,6	0,0074±0,0002	223,8±25,4	0,0011±0,0002	61,8±17,4	113,0±17,6
Начальная стадия игры	97,2±12,6	0,0082±0,0003	216,9±21,8	0,0010±0,0002	63,9±14,2	110,2±13,4
Положительные игровые моменты	146,8±13,1*#	0,0119±0,0003*#	165,1±14,9*#	0,0012±0,0002#	51,4±12,6*	52,1±14,2*#
Отрицательные игровые моменты	132,1±19,6*	0,0051±0,0002*	381,5±31,2*	0,0005±0,0001*	51,4±12,7*	61,2±11,6*

Примечание: ЧСС – частота сердечных сокращений; * – статистически значимы относительно контрольных показателей ($p<0,05$); # – статистически значимы относительно отрицательных игровых моментов

Заключение. Наши исследования согласуются с исследованиями с Behnke et al. [7], которые показали увеличение частоты сердечных сокращений у спортсменов занимающихся киберспортом. Изменения амплитудно-временных показателей пульсовой волны доказывают, что спортсмены испытывают такой же стресс, как и в обычных видах спорта, изучение динамики позволит сформировать функциональные

тесты для оценки уровня тренированности в киберспорте. Увеличение амплитуды пульсовой волны свидетельствует об увеличении поступления крови в кровеносные сосуды, а изменения длительности может быть реакцией гормонов вследствие развития стресса, который как известно повышает частоту сердцебиения и усиливают силу сокращения миокарда. Во время физической нагрузки сердце спортсменов начинает работать быстрее, обеспечивая больший приток крови к мышцам. Это уменьшает длительность пульсовой волны, так как кровь движется быстрее. Изменение амплитуды пульсовых волн может свидетельствовать об изменении состояния сердечно-сосудистой системы и требует внимательного отношения к здоровью. Дальнейшие исследования с помощью новых методов могут раскрыть механизмы адаптации киберспортсменов к специфическим нагрузкам.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного Фонда и Академии наук Республики Татарстан по проекту №24-25-20144.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Financing. The study was supported by the grant of the Russian Science Foundation and the Tatarstan Academy of Sciences under the project №24-25-20144.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Setting the scientific stage for esports psychology: a systematic review / L. Pedraza-Ramirez, M. Musculus, S. Raab, S. Laborde // International Review of Sport and Exercise Psychology. – 2020. – Vol. 13. – № 1. – P. 319–352.
2. Zhang, Y. Economic sources behind the esports industry / Y. Zhang, R. Liu // Advances in Economics, Business and Management Research. – 2022.
3. Ahn, J. The one billion dollar myth: methods for sizing the massively undervalued esports revenue landscape / J. Ahn, W. Collis, S.E. Jenny // International Journal of Esports. – 2020. – Vol. 1. – № 1.
4. McLeod, C.M. Opportunity and inequality in the emerging esports labor market / C.M. McLeod, H. Xue, J.I. Newman // International Review for the Sociology of Sport. – 2022. – Vol. 57. – № 8. – P. 1279–1300.
5. Sedentary behaviour and health in adults: an overview of systematic reviews / T.J. Saunders, T. McIsaac, K. Douillette [et al] // Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism.–2020.–Vol.45.–№10.–P. S197–S217.
6. An osteopathic physician's approach to the esports athlete / H. Zwibel, J. DiFrancisco-Donoghue, A. DeFeo, S. Yao // Journal of Osteopathic Medicine. – 2019. – Vol. 119. – P. 756–762.
7. Behnke, M. Social challenge and threat predict performance and cardiovascular responses during competitive video gaming / M. Behnke, M. Kosakowski, L. Kaczmarek // Psychology of Sport and Exercise. – 2019. – Vol. 46. – Article 101584.
8. Video game playing increases food intake in adolescents: a randomized crossover study / J.-P. Chaput, T. Visby, S. Nyby, L. Klingenberg, N.T. Gregersen, A. Tremblay [et al] // American Journal of Clinical Nutrition. – 2011. – Vol. 93. – P. 1196–1203.
9. Stress im eSport – Ein Einblick in Training und Wettkampf / K. Rudolf, C. Grieben, S. Achtzehn, I. Froböse // Esport Conference: Professionalisierung einer Subkultur. – 2016. – Vol. 10. – P. 1–13.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Алексей Анатольевич Зверев – кандидат биологических наук, доцент, директор научно-исследовательского института физической культуры и спорта, ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, e-mail: alekcei5@rambler.ru, ORCID 0000-0002-2555-1728 7.
Тимур Василевич Сабиров – магистрант, ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, e-mail: genius009917@gmail.com, ORCID 0009-0008-3169-1453.
Дмитрий Игоревич Гончаренко – преподаватель, Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, e-mail: vaymilay@gmail.com, ORCID 0000-0002-3733-7008.

Екатерина Сергеевна Ниази – аспирант, ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, e-mail: katerina58_98@mail.ru, ORCID 0009-0007-3948-02312.
Елена Владимировна Искакова – кандидат биологических наук, доцент, ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, e-mail: elena.tarasova29@mail.ru, ORCID 0000-0001-6472-6634.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Aleksey A. Zverev – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Director of the Research Institute of Physical Culture and Sports, Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, e-mail: alekcei5@rambler.ru, ORCID 0000-0002-2555-1728.
Timur V. Sabirov – Master's Student, Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, e-mail: genius009917@gmail.com, ORCID 0009-0008-3169-1453.
Dmitrij I. Goncharenko – Lecturer, Volga Region State University of Physical Education, Sports and Tourism, Kazan, e-mail: vaymilay@gmail.com, ORCID 0000-0002-3733-7008.
Ekaterina S. Niazi – Post-Graduate Student, Volga Region State University of Physical Education, Sports and Tourism, Kazan, e-mail: katerina58_98@mail.ru, ORCID 0009-0007-3948-02312.
Elena V. Isakova – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Volga Region State University of Physical Education, Sports and Tourism, Kazan, e-mail: elena.tarasova29@mail.ru, ORCID 0000-0001-6472-6634.

Для цитирования: Влияние игровых событий на показатели пульсовой волны киберспортсменов / А.А. Зверев, Т.В. Сабиров, Д.И. Гончаренко [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_5

For citation: Zverev A.A., Sabirov T.V., Goncharenko D.I., Niazi E.S., Iskakova E.V. The influence of gaming events on the pulse wave parameters of cybersport athletes. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_5

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_6
УДК 612.172.4

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_6
UDC 612.172.4

ИНТЕРВАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ КАДЕТОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ЛЕГКОЙ АТЛЕТИКОЙ

Е.А. Исанаева, С.Н. Павлов, Ф.Ю. Бильданова, С.Г. Боровик, А.А. Зверев
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», г. Казань, Россия

Аннотация. В статье представлены результаты исследования динамики амплитудно-временных параметров электрокардиограммы кадетов, занимающихся легкой атлетикой, на ступенчато возрастающую нагрузку. Амплитудно-временные параметры электрокардиограммы позволяют оценить возбудимость и проводимость разных отделов сердца. Проблема заболеваний сердца до сих пор остается наиболее важной в современном спорте. Регистрация электрокардиограммы осуществлялась на установке PowerLab (AD Instruments). Обработку результатов производили с помощью встроенного модуля электрокардиограммы в программном обеспечении LabChard Pro. Оценивали временные характеристики кардиоинтервалов. Показано, что нагрузка приводила к развитию тахикардии на всех этапах проведения эксперимента. Проведенные нами исследования показывают, что вызванная нагрузками тахикардия, которая сопровождалась изменением длительности основных зубцов на электрокардиограмме, позволяет сердцу работать более эффективно, обеспечивая оптимальное снабжение мышц кислородом. Обнаруженные нами данные позволяют сделать выводы о работе сердца при выполняемой нагрузке.
Ключевые слова: электрокардиограмма, R-R интервал, QRS-комплекс, JT-комплекс, физическая нагрузка, кадеты.

INTERVAL ELECTROCARDIOGRAM CHARACTERISTICS OF CADETS ENGAGED IN TRACK-AND-FIELD

E.A. Isanaeva, S.N. Pavlov, F.Yu. Bil’danova, S.G. Borovik, A.A. Zverev
Volga State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, Russia

Abstract. The article presents the results of a study on changes in electrocardiogram’s amplitude and time parameters in cadets engaged in track-and-field under stepwise increasing load. Amplitude and time parameters of electrocardiogram allow evaluation of the excitability and conductivity of different parts of the heart. The problem of heart diseases remains one of the most important issues in modern sports. Electrocardiogram recording was performed with PowerLab (AD Instruments). Data processing was carried out using the built-in electrocardiogram module in the LabChart Pro software. We assessed the time characteristics of cardiac intervals. It has been shown that the load led to tachycardia at all stages of the experiment. Our studies show that the load-induced tachycardia, accompanied by changes in the duration of the main waves on the electrocardiogram, allows the heart to work more efficiently, ensuring optimal oxygen supply to the muscles. The data we discovered allow us to draw conclusions about the heart function under the given load.
Keywords: electrocardiogram, R-R interval, QRS complex, JT complex, physical exercise, cadets.

Введение. Формирование и сохранение здоровья детей и подростков в настоящее время является важнейшей задачей отечественного образования и здравоохранения из-за прогрессирующего ухудшения здоровья молодого поколения [1-2]. Большую часть времени дети проводят в школе, и, согласно Федеральному государственному образовательному стандарту, предмет «Физическая культура» является основой физического воспитания учащихся, которое мотивирует потребность детей в физкультурно-спортивной деятельности и способствует формированию физически развитой личности, активно использующей ценности физической культуры для укрепления и сохранения своего здоровья [3].

В настоящее время растет количество случаев внезапной остановки сердца не только среди спортсменов, но и среди любителей различных видов оздоровительной физической культуры. В связи с этим повышение качества кардиологического скрининга является важным диагнос-

тическим инструментом [4]. Ежегодное снятие электрокардиограммы (ЭКГ) не только позволяет выявить типичные адаптационные изменения, потенциальные маркеры кардиологических патологий, что имеет важное значение для совершенствования методов ранней диагностики и профилактики кардиомиопатий и других заболеваний, ассоциированных с внезапной сердечной смертью, но и отражает процесс адаптации сердца к регулярным физическим нагрузкам, что немаловажно для занятий физической культурой [5-6].

Амплитудно-временные параметры ЭКГ позволяют оценить продолжительность сердечного цикла с помощью интервала R-R. Нормальная длительность этого интервала составляет от 0,6 до 1,2 с. Интервал R-R также используется для оценки регулярности ритма сердца. Если зубцы находятся на равном расстоянии друг от друга, ритм называется регулярным или правильным. Допускается разброс длительности интервалов R-R не более ±10% от средней их длительности.

Начало электрического возбуждения и механического сокращения желудочков на ЭКГ проявляется в виде формирования QRS комплекса [6]. Этот комплекс служит основным временным интервалом в работе сердца. Укорочение QRS комплекса указывает на ускоренную деполяризацию и трансмуральную активацию, что может привести к электрической нестабильности миокарда и возникновению опасных желудочковых аритмий. Удлинение комплекса QRS связано с нарушениями деполяризации и ранней реполяризацией миокарда желудочков, что приводит к внутри- и межжелудочковому асинхронизму, ремоделированию миокарда, нарушениям внутрисердечной гемодинамики, снижению эффективности сердечного выброса и может предрасполагать к возникновению фатальных желудочковых аритмий.

Интервал QT рассчитывается как расстояние от начала комплекса QRS до окончания зубца Т и отражает время, за которое электрическое возбуждение миокарда обеспечивает систолу (сокращение) желудочков [7]. На его продолжительность влияют множество входящих и выходящих ионных токов, активность которых определяет продолжительность электрической систолы и электрическую стабильность миокарда в целом. Интервал QT – один из наиболее значимых параметров ЭКГ. Удлинение QT интервала расценивается как один из основных достоверных маркеров риска опасных желудочковых аритмий, в последние годы появились данные о проаритмогенном характере укорочения QT [8, 9]. Интервал QT в норме у здорового взрослого человека составляет не менее 0,36 с и не более 0,44 с, а у детей – 0,37-0,44 с [10]. Удлинение интервала QT – симптом потери сознания при физических нагрузках (снижается сердечный выброс). Несмотря на то, что у девочек интервал QT длиннее, чем у мальчиков, смертельные нарушения возникают в больших случаях у лиц мужского пола.

Интервал QT состоит из комплекса QRS, сегмента ST и волны Т. Таким образом, интервал QT является главным показателем реполяризации желудочков. Интервал JT, который не включает комплекс QRS, является более точным показателем реполяризации желудочков, поскольку он не включает деполяризацию желудочков, но в большинстве клинических ситуаций используется интервал QT. Если продолжительность комплекса QRS увеличивается, это приводит к увеличению интервала QT, но не отражает изменения реполяризации желудочков. Поэтому при оценке удлиненного интервала QT необходимо учитывать расширение QRS.

Интервал QT (или JT) зависит от частоты сердечных сокращений. Он короче при более высокой частоте сердечных сокращений и длиннее при более медленной. Таким образом, интервал QT с поправкой на частоту сердечных сокращений (QTc) классически рассчитывается по широко используемой формуле Bazett [5].

Методы и организация исследования. В исследовании приняли участие относительно здоровые кадеты, занимающиеся легкой атлетикой в Казанской кадетской школе-интернате имени Героя Советского Союза Б.К. Кузнецова (n=58). Возраст исследуемых – 11-12 лет (5-ые классы). От всех родителей кадетов было получено письменное информированное согласие на

тестирование. Исследование проводилось в декабре 2022 года. Все исследуемые выполняли ступенчато возрастающую нагрузку на велоэргометре мощностью 1,0, 1,5, 2,0, 2,5 Вт/кг массы тела длительностью 30 с с интервалом отдыха между нагрузками 15 с при частоте педалирования 55-60 об/мин. У каждого кадета регистрировали ЭКГ на установке PowerLab (AD Instruments). Электроды накладывали согласно классической схеме наложения по холтеровскому методу. Обработку результатов производили с помощью встроенного модуля ЭКГ в программном обеспечении LabChard Pro. Оценивали временные характеристики кардиоинтервалов. Достоверность результатов проверяли с помощью t-критерия Стьюдента для зависимых выборок ($p<0,05$).

Результаты исследования и их обсуждение. Физические упражнения могут уменьшить симпатическую активность сердечно-сосудистой системы, что приводит к снижению частоты сердечных сокращений и артериального давления. Регулярные тренировки способствуют улучшению работы сердца за счет увеличения его ударного объема и повышения эффективности кровообращения. Кроме того, физическая активность помогает улучшить общее состояние здоровья, снизить риск развития хронических заболеваний и повысить качество жизни. Физическая нагрузка приводит к изменению длительности R-R интервала в сторону его уменьшения. В наших исследованиях наблюдалось развитие тахикардии на всех этапах проведения эксперимента. Наибольший эффект от нагрузки наблюдался при выполнении первой нагрузки и составил 40%, относительно контрольных значений, что может быть связано с работой адренокортикостероидной системой, которая, как известно, принимает участие в ранних этапах адаптации. Вызванная тахикардия приводила к уменьшению длительности QRS и QT комплекса, что может быть связано с изменениями внутрижелудочковой проводимости электрических импульсов, а также гипертрофией миокарда. Дальнейшее увеличение нагрузки не приводит к таким резким изменениям, что может указывать на выработку адаптационных механизмов, защищающих организм от стресса.

Таблица 1

Динамика изменения длительности R-R интервала кадетов на различных этапах регистрации электрокардиограммы (n=58)

Этапы регистрации	Исходный (в покое)	1 нагрузка	1 восст-е	2 нагрузка	2 восст-е	3 нагрузка	3 восст-е	4 нагрузка
M±m	0,762 ±0,092	0,544 ±0,061	0,567 ±0,060	0,511 ±0,047	0,512 ±0,050	0,470 ±0,044	0,466 ±0,051	0,433 ±0,042
p	<0,05		<0,05		<0,05		<0,05	
d, %	40,004		11,050		8,760		7,530	
p		<0,05		>0,05		>0,05		
d, %		4,189		0,250		1,030		

Примечание: M – средний результат выборки в секундах; m – стандартное отклонение выборочных данных; p – достоверность; $p<0,05$ – различие статистически достоверно; $p>0,05$ – различие статистически не достоверно; d – процентное изменение результатов.

Таблица 2

Динамика изменения длительности QRS комплекса кадетов на различных этапах регистрации электрокардиограммы (n=58)

Этапы регистрации	исходный (в покое)	1 нагрузка	1 восст-е	2 нагрузка	2 восст-е	3 нагрузка	3 восст-е	4 нагрузка
M±m	0,087 ±0,034	0,083 ±0,035	0,084 ±0,070	0,083 ±0,031	0,083 ±0,034	0,083 ±0,034	0,083 ±0,027	0,084 ±0,033
p	<0,05		>0,05		>0,05		>0,05	
d, %	3,740		0,736		0,338		0,533	
p		>0,05		>0,05		>0,05		
d, %		0,244		0,028		0,007		

Примечание: M – средний результат выборки в секундах; m – стандартное отклонение выборочных данных; p – достоверность; $p<0,05$ – различие статистически достоверно; $p>0,05$ – различие статистически не достоверно; d – процентное изменение результатов.

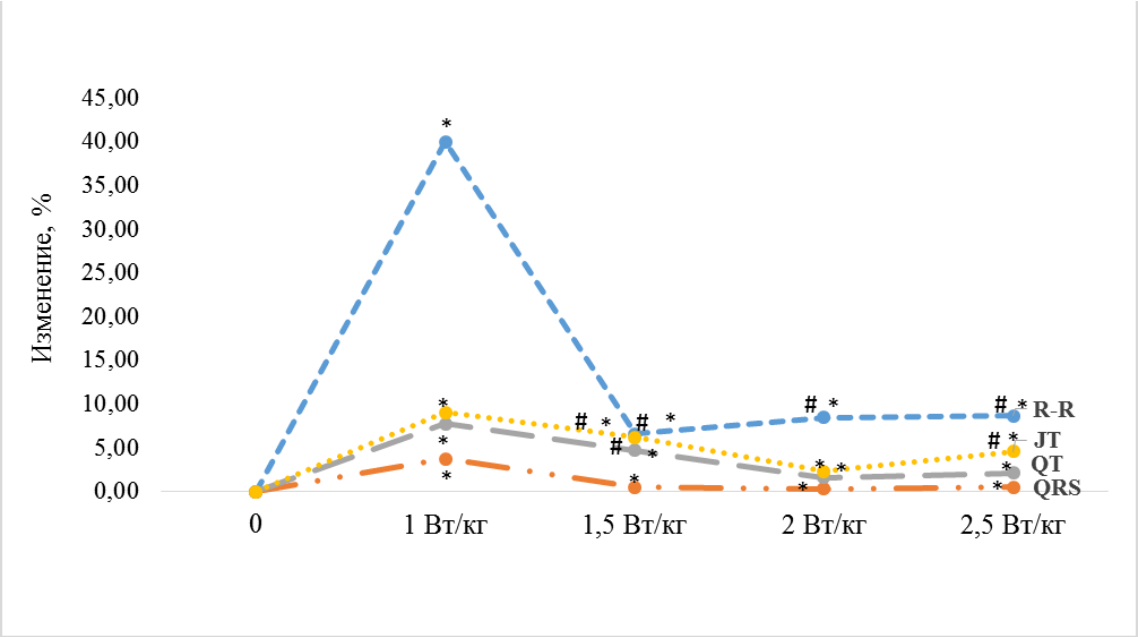


Рис. 1. Графическое изображение изменения длительности интервалов и комплекса при разных нагрузках

Примечание: * – достоверные изменения интервальных показателей во время нагрузки относительно исходных значений (p<0,05); # – достоверные изменения между значениями интервальных показателей во время нагрузки (p<0,05).

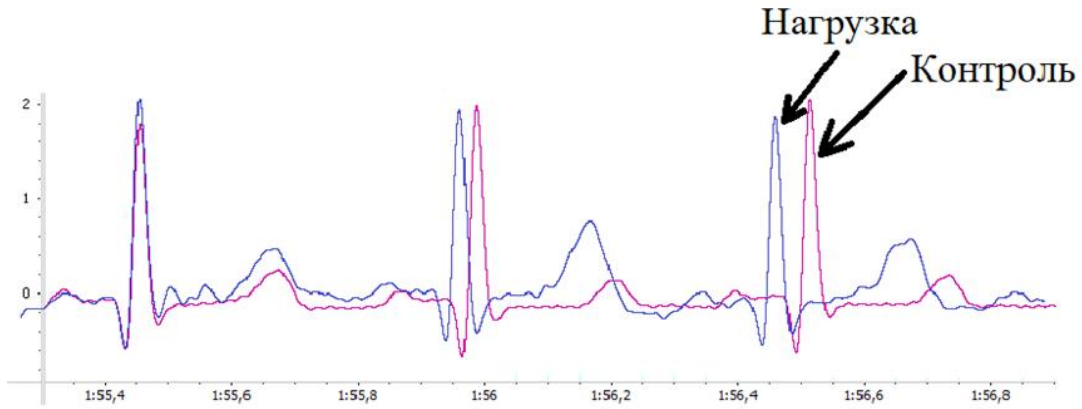


Рис. 2. Оригинальные записи изменения амплитудно-временных характеристик электрокардиограммы кадетов

Заключение. Таким образом, проведенные нами исследования показывают, что вызванная нагрузками тахикардия позволяет сердцу работать более эффективно, обеспечивая оптимальное снабжение мышц кислородом. Уменьшение длительности QT комплекса (QT-интервал) обычно наблюдается у спортсменов высокой квалификации и связано с повышенной скоростью проведения электрических импульсов через сердце. Этот феномен объясняется тем, что при интенсивной физической подготовке происходит увеличение количества клеток проводящей системы сердца, что ускоряет проведение нервного импульса.

Кроме того, у спортсменов отмечается гипертрофия миокарда, то есть увеличение массы сердечной мышцы, что также может способствовать ускорению электрической активности сердца. При этом важно отметить, что у здоровых спортсменов уменьшение QT-интервала не приводит к нарушениям ритма сердца и не вызывает потенциально опасных аритмий.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного Фонда и Академии наук Республики Татарстан по проекту №24-25-20144.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Financing. The study was supported by the grant of the Russian Science Foundation and the Tatarstan Academy of Sciences according under the project №24-25-20144.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Псеунок, А.А. Возрастные особенности регуляции сердечного ритма у школьников с разным режимом двигательной активности: монография / А.А. Псеунок, М.А. Муготлев, Р.Х. Гайрабеков. – Грозный: Изд-во Чеченского государственного университета, 2013. – 106 с.
2. Ячменев, Н.В. Оценка оздоровительного эффекта уроков физической культуры по результатам мониторинга физического здоровья школьников / Н.В. Ячменев, В.Б. Рубанович // В сборнике: Материалы XXIII съезда Физиологического общества им. И. П. Павлова с международным участием. – 2017. – С. 225–227.
3. Ерофеева, О.Г. Современные технологии по формированию культуры здоровья в процессе организации физического воспитания школьников / О.Г. Ерофеева // Вестник Владимирского государственного университете им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. Серия: Педагогические и психологические науки. – 2022. – № 50 (69). – С. 59–65.
4. Гудинова, Ж.В. Исследование случаев смерти школьников на уроках физкультуры в России / Ж.В. Гудинова, Ю.В. Жаркова // Академический журнал Западной Сибири. – 2019. – Т. 15. – № 1 (78). – С. 29–33.
5. Мурашко, В.В. Электрокардиография: учебное пособие / В.В. Мурашко, А.В. Струтынский. – Москва: Издательство «МЕДпресс-информ», 2022. – 360 с.
6. Макаров, Л.М. ЭКГ в педиатрии / Л.М. Макаров. – М.: Изд-во «МЕДПРАКТИКА-М», 2013. – 696 с.
7. Юнисова, А.С. Приобретенное удлинение интервала QT у спортсменов / А.С. Юнисова, А.В. Смоленский // Спортивная медицина: наука и практика. – 2021. – Т. 11. – № 4. – С. 17–25.
8. Дисперсия интервала QT и структурно-морфологические особенности сердца юных спортсменов/Н.М.Леонова, Г.Г.Коковина, А.В.Михайлова, А.В.Смоленский//Лечебная физкультура и спортивная медицина.–2011.–№1(85).–С.23–28.
9. Чупрова, С.Н. Синдром удлиненного интервала QT у юных спортсменов / С.Н. Чупрова, И.Ю. Мельникова // Cardiac Arthythmias. – 2023. – Т. 3. – № 1. – С. 41–48.
10.Распространенность удлинения интервала QT среди юных элитных спортсменов / А.Г. Акопян, В.Н. Комолятова, Л.М. Макаров [и др.] // Российский кардиологический журнал. – 2019. – Т. 24. – № S2. – С. 3а.

REFERENCES

1. Pseunok A.A., Mugotlev M.A., Gayrabekov R.Kh. Age-related features of heart rate regulation in schoolchildren with different physical activity: monography. Grozny: Publishing house of the Chechen State University, 2013. – 106 p. (in Russ.)
2. Yachmenev N.V., Rubanovich V.B. Evaluation of physical education lessons' health-improving effect based on the monitoring results of schoolchildren's physical health. From the collection: Proceedings of the XXIII Congress of the Physiological Society named after I.P. Pavlov with international participation. 2017, pp. 225–227. (in Russ.)
3. Erofeeva O.G. Modern technologies for the health culture formation in the process of schoolchildren's physical education organization. *Bulletin of Vladimir State University named after A.G. and N. G. Stoletovs. Series: Pedagogical and Psychological Sciences*, 2022, no.50 (69), pp. 59–65. (in Russ.)
4. Gudinova Zh.V., Zharkova Yu.V. Research on cases of death of pupils at the lessons of physical culture in Russia. *Academic Journal of Western Siberia*, 2019, vol. 15, no. 1 (78), pp. 29–33. (in Russ.)
5. Murashko V.V., Strutynskij A.V. Electrocardiography: a manual. Moscow: MEDpress-inform, 2022. – 360 p. (in Russ.)
6. Makarov L.M. ECG in pediatrics. Moscow: MEDPRAKTIKA-M, 2013. 696 p. (in Russ.)
7. Yunisova A.S., Smolenskij A.V. Acquired QT interval prolongation in athletes. *Sports medicine: science and practice*, 2021, vol. 11, no. 4, pp. 17–25. (in Russ.)
8. Leonova N.M., Kokovina G.G., Mikhailova A.V., Smolensky A.V. QT interval dispersion and structural and morphological heart features in young athletes. *Therapeutic physical education and sports medicine*, 2011, no. 1 (85), pp. 23–28. (in Russ.)
9. Chuprova S.N., Mel'nikova I.Yu. Long QT Syndrome in Young Athletes. *Cardiac Arthythmias*, 2023, vol. 3, no. 1, pp. 41–48. (in Russ.)
10.Akopyan A.G., Komolyatova V.N., Makarov L.M., Kiseleva I.I., Besportochny D.A., Dmitrieva A.V., Fedina N.N. Prevalence of QT prolongation among young elite athletes. *Russian Journal of Cardiology*, 2019, vol. 24, no. S2, p. 3a. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Едвига Алексеевна Исанаева – преподаватель, ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, e-mail: eisanaeva@mail.ru.
Сергей Николаевич Павлов – доцент, ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, e-mail: pavlov-sergej@mail.ru.
Фатима Юсуповна Бильданова – магистрант, ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, e-mail: bfu163@mail.ru.
Сергей Геннадьевич Боровик – старший преподаватель, Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, e-mail: borsergen@yandex.ru.
Алексей Анатольевич Зверев – доцент, ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, e-mail: alekcei5@rambler.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Edviga A. Isanaeva – Lecturer, Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, e-mail: eisanaeva@mail.ru.
Sergej N. Pavlov – Associate Professor, Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, e-mail: pavlov-sergej@mail.ru.
Fatima Yu. Bil'danova – Student of Master's Degree, Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, e-mail: bfu163@mail.ru.
Sergej G. Borovik – Senior Lecturer, Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, e-mail: borsergen@yandex.ru.
Aleksej A. Zverev – Associate Professor, Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, e-mail: alekcei5@rambler.ru.

Для цитирования: Интервальные характеристики электрокардиограммы кадетов, занимающихся легкой атлетикой / Е.А. Исанаева, С.Н. Павлов, Ф.Ю. Бильданова [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_6

For citation: Isanaeva E.A., Pavlov S.N., Bil'danova F.Yu., Borovik S.G., Zverev A.A. Interval electrocardiogram characteristics of cadets engaged in track-and-field. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_6

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_7
УДК 612

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_7
UDC 612

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА ПРИ АНТИОРТОСТАТИЧЕСКОМ ВЫВЕШИВАНИИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ МЫШЦ ГОЛЕНИ У САМЦОВ КРЫС СРЕДНЕГО ВОЗРАСТА

Н.Г. Искаков[1], М.Э. Балтин[1], О.В. Герасимов[1,2], А.А. Еремеев[2], А.О. Федянин[1,2]
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», г. Казань, Россия
[2]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия

Аннотация. В исследовании изучено влияние чрескожной магнитной стимуляции спинного мозга на функциональное состояние нейромоторного аппарата мышц голени крыс в условиях моделирования длительной гравитационной разгрузки. Проведена электромиографическая оценка порогов возникновения, амплитуды, моторных (М) и рефлекторных (Н) ответов, а также анализ надежности нервно-мышечной передачи посредством проведения декремент-теста. Было установлено, что магнитная стимуляция способствует небольшой возбудимости спинальных двигательных центров и частичной стабилизации функционального состояния периферических и центральных структур нейромоторного аппарата в условиях 35-суточной разгрузки. Выявлено, что активация низкопороговых мотонейронов и модуляция спинальных структур стимулируют процессы нейропластичности, улучшая проведение возбуждения. Обнаруженные эффекты вероятно связаны с активацией сенсорных афферентов и внутриспинальных нейронных связей. Результаты исследования подтверждают терапевтический потенциал магнитной стимуляции спинного мозга для применения в нейрореабилитации, включая восстановление двигательных функций после длительного ограничения локомоторной активности, в том числе в условиях космических полетов.
Ключевые слова: антиортостатическое вывешивание, магнитная стимуляция, камбаловидная мышца, икроножная мышца, электромиография.

THE EFFECT OF MAGNETIC STIMULATION OF THE SPINAL CORD DURING ANTI-ORTHOSTATIC HANGING ON THE FUNCTIONAL CONDITION OF THE CALF MUSCLES IN MIDDLE-AGED MALE RATS

N.G. Iskakov[1], M.E. Baltin[1], O.V. Gerasimov[1,2], A.A. Eremeev[2], A.O. Fedianin[1,2]
[1]Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, Russia
[2]Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

Abstract. The study explores the effect of transcutaneous magnetic stimulation of the spinal cord on the functional state of the neuromotor system of the rat calf muscles under conditions of long-term hindlimb unloading. Electromyographic assessment of thresholds of occurrence, amplitude, motor (M) and reflex (H) responses was performed, as well as an analysis of the reliability of neuromuscular transmission using a decrement test. It was found that magnetic stimulation promotes slight excitability of spinal motor centers and partial stabilization of the functional state of peripheral and central structures of the neuromotor apparatus under conditions of 35-day unloading. It was found that activation of low-threshold motor neurons and modulation of spinal structures stimulate neuroplasticity processes, improving excitation conduction. The observed effects are probably associated with the activation of sensory afferents and intraspinal neural connections. The results of the study confirm the therapeutic potential of magnetic stimulation of the spinal cord for use in neurorehabilitation, including the restoration of motor functions after prolonged limitation of locomotor activity, including in space flight conditions.
Keywords: hindlimb unloading, magnetic stimulation, soleus muscle, gastrocnemius muscle, electromyography.

Введение. Растущая значимость освоения космоса и околокосмического пространства, частое сопровождаемое ограничениями локомоторной активности возникновение нарушений ставят перед исследователями задачу изучения процессов адаптивно-компенсаторной реорганизации двигательных функций организма.

Такой подход направлен как на расширение знаний о нейропластичности, так и на создание инновационных реабилитационных методов для восстановления моторики. Одним из таких методов, на наш взгляд, может являться неинвазивная магнитная стимуляция спинного мозга. Магнитная стимуляция (МС) имеет ряд преимуществ по сравнению с другими видами различных нейромодуляционных воздействий. В частности, одним из таких свойств является глубокое проникновение магнитного стимула в ткани, при этом не активируются кожные рецепторы и, как следствие, отсутствуют неприятные болевые ощущения [1], что определяет широкое применение МС [2]. МС основана на способности высокоинтенсивного импульсного магнитного поля, способна вызывать в тканях тела человека за счет деполяризации мембраны нервной клетки собственный электрический потенциал нейронов, и распространять его по нервным проводникам [3]. Особенностью распространения импульса при МС является то, что несмотря на уменьшение интенсивности индуцированного тока с расстоянием на величину этой интенсивности не оказывают влияния окружающие ткани. Магнитное поле проходит все части тела без существенного затухания, поэтому структуры с высоким электрическим сопротивлением (например, кости черепа) не меняют характеристик поля, а следовательно, и величины индуцированного тока в тканях (мозге). В последнее время появляется все больше данных о положительном влиянии МС спинного мозга на активацию процессов нейрональной пластичности [4-7]. Было показано, что повторяющаяся транскраниальная магнитная стимуляция обладает терапевтическим потенциалом при некоторых неврологических расстройствах. Магнитная терапия улучшала состояния опорно-двигательного аппарата и нервно-мышечной системы у спортсменов, что было подтверждено результатами тестов на скорость и силу [8]. Таким образом, целью нашего исследования стало оценить периферические и центральные механизмы функциональных изменений нейро-моторного аппарата мышц голени крысы в условиях длительного антиортостатического вывешивания комбинируемого с чрескожной магнитной стимуляцией спинного мозга.

Методы и организация исследования. Исследование проводили на лабораторных половозрелых самцах крыс среднего возраста массой 180-220 г. при соблюдении правил биоэтики (протокол ЛЭК Поволжского ГУФКСиТ №2 от 26.05.2023 г.). Выведение животных из эксперимента осуществлялось в соответствии с принципами Базельской декларации, требованиями Директивы Европейского парламента и Совета от 22 сентября 2010 г. по защите животных, используемых для научных целей, и инструкциях ARRIVE [9, 10]. Для анестезии животных использовали комбинированный внутримышечный наркоз смесью золетила («Zoletil 50», Франция) 0,5 мг/кг и ксилавета (XylaVET, Венгрия) 0,05 мл/кг.

Моделирование гравитационной разгрузки осуществляли общепринятым методом антиортостатического вывешивания (АОВ) крысы за хвост по модели E.R. Morey-Holton в модификации В.Е. Новикова и Е. А. Ильина [11, 12] в течение 35 суток.

Для магнитной стимуляции спинного мозга использовался магнитный стимулятор «Нейро-МВП-4» (Нейрософт, Россия). Животные в период антиортостатического вывешивания в течение 35 суток ежедневно подвергались магнитной стимуляции спинного мозга длительностью 10 мин/через 10 мин в течение 1,5 часов; интенсивность стимулов – пороговая для сокращения мышцы; частота – 3 Гц.

Для оценки функционального состояния нейромоторного аппарата камбаловидной мышцы (КМ) и икроножной мышцы (ИМ) проводили электромиографическое тестирование (ЭМГ). Регистрировали моторный (М) и рефлекторный (Н) ответы. Определяли порог возникновения, максимальную амплитуду, латентность и длительность вызванных потенциалов.

Проводили декремент-тест М-ответа, характеризующий функциональное состояние синаптической передачи. Для этого седалищный нерв раздражали супрамаксимальными ритмическими стимулами

частотой 50 Гц, сравнивали амплитуду 1-го и 200-го моторных потенциалов [13, 14].

Материалы исследования статистически обработаны с использованием методов параметрического и непараметрического анализа. Накопление, систематизация исходной информации и визуализация полученных результатов осуществлялись в электронных таблицах Microsoft Office Excel 2010. Статистический анализ проводился с использованием программы STATISTICA 13.3 (разработчик – StatSoft.Inc). Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению, для этого использовался критерий Шапиро-Уилка. Достоверность результатов определяли в зависимости от нормальности распределения t-критерием Стьюдента и U-критерием Манна-Уитни. Уровень значимости принимали $p<0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. *Параметры Н-ответа КМ.* Порог рефлекторного ответа КМ (рис. 1) в группе АОВ был снижен до 81±8% ($p<0,05$), а в группе АОВ+МС – 73±16% ($p<0,05$). Амплитуда Н-ответа КМ в группе АОВ увеличивалась до 130±15% ($p<0,05$), в группе АОВ+МС – 120±10% ($p<0,05$).

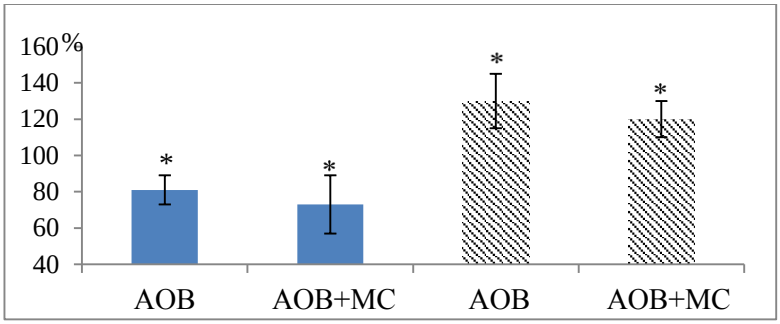


Рис. 1. Параметры рефлекторного ответа камбаловидной мышцы крысы

Примечание: синим цветом обозначены пороговые значения, серым цветом обозначены значения максимальной амплитуды, выраженные в процентах по отношению к контрольным данным, принятым за 100%. По оси абсцисс представлены названия исследуемых групп. * – достоверность, $p<0,05$. АОВ – антиортостатическое вывешивание; МС – магнитная стимуляция.

Таким образом, при гравитационной разгрузке (35 сут) в экспериментальных группах регистрировали увеличение рефлекторной возбудимости спинального двигательного центра КМ.

Параметры М-ответа КМ. Порог моторного ответа КМ (рис. 2) в группе АОВ составил 75±13% ($p<0,05$), порог М-ответа в группе АОВ+МС составил 92±10% ($p>0,05$). В группе АОВ амплитуда М-ответа составила 73±11% ($p<0,05$), в группе АОВ+МС – 70±15% ($p<0,05$).

Величина декремента М-ответа (рис. 3) КМ значительно отличалась от величины, соответствующей нормальной надежности нервно-мышечной передачи. В группе АОВ декремент достигал 50±11%, в группе АОВ+МС – 46±15% ($p<0,05$).

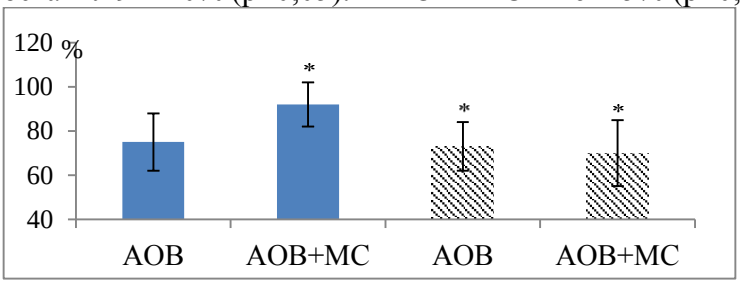


Рис. 2. Параметры моторного ответа камбаловидной мышцы крысы

Примечание: синим цветом обозначены пороговые значения, серым цветом обозначены значения максимальной амплитуды, выраженные в процентах по отношению к контрольным данным, принятым за 100%. По оси абсцисс представлены названия исследуемых групп. * – достоверность, $p<0,05$. АОВ – антиортостатическое вывешивание; МС – магнитная стимуляция.

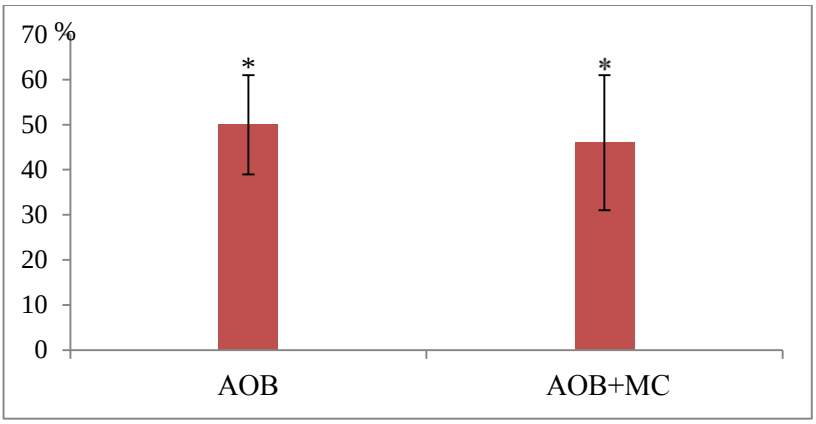


Рис. 3. Декремент тест моторного ответа камбаловидной мышцы крысы

Примечание: красным цветом обозначены значения максимальной амплитуды, выраженные в процентах по отношению к контрольным данным, принятым за 100%. По оси абсцисс представлены названия исследуемых групп. * – достоверность, $p<0,05$. АОВ – антиортостатическое вывешивание; МС – магнитная стимуляция.

Таким образом, стимуляция спинного мозга при длительной гравитационной разгрузке предотвращала изменения порога М-ответа КМ, но не исключала уменьшения амплитуды и снижение надежности нервно-мышечной передачи возбуждения.

Параметры Н-ответа ИМ. Порог рефлекторного ответа ИМ (рис. 4) был снижен во всех экспериментальных группах. В группе АОВ порог Н-ответа ИМ снижался до 47±10% ($p<0,05$), в группе АОВ+МС – 67±23% ($p<0,05$). Амплитуда Н-ответа ИМ в группе АОВ увеличивалась до 155±15% ($p<0,05$), в группе АОВ+МС – 138±21% ($p<0,05$).

Параметры М-ответа ИМ. Порог моторного ответа ИМ (рис. 5) в группе АОВ уменьшался и составил 72±13% ($p<0,05$), в группе АОВ+МС – 75±13% ($p<0,05$). Амплитуда М-ответа увеличивалась до 131±11% ($p<0,05$) в группе АОВ, в группе АОВ+МС статистически значимых изменений не выявлено.

Декремент в группе АОВ составил 28±5% ($p<0,05$), в группе АОВ+МС – 33±17% ($p<0,05$) (рис. 6).

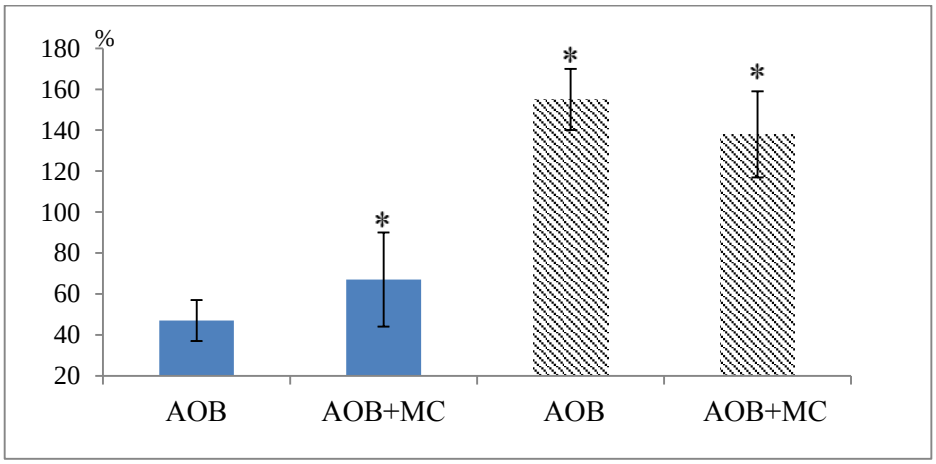


Рис. 4. Параметры рефлекторного ответа икроножной мышцы крысы

Примечание: синим цветом обозначены пороговые значения, серым цветом обозначены значения максимальной амплитуды, выраженные в процентах по отношению к контрольным данным, принятым за 100%. По оси абсцисс представлены названия исследуемых групп. * – достоверность, $p<0,05$. АОВ – антиортостатическое вывешивание; МС – магнитная стимуляция.

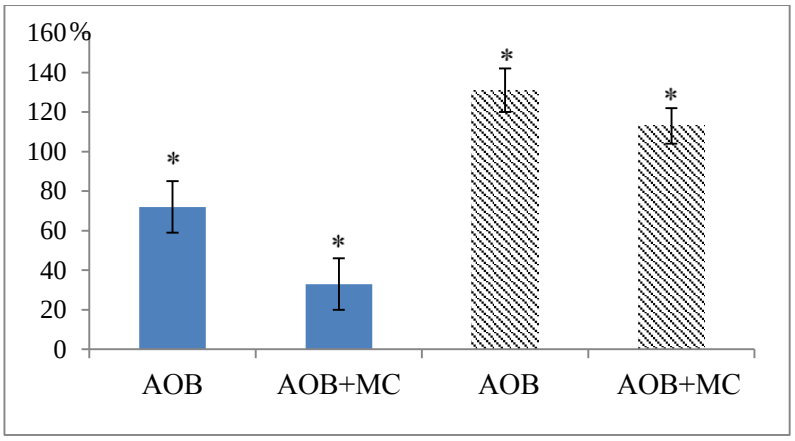


Рис. 5. Параметры моторного ответа икроножной мышцы крысы

Примечание: синим цветом обозначены пороговые значения, серым цветом обозначены значения максимальной амплитуды, выраженные в процентах по отношению к контрольным данным, принятым за 100%. По оси абсцисс представлены названия исследуемых групп. * – достоверность, p<0,05. АОВ – антиортостатическое вывешивание; МС – магнитная стимуляция.

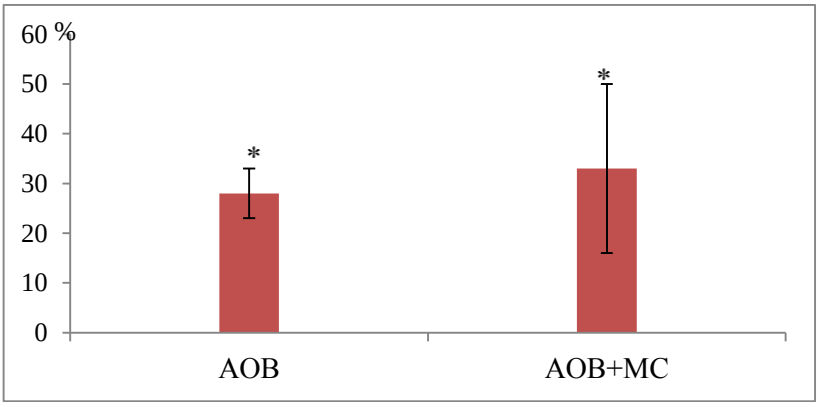


Рис. 6. Декремент тест моторного ответа икроножной мышцы крысы

Примечание: красным цветом обозначены значения максимальной амплитуды, выраженные в процентах по отношению к контрольным данным, принятым за 100%. По оси абсцисс представлены названия исследуемых групп. * – достоверность, p<0,05. АОВ – антиортостатическое вывешивание; МС – магнитная стимуляция.

Таким образом, в результате длительной гравитационной разгрузки в экспериментальной группе периферические звенья нейромоторного аппарата ИМ демонстрировали облегчение активации.

Полученные в нашем исследовании результаты продемонстрировали, что чрескожная магнитная стимуляция спинного мозга в условиях моделирования 35-суточного антиортостатического вывешивания приводит к возбудимости спинальных двигательных центров икроножной и камбаловидной мышц крысы. Внутриспинальное проведение возбуждения облегчается. Несмотря на то, что неинвазивная магнитная стимуляция спинного мозга используется недавно и существует мало доказательств потенциального положительного эффекта, результаты исследований весьма многообещающие, например, показано, что магнитная стимуляция спинного мозга активирует нейроны, ответственные за локомоторную активность [15]. В своем же исследовании мы продемонстрировали, что активация спинальных структур в условиях АОВ, в целом приводит к стабилизации функционального состояния мышц конечности и ее двигательных центров. Мы предполагаем, что изменение состояния низкопороговых малых мотонейронов приводит к наблюдаемому снижению возбудимости центров. Возможный механизм

снижения возбудимости – это непрямая модуляция спинного мозга посредством стимуляции сенсорных корешков с участием афферентов Ia [16], или антидромно посредством стимуляции двигательных корешков. В последнем случае это будет косвенно подавлять гипервозбудимые мотонейроны. Так же в литературе описано, что чрескожная магнитная стимуляция спинного мозга способствует выполнению специфических двигательных задач и эффективной обработке соматосенсорной информации за счет активации нейронной сети [17] и обеспечивает нервно-мышечную активацию, которая является важной для сохранения функциональности мышцы.

Увеличение рефлекторной активности представляется процессом, тесно связанным и/или необходимым для восстановления двигательной активности. В работах S. Harkema в 2011 году [18] и C.A. Angeli в 2014 году [19] отмечается важная роль активизации спинальных нейронных сетей в вероятности/эффективности восстановления произвольных движений после повреждения спинного мозга, и как следствие нарушения двигательной активности. H.J. Lee с соавторами в 2009 году [20] показали, что усиление рефлекторных реакций коррелировало с восстановлением локомоций после травмы спинного мозга у мышей. Повышение же активности нейронов спинного мозга способно усиливать процессы спонтанной регенерации [21, 22]. Двигательная активность, демонстрируемая человеком или животными в период после завершения экспозиции в условиях реальной или моделируемой невесомости, должна быть обусловлена действием компенсаторных механизмов, интенсифицирующих функциональные возможности двигательного аппарата [23].

Известно, что стимуляция спинного мозга модулирует сегментарную активность и позволяет использовать резервные возможности нейрональных рефлекторных цепей спинного мозга. Эффекты спинномозговой стимуляции лежат в основе способности межнейрональной сети спинного мозга интегрировать и эффективно обрабатывать диапазон соматосенсорных входных данных, необходимых для генерации соответствующей двигательной задачи [24]. Кроме того, стимуляция может активировать спинальные афференты, обеспечивая афферентную сигнализацию, приток которой ограничен в условиях мышечной разгрузки. Также, стимуляция обеспечивает нервно-мышечную активацию, которая является критически важной в модуляции нормального морфофункционального состояния мышцы [25].

Заключение. Таким образом, на основе проведенного исследования можно заключить, что чрескожная магнитная стимуляция спинного мозга демонстрирует терапевтический потенциал в условиях длительной гравитационной разгрузки. Данный метод способствует активации нейропластических процессов, улучшению функционального состояния нейромоторного аппарата и частичной стабилизации работы центральных и периферических структур. Результаты исследования подтвердили эффективность метода для модуляции рефлекторной и двигательной активности, что может быть полезным в разработке новых терапевтических протоколов и подходов для нейрореабилитации как для космонавтов, так и для пациентов с ограничением локомоторной активности. Полученные данные создают основу для дальнейших исследований и внедрения магнитной стимуляции в практику восстановления двигательных функций.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского Научного Фонда и Академии наук Республики Татарстан по проекту №23-25-10065.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Financing. The study was funded by the grant from the Russian Science Foundation and the Tatarstan Academy of Sciences under the project No. 23-25-10065.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Modulatory effect of repetitive peripheral magnetic stimulation on skeletal muscle tone in healthy subjects: stabilization of the elbow joint / A.A. Struppler, P.F. Havel, B.C. Angerer, P. Havel // Experimental Brain Research. – 2004. – Vol. 18. – № 1. – P. 59–66.
2. Jalinous, R.A. Technical and practical aspects of magnetic nerve stimulation / R.A. Jalinous // Journal of Clinical Neurophysiology. – 1991. – Vol. 8. – № 1. – P. 10–25.
3. Комлев, И.О. Транскраниальная магнитная стимуляция: современное состояние и перспективы использования в спорте / И.О.Комлев, А.С. Кисленко // Актуальные вопросы физической культуры и спорта. – 2016. – Т. 18. – С. 146–152.
4. Edgerton, V.R. A new age for rehabilitation / V.R. Edgerton, R.R. Roy // European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine. – 2012. – Vol. 48. – № 1. – P. 99–109.
5. Dietz, V. Restoration of sensorimotor functions after spinal cord injury / V. Dietz, K. Fouad // Brain. – 2014. – Vol. 137. – P. 654–667.
6. Meng, Z.Y. Low frequency repetitive transcranial magnetic stimulation improves motor dysfunction after cerebral infarction / Z.Y. Meng, W.Q. Song // Neural Regeneration Research. – 2017. – Vol. 12. – № 4. – P. 610–613.
7. Transcutaneous Electrical Spinal Stimulation Promotes Long-Term Recovery of Upper Extremity Function in Chronic Tetraplegia / F. Inanici, S. Samejima, P. Gad [et al] // IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering. – 2018. – Vol. 26. – № 6. – P. 1272–1278.
8. Trans-cranial electric stimulation, endomassage and magnetic therapy to facilitate post-injury rehabilitation in elite sports / Yu.V. Koryagina, G.N. Ter-Akopov, S.V. Nopin [et al] // Theory and Practice of Physical Culture. – 2019. – № 1. – P. 20–22.
9. Improving bioscience research reporting: The ARRIVE guidelines for reporting animal research / C. Kilkenny, W.J. Browne, I.C. Cuthill [et al] // PLoS Biology. – 2010. – Vol. 8. – № 6. – P. e1000412. DOI: 10.1371/journal.pbio.1000412.
10.Directive 2010/63/UE on the protection of animals used for scientific purposes // Official Journal of the European Union.– 2010. – Vol.53. – P.33–79.
11.A new rat model simulating some aspects of space flight / E.R. Morey, E.E. Sabelman, R.T. Turner, D.J. Baylink // Physiologist. – 1979. – Vol. 22. – P. 523–524.
12.Novikov, V.E. Age-related reactions of rat bones to their unloading / V.E. Novikov, E.A. Ilyin // Aviation, Space, and Environmental Medicine. – 1981. – Vol. 52. – P. 551–553.
13.Электромиография в диагностике нервно-мышечных заболеваний / Б.М. Гехт, Л.Ф. Касаткина, М.И. Самойлов, А.Г. Санадзе. – Таганрог: Издательство ТРТУ, 1997. – 370 с.
14.Masseteric repetitive nerve stimulation in the diagnosis of myasthenia gravis / G. Pavesi, L. Cattaneo, S. Tinchelli, D. Mancia // Clinical Neurophysiology. – 2001. – Vol. 112. – P. 1064–1069.
15.Исследование рефлекторных ответов мышц задних конечностей наркотизированных крыс на электромагнитную стимуляцию спинного мозга / Н.А. Щербакова, И.Н. Богачева, Н.М. Зеленкова [и др.] // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. – 2012. – № 26. – С. 15–22.
16.Knikou, M. Neurophysiological characteristics of human leg muscle action potentials evoked by transcutaneous magnetic stimulation of the spine / M. Knikou // Bioelectromagnetics. – 2013. – Vol. 34. – P. 200–210.
17.Vestibulospinal and corticospinal modulation of lumbosacral network excitability in human subjects / D.G. Sayenko, D.A. Atkinson, A.M. Mink [et al] // Frontiers in Physiology. – 2018. – Vol. 9. – Art. 1746. DOI: 10.3389/fphys.2018.01746.
18.Effect of epidural stimulation of the lumbosacral spinal cord on voluntary movement, standing, and assisted stepping after motor complete paraplegia: a case study / S. Harkema, Y. Gerasimenko, J. Hodes [et al] // Lancet. – 2011. – Vol. 377. – № 9781. – . 1938–1947.
19.Altering spinal cord excitability enables voluntary movements after chronic complete paralysis in humans / C.A. Angeli, V.R. Edgerton, Y.P. Gerasimenko, S.J. Harkema // Brain. – 2014. – Vol. 137 (5). – P. 1394–1409.
20.Better functional outcome of compression spinal cord injury in mice is associated with enhanced H-reflex responses / H.J. Lee, I. Jakovcevski, N. Radonjic [et al] // Experimental Neurology. – 2009. – Vol. 216. – № 2. – P. 365–374.
21.Exercise-induced gene expression changes in the rat spinal cord / V. Perreau, P. Adlard, A. Anderson, C.Cotman//Gene Expr.–2005.–Vol.12.–P.107–121.
22.Voluntary wheel running improves recovery from a moderate spinal cord injury / C. Engesser-Cesar, A. Anderson, D. Basso [et al] // J Neurotrauma. – 2005. – Vol. 22. – P. 157–171.
23.Шенкман, Б.С. Реадаптация атрофированной мышцы: от деструкции к синтезу белка / Б.С. Шенкман // Росс. Физиол. Журн. им. И.М. Сеченова. – 2012. – Т. 98. – № 12. – С. 1471–1489.
24.Initiation and modulation of locomotor circuitry output with multisite transcutaneous electrical stimulation of the spinal cord in noninjured humans

/ Y. Gerasimenko, R. Gorodnichev, A. Puhov [et al] // J. Neurophysiol. – 2015. – Vol. 113. – № 3. – P. 834–842.
25.Region-Specific Responses of Adductor Longus Muscle to Gravitational Load-Dependent Activity in Wistar Hannover Rats / T. Ohira, M. Terada, F. Kawano [et al] // PLoS ONE. – 2011. – Vol.6. – №6. – P. e21044. DOI: 10.1371/journal.pone.0021044.

REFERENCES

1. Struppler A.A., Havel P.F., Angerer B.C., Havel P. Modulatory effect of repetitive peripheral magnetic stimulation on skeletal muscle tone in healthy subjects: stabilization of the elbow joint. *Experimental Brain Research*,2004,vol.18,no.1, pp. 59-66.
2. Jalinous R.A. Technical and practical aspects of magnetic nerve stimulation. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 1991, vol. 8, no. 1, pp. 10-25.
3. Komlev I.O., Kislenko A.S. Transcranial magnetic stimulation: current state and prospects for use in sports. *Relevant Issues of Physical Culture and Sports*, 2016, vol. 18, pp. 146-152. (in Russ.)
4. Edgerton V.R., Roy R.R. A new age for rehabilitation. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 2012, vol. 48, no. 1, pp. 99-109.
5. Dietz V., Fouad K. Restoration of sensorimotor functions after spinal cord injury. *Brain*, 2014, vol. 137, pp. 654-667.
6. Meng Z.Y., Song W.Q. Low frequency repetitive transcranial magnetic stimulation improves motor dysfunction after cerebral infarction. *Neural Regeneration Research*, 2017, vol. 12, no. 4, pp. 610-613.
7. Inanici F., Samejima S., Gad P., Edgerton V.R., Hofstetter C.P., Moritz C.T. Transcutaneous electrical spinal stimulation promotes long-term recovery of upper extremity function in chronic tetraplegia. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 2018, vol. 26, no. 6, pp. 1272-1278.
8. Koryagina Yu.V., Ter-Akopov G.N., Nopin S.V., Roguleva L.G., Kostyuk E.V. Transcranial electric stimulation, endomassage and magnetic therapy to facilitate post-injury rehabilitation in elite sports. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2019, no. 1, pp. 20-22.
9. Kilkenny C., Browne W.J., Cuthill I.C., Emerson M., Altman D.G. Improving bioscience research reporting: The ARRIVE guidelines for reporting animal research. *PLoS Biology*, 2010, vol. 8, no. 6, art. e1000412. DOI: 10.1371/journal.pbio.1000412.
10.Directive 2010/63/EU on the protection of animals used for scientific purposes. *Official Journal of the European Union*, 2010, vol. 53, pp. 33-79.
11.Morey E.R., Sabelman E.E., Turner R.T., Baylink D.J. A new rat model simulating some aspects of space flight. *Physiologist*, 1979, vol. 22, pp. 523-524.
12.Novikov V.E., Ilyin E.A. Age-related reactions of rat bones to their unloading. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 1981, vol. 52, pp. 551-553.
13.Gekht B.M., Kasatkina L.F., Samojlov M.I., Sanadze A.G. Electromyography in the diagnosis of neuromuscular diseases. Taganrog: Publishing House of TSTU, 1997. 370 p. (in Russ.)
14.Pavesi G., Cattaneo L., Tinchelli S., Mancia D. Masseteric repetitive nerve stimulation in the diagnosis of myasthenia gravis. *Clinical Neurophysiology*, 2001, vol. 112, pp. 1064-1069.
15.Shcherbakova N.A., Bogacheva I.N., Zelenkova N.M., Savohin A.A., Moshonkina T.R., Gerasimenko Yu.P. Investigation of effects of the electromagnetic spinal cord stimulation on the hindlimbs muscles reflexes in narcotized rats. *Vestnik of Tver State University. Series: Biology and Ecology*, 2012, no. 26, pp. 15-22. (in Russ.)
16.Knikou M. Neurophysiological characteristics of human leg muscle action potentials evoked by transcutaneous magnetic stimulation of the spine. *Bioelectromagnetics*, 2013, vol. 34, pp. 200-210.
17.Sayenko D.G., Atkinson D.A., Mink A.M., Gurley K.M., Edgerton V.R., Harkema S.J., Gerasimenko Y.P. Vestibulospinal and corticospinal modulation of lumbosacral network excitability in human subjects. *Frontiers in Physiology*, 2018, vol. 9, art. 1746. DOI: 10.3389/fphys.2018.01746.
18.Harkema S., Gerasimenko Y., Hodes J., Burdick J., Angeli C., Chen Y., Ferreira C., Willhite A., Rejc E., Grossman R.G., Edgerton V.R. Effect of epidural stimulation of the lumbosacral spinal cord on voluntary movement, standing, and assisted stepping after motor complete paraplegia: a case study. *Lancet*, 2011, vol. 377, no. 9781, pp. 1938–1947.
19.Angeli C.A., Edgerton V.R., Gerasimenko Y.P., Harkema S.J. Altering spinal cord excitability enables voluntary movements after chronic complete paralysis in humans. *Brain*, 2014, vol. 137, pt. 5, pp. 1394–1409.
20.Lee H.J., Jakovcevski I., Radonjic N., Hoelters L., Schachner M., Irintchev A. Better functional outcome of compression spinal cord injury in mice is associated with enhanced H-reflex responses. *Experimental Neurology*, 2009, vol. 216, no. 2, pp. 365–374.
21.Perreau V., Adlard P., Anderson A., Cotman C. Exercise-induced gene expression changes in the rat spinal cord. *Gene Expr.*, 2005, vol. 12, pp. 107–121.
22.Engesser-Cesar C., Anderson A., Basso D.,

Edgerton V., Cotman C. Voluntary wheel running improves recovery from a moderate spinal cord injury. *Journal of Neurotrauma*, 2005, vol. 22, pp. 157–171.
23.Shenkman B.S. Readaptation of atrophied muscle: from destruction to protein synthesis. *Russian Journal of Physiology*, 2012, vol. 98, no. 12, pp. 1471–1489. (in Russ.)
24.Gerasimenko Y., Gorodnichev R., Puhov A., Moshonkina T., Savochin A., Selionov V., Roy R.R., Lu D.C., Edgerton V.R. Initiation and modulation of locomotor circuitry output with multisite transcutaneous electrical stimulation of the spinal cord in noninjured humans. *Journal of Neurophysiology*, 2015, vol. 113, no. 3, pp. 834–842.
25.Ohira T., Masahiro T., Kawano F., Nakai N., Ogura A., Ohira Y. Region-specific responses of adductor longus muscle to gravitational load-dependent activity in Wistar Hannover rats. *PLoS ONE*, 2011, vol. 6, no. 6, art. e21044. DOI: 10.1371/journal.pone.0021044.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Никита Георгиевич Искаков – кандидат биологических наук, ведущий специалист, Поволжский ГУФКСиТ, Казань, e-mail: nikitaiskakov1992@mail.ru.
Максим Эдуардович Балтин – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Поволжский ГУФКСиТ, Казань, e-mail: baban.bog@mail.ru.
Олег Владимирович Герасимов – кандидат физико-математических наук, ведущий специалист, Поволжский ГУФКСиТ, Казань, e-mail: valeriy.karasikov@gmail.com.
Антон Александрович Еремеев – кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных, Казанский федеральный университет, Казань, e-mail: 2anton.eremeev@mail.ru.
Артур Олегович Федянин – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Поволжский ГУФКСиТ, Казань, e-mail: artishock23@gmail.com.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Nikita G. Iskakov – Candidate of Biological Sciences, Leading Specialist, Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, e-mail: nikitaiskakov1992@mail.ru.
Maksim E. Baltin – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, e-mail: baban.bog@mail.ru.
Oleg V. Gerasimov – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Leading Specialist, Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, e-mail: valeriy.karasikov@gmail.com.
Anton A. Eremeev – Candidate of Biological Sciences Associate Professor of the Human and Animals Physiology Department, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, e-mail: 2anton.eremeev@mail.ru.
Artur O. Fedianin – Candidate of Biological Sciences Senior Researcher, Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, e-mail: baban.bog@mail.ru.

Для цитирования: Влияние магнитной стимуляции спинного мозга при антиортостатическом вывешивании на функциональное состояние мышц голени у самцов крыс среднего возраста / Н.Г. Искаков, М.Э. Балтин, О.В. Герасимов [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_7

For citation: Iskakov N.G., Baltin M.E., Gerasimov O.V., Eremeev A.A., Fedianin A.O. The effect of magnetic stimulation of the spinal cord during anti-orthostatic hanging on the functional condition of the calf muscles in middle-aged male rats. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_7

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_8
УДК 796.01; 612

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_8
UDC 796.01; 612

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ РИТМА СЕРДЦА И РЕАКЦИИ НА ПРОБУ С РЕГУЛИРУЕМЫМ РИТМОМ ДЫХАНИЯ У ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ С РАЗНЫМИ ТИПАМИ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ

О.В. Калабин[1], Ф.Б. Литвин[2], С.А. Молчанов[3], Л.В. Масальцева[2], Н.И. Чифанова[2]
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный университет», г. Киров, Россия
[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Смоленский государственный университет спорта», г. Смоленск, Россия
[3]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В исследовании приняли участие высококвалифицированные спортсмены (кандидаты в мастера спорта, мастера спорта, мастера спорта международного класса), занимающиеся игровыми и силовыми видами спорта. Регистрацию электрокардиограммы осуществляли с использованием портативного кардиомодуля «ECG Dongle» АО «Нордавинд», а обработку производили дистанционно с помощью программы «Иским 6.2» ООО «Рамена». Запись электрокардиограммы выполняли обследуемым спортсменам утром до зарядки и завтрака лежа в течение 5 минут (фон) и 6 минут, выполняя пробу с заданным ритмом дыхания (5 секунд вдох и 5 секунд выдох). При переходе на регулируемое дыхание с частотой 6 дыхательных циклов в минуту ответной реакцией явилось изменение структуры вариабельности сердечного ритма, при которой растет общая мощность, усиливается активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, снижается симпатическое влияние на регуляцию сердечного ритма. При сравнении вегетативной реакции в ответ на регулируемое дыхание в зависимости от вида спорта градиент различий оказался выше у представителей силовых видов спорта.
Ключевые слова: спорт, вариабельность ритма сердца, вегетативная реактивность, регулируемое дыхание, адаптация.

COMPARATIVE ANALYSIS OF HEART RATE VARIABILITY AND RESPONSE TO A TEST WITH A CONTROLLED BREATHING RHYTHM IN HIGHLY QUALIFIED ATHLETES WITH DIFFERENT TYPES OF ENERGY SUPPLY

O.V. Kalabin[1], F.B. Litvin[2], S.A. Molchanov[3], L.V. Masal'tseva[2], N.I. Chifanova[2]
[1]Vyatka State University, Kirov, Russia
[2]Smolensk State University of Sports, Smolensk, Russia
[3]Volga Region Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The study involved highly qualified athletes (Candidates for Master of Sports, Masters of Sports, Masters of Sports of International Class) involved in team and strength sports. Electrocardiogram recording was performed with the "ECG Dongle" portable cardiomodule (JSC "Nordavind"), and processing was performed remotely with the "Iskim 6.2" software (OOO "Ramena"). Electrocardiogram was recorded in the examined athletes in the morning before exercise and breakfast, in a supine position for 5 minutes (background) and 6 minutes, while performing a test with a given breathing rhythm (5-second inhale and 5-second exhale). When switching to regulated breathing with a frequency of 6 respiratory cycles per minute, the response was a change in the structure of the heart rate variability, in which the overall power increases, the activity of the parasympathetic division of the autonomic nervous system enhances and the sympathetic effect on the heart rate regulation decreases. In terms of comparing the autonomic response to regulated breathing depending on the sport, the gradient of differences was higher among the representatives of strength sports.
Keywords: sport, heart rate variability, autonomic reactivity, regulated breathing, adaptation.

Введение. Тренировочная деятельность спортсменов направлена на расширение физиологической адаптации, которая, в свою очередь, обеспечивает повышение физической работоспособности [1]. Несоответствие физической нагрузки адаптационным возможностям спортсмена является причиной заболеваний, в том числе связанных с дисфункцией автономной нервной системы [2]. Отсюда, чтобы объем мышечной работы соответствовал индивидуальному функциональному резерву, необходим оперативный контроль за состоянием регуляторных механизмов в процессе подготовки спортсменов [3, 4]. Одним из информативных экспресс-методов определения общего функционального состояния организма спортсмена и степени его восстановления является анализ вариабельности ритма сердца (ВСР) [5-7]. Временные и спектральные показатели ВСР количественно и качественно отражают жизненно важные характеристики управления физиологическими функциями организма, среди них вегетативный баланс и функциональные резервы механизмов его управления [8, 9]. Анализируя ВСР, мы можем не только оценивать функциональное состояние организма, но и следить за его динамикой [10]. По данным R.S. Oliveira с соавторами [11], мониторинг показателей ВСР позволяет определить индивидуальные возможности адаптации к тренировкам и обнаружить ранние признаки дезадаптации. Высокая оперативность получения данных ВСР позволяет своевременно иметь срочную информацию о возможном срыве адаптации и внести соответствующие коррективы в подготовку спортсменов [12]. Диагностическая ценность анализа ВСР возрастет с использованием функциональных проб и нагрузок [13, 14]. Разновидностью функциональных тестов является проба с контролируемой частотой дыхания [15-17]. Анализ ВСР в условиях контролируемого дыхания с частотой 6 дыхательных движений в минуту используют для оценки адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы [18, 19]. Сердечная деятельность регулируется непроизвольно. Однако доказано влияние фаз дыхания на сердечный ритм, которое проявляется респираторной синусовой аритмией [20, 21]. Под воздействием постоянных стрессов в виде тренировочных и соревновательных нагрузок у спортсменов нарушается респираторная синусовая аритмия, что приводит к нарушению вегетативного баланса [14, 22].

Цель: сравнить особенности вариабельности ритма сердца и вегетативной реакции на пробу с заданным циклом дыхания высококвалифицированных спортсменов игровых и силовых видов спорта.

Методы и организация исследования. В исследовании приняли участие высококвалифицированные спортсмены (КМС, МС, МСМК) разных видов спорта, которые по специфике соревновательного процесса и типа энергообеспечения мышечной деятельности были разделены на две группы: игровые (волейбол, футбол, хоккей с мячом) и силовые (бокс, пауэрлифтинг, гиревой спорт) виды спорта. В исследовании использовали портативный кардиомодуль «ECG Dongle» (АО «Нордавинд», г. Москва), а обработку производили дистанционно с помощью программы «Иским 6.2» (ООО «Рамена», г. Рязань).

Регистрацию электрокардиограммы производили утром до зарядки и завтрака в комфортных для спортсмена условиях лежа в течение 5 минут в исходном состоянии функционального покоя с произвольным дыханием и 6 минут при регулируемом дыхании с частотой 6 дыхательных циклов в минуту. Переходный период в течение одной минуты был исключен из обработки и анализа вариабельности ритма сердца.

Обработку базы данных производили с помощью приложения для работы с электронными таблицами Microsoft Excel. Данные представлены в виде M±m, где M – среднее арифметическое, а m – ошибка среднего арифметического. Статистическую обработку полученных данных производили с помощью программы SPSS Statistics 25.0. Нормальность распределения проверяли методом Колмогорова-Смирнова. Различия определяли с помощью непараметрического U-критерия Манна-Уитни для двух независимых выборок и считали их достоверными при $p<0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. По результатам наших исследований установлено, что средняя частота сердечных сокращений (ЧСС) в двух группах обследованных спортсменов в состоянии функционального покоя находилась в пределах от 53,12±0,34 уд/мин у представителей игровых видов спорта до 55,42±0,57 уд/мин (p>0,05) у спортсменов силовых видов. В условиях регулируемого дыхания (6 дыхательных циклов в минуту) средняя ЧСС у спортсменов-игровиков (53,24±1,64 уд/мин) почти не изменилась, а у представителей силовых видов достоверно выросла до 61,31±0,99 уд/мин (p<0,05) (табл.).

Таблица

Показатели вариабельности сердечного ритма после контролируемого дыхания, M±m

Виды спорта	Показатели вариабельности сердечного ритма								
	HR, уд/мин	MxDMn, мс	RMSSD, мс	pNN50, %	SI, усл.ед.	TP, мс	HF, мс	LF, мс	VLF, мс
Игровые фон	53± 0,39	501± 8,00	108± 3,90	50± 0,90	34± 1,83	10341± 364	3344± 179	3374± 144	1771± 81
Игровые 6 ц/м	53± 1,64	590± 53,14	137± 21,17	54± 5,40	20± 3,49*	32268± 6418*	6347± 1671	24475± 5017*	1056± 200*
Силовые фон	55± 0,57	323± 15,58	63± 4,81	29± 2,39	85± 8,21	5529± 667	2045± 404	1945± 178	935± 137
Силовые 6 ц/м	61± 0,99*	554± 28,84*	124± 8,54*	48± 2,56*	36± 7,00*	27596± 2427*	4187± 439*	22791± 2060*	588± 102*

Примечание: HR – частота сердечных сокращений; MxDMn – вариационный размах; RMSSD – квадратный корень из суммы квадратов разности величин последовательных пар R-R интервалов; pNN50 – процент соседних кардиоинтервалов, отличающихся друг от друга более чем на 50 мс; SI – стресс-индекс; TP – суммарная мощность спектра; HF – мощность волн высокой частоты; LF – мощность волн низкой частоты; VLF – мощность волн очень низкой частоты; * – достоверные различия (p<0,05).

Полученные нами данные частично согласуются с результатами В.Ю. Сулина с соавторами [15], которые отмечали умеренное повышение тахикардии на фоне снижения брадикардии у студентов. По результатам сравнительного анализа показано, что у спортсменов игровых видов по сравнению с представителями силовых видов спорта в исходном функциональном состоянии отмечается повышенная активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС), о чем свидетельствуют высокие значения вариационного размаха (MxDMn), квадратного корня из суммы квадратов разности величин последовательных пар R-R интервалов (RMSSD), процента соседних кардиоинтервалов, отличающихся друг от друга более чем на 50 мс (pNN50%), мощности волн высокой частоты (HF), а также повышенные значения общей мощности спектра, при снижении индекса напряжения регуляторных систем организма. Такая динамика связана с особенностями вида спорта и его энергообеспечением. R. Hedelin с соавторами [23] показано, что у спортсменов с увеличивающимся по мере роста параметром максимального потребления кислорода повышаются отдельные показатели вариабельности ритма сердца, в частности суммарная мощность спектра (TP) и HF. Статистически значимая корреляция между уровнем максимального потребления кислорода (МПК) и вагус-зависимыми показателями RMSSD, pNN50, HF установлена M. Buchheit с соавторами [24]. Анализ показателей в группе спортсменов-игровиков во время регулируемого дыхания продемонстрировал дальнейший статистически значимый прирост TP на 212% (p<0,05), мощности волн низкой частоты (LF) на 625% (p<0,05) и снижение мощности волн очень низкой частоты (VLF) на 68% (p<0,05). Обращает внимание недостоверное повышение HF на 90% (p>0,05), на фоне скачкообразного роста LF (табл.). По данным Н.И. Шлык и Е.А. Гавриловой [6], усиление активности автономного контура управления сердечным ритмом чаще всего сопровождается достоверным повышением высокочастотных волн. Е.В. Орешников с

соавторами [25] связывают уровень тренированности организма спортсмена с величиной высокочастотного компонента спектра как одного из показателей активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. В то же время В.М. Хаютин и Е.В. Лукошникова [26] отмечают, что у спортсменов при относительно низкой частоте дыхания стремительное повышение низкочастотных колебаний на фоне умеренного роста высокочастотных колебаний может приводить к смещению части мощности HF в полосу низкочастотных колебаний (ниже 0,15 Гц). У спортсменов игровых видов при контролируемом дыхании повышаются показатели ВСР, характеризующие активность парасимпатического отдела ВНС (табл.) В результате смещения вегетативного баланса в сторону автономного контура управления сердечным ритмом стресс-индекс снижается на 70% ($p<0,05$) (табл.).

У спортсменов силовых видов при регулируемом дыхании регистрируется достоверное повышение всех показателей ВСР с разным градиентом роста. Так, среди временных показателей отмечается повышение MxDMn на 72% ($p<0,05$), RMSSD на 97% ($p<0,05$) и pNN50% на 66% ($p<0,05$). Наибольший градиент прироста наблюдается в группе спектральных показателей (табл.). В частности общая мощность спектра увеличивается на 399% ($p<0,05$), HF на 105% ($p<0,05$), LF на 1072% ($p<0,05$) и только VLF на 58% ($p<0,05$). В итоге индекс напряжения регуляторных систем снижается на 136% ($p<0,05$) (табл.).

Сопоставляя реакцию механизмов регуляции сердечного ритма у спортсменов с разным энергетическим обеспечением мышечной деятельности, можно сделать вывод о том, что медленное и глубокое дыхание активирует парасимпатический отдел вегетативной нервной системы, в то время как быстрое, неглубокое дыхание активирует симпатический, участвующий в высвобождении кортизола и других гормонов стресса. Более выраженные изменения в ВСР у спортсменов силовых видов после контролируемого дыхания с нашей точки зрения объясняется особенностями функционирования кардиореспираторной системы при тренировочном процессе. «Взрывная» работа требует кратковременной задержки дыхания с последующим продолжительным глубоким выдохом, который усиливает активность блуждающего нерва. В результате тренировочной деятельности происходит своеобразный кардиореспираторный тренинг, который создает взаимосвязанную периодичность в работе рядом расположенных ядер блуждающего нерва с дорсальной и вентральной группами респираторных нейронов дыхательного центра. Известно, что амплитуда вариабельности сердечного ритма связана с частотой дыхания, причем более высокие амплитуды достижимы при более медленном дыхании. Меняющаяся частота дыхания изменяет активность блуждающего нерва. Степень зависимости сердечного ритма от ритма дыхания может свидетельствовать об устойчивости организма к экстремальным факторам внешней среды [22, 27].

Заключение. По результатам наших исследований в группах спортсменов игровых и силовых видов спорта, находящихся в состоянии функционального покоя, при переходе на регулируемое дыхание с частотой 6 дыхательных циклов в минуту ответной реакцией явилось изменение структуры ВСР при которой растет общая мощность, усиливается активность парасимпатического отдела ВНС, снижается симпатическое влияние на регуляцию сердечного ритма. При сравнении вегетативной реактивности в ответ на регулируемое дыхание в зависимости от вида спорта градиент различий оказался выше у представителей силовых видов спорта.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Stanley, J. Cardiac parasympathetic reactivation following exercise: implications for training prescription / J. Stanley, J. M. Peake, M.Buchheit // Sports Medicine.–2013.–№43(12). – P. 1259–1277.
2. Смоленский, А.В. К вопросу о перенапря-

жении сердечно-сосудистой системы у спортсменов / А.В. Смоленский, А.В. Михайлова, О.И. Беличенко // Терапевт. – 2019. – № 3. – С. 32–39.
3. Шлык, Н.И. Вариабельность сердечного ритма и методы определения у спортсменов в тренировочном процессе / Н.И. Шлык. – Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2022. – 93 с.
4. Ландырь, А.П. Мониторинг частоты сердечных сокращений в управлении тренировочным процессом в физической культуре и спорте /А.П. Ландырь, Е.Е. Ачкасов – М.:Спорт,2018. – 240 с.
5. 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.
6. Шлык, Н.И. Брадикардия и вариабельность сердечного ритма у спортсменов / Н.И. Шлык, Е.А. Гаврилова // Человек. Спорт. Медицина. – 2023. – Т. 23. – № S1. – С. 59–69.
7. Экспресс-анализ состояния регуляторных механизмов у высококвалифицированных волейболистов разных игровых амплуа в соревновательном макроцикле (по данным вариабельности сердечного ритма) / Ф.Б. Литвин, Т.М. Брук, П.А. Гревцов, О.В. Калабин // Человек. Спорт. Медицина.–2023.– Т.23. –№ 3. – С.23–30.
8. Бокерия, Л.А. Вариабельность сердечного ритма: методы измерения, интерпретация, клиническое использование / Л.А. Бокерия, О.Л. Бокерия, И.В. Волковская // Анналы аритмологии. – 2009. – № 4. – С. 21–32.
9. Оценка показателей вариабельности сердечного ритма у спортсменов циклических видов спорта / С.М. Разинкин, А.С. Самойлов, П.А. Фомкин [и др.] // Спортивная медицина: наука и практика. – 2015. – № 4. – С. 46–55.
10.Калабин, О.В. Динамический контроль функционального состояния волейболистов методом анализа вариабельности сердечного ритма / О.В. Калабин, С.А. Молчанов, А.П. Спицин // Человек. Спорт. Медицина. – 2022. – Т. 22. – № 1. – С. 42–49.
11.Seasonal changes in physical performance and heart rate variability in high level futsal players / R.S. Oliveira, A.S. Leicht, D. Bishop [et al] // International Journal of Sports Medicine. – 2013. – № 34 (5). – P. 424–430.
12.Калабин, О.В. Индивидуальный подход в определении функциональной готовности организма методом анализа вариабельности ритма сердца для коррекции силовой подготовки в волейболе / О.В. Калабин, М.М. Михайлов // Современные вопросы биомедицины. – 2023. – Т. 7. – № 1 (22). – С. 55–65.
13.Вариабельность ритма сердца при проведении активной ортостатической пробы у высококвалифицированных боксеров-профессионалов в период подготовки к соревнованиям / Ю.А. Щедрина, Д.С. Мельников, Е.В. Чернозипунникова, В.С. Терехин // Теория и практика физической культуры. – 2024. – № 9. – С. 26–28.
14.Функциональные нагрузочные пробы в кардиологии. Учебное пособие / И.В. Сергиенко, М.В. Ежов, А.А. Аншелес [и др.] – М.: «НМИЦ кардиологии», 2021. – 54 с.
15.Ибрагимова, Т.В. Респираторная синусовая аритмия у спортсменов циклических видов спорта / Т.В. Ибрагимова // Анналы аритмологии. – 2017. – Т. 14. – № 2. – С. 90–95.
16.Анализ вариабельности кардиоритма студентов при выполнении дыхательных проб / В.Ю. Сулин, С.И. Гуляева, Г.А. Вашанов, И.А. Лавриненко // Научно-медицинский вестник Центрального Черноземья. – 2021. – № 85. – С. 89–94.
17.Влияние произвольного гиповентиляционного дыхания на функциональное состояние и физическую работоспособность человека при различных по интенсивности режимах физической нагрузки до отказа / Н.А. Фудин, С.Я. Классина, Ю.Е.Вагин, С.Н.Пигарева//Спортивная медицина: наука и практика.–2017.–Т.7.–№2.–С.5–11.
18.Адаптивно-компенсаторная вариабельность ритма сердца у студентов / С.И. Астахов, А.В. Ненашева, А.А. Астахов [и др.] // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура».–2014.–Т.14.–№4.– С. 33–41.
19. Калабин, О.В. Изменение показателей центральной гемодинамики и вариабельности сердечного ритма у спортсменов-пауэрлифтеров и здоровых добровольцев в условиях управляемого дыхания / О.В. Калабин, Н.Е. Кушкова, А.П. Спицин // Новые исследования. – 2012. – № 3 (32). – С. 62–73.
20.Емельянова, А.С. Анализ вариабельности сердечного ритма студентов с разной частотой дыхательных движений / А.С. Емельянова, Л.А. Симонян, Е.Е. Степура // Известия Иркутского государственного университета. Серия Биология. Экология. – 2022. – Т. 39. – С. 66–71.
21.Ковалева, А.В. Алгоритм количественной оценки кардиореспираторной синхронизации для характеристики функционального состояния и межсистемных взаимодействий у спортсменов / А.В. Ковалева, В.Н. Анисимов // Российский журнал информационных технологий в спорте. – 2024. – Т. 1. – № 2. – С. 13–27.
22.Сердечно-дыхательный синхронизм в оценке регуляторно-адаптивных возможностей организма/Под ред. В.М. Покровского. – Краснодар: Издательство «Кубань-Книга», 2010. – 244 с.

23.Heart rate variability in athletes: relationship with central and peripheral performance / R. Hedelin, P. Bjerle, K. Henriksson-Larsén // Medicine and Science in Sports and Exercise. – 2001. – Vol. 33. – № 8. – P. 1394–1398.
24.Buchheit, M. Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load / M. Buchheit, C. Gindre // American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology. – 2006. – Vol. 291. – P. 451–458.
25.Орешников, Е.В. Вариабельность сердечного ритма у спортсменов-гиревиков / Е.В. Орешников, В.Ф. Тихонов, Т.В. Агафонкина // Физиология человека. – 2009. – Т. 35. – № 4. – С. 139–141.
26.Хаютин, В.М. Колебания частоты сердцебиений: спектральный анализ / В.М. Хаютин, Е.В. Лукошкова // Вестник аритмологии. – 2002. – № 26. – С. 10–21.
27.Трубачев, В.В. Анализ респираторно-сердечного взаимодействия у спортсменов и неспортсменов при навязанной частоте дыхания / В.В. Трубачев, А.В. Горбунов, В.С. Трубачева // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. – 2015. – Т. 101. – № 2. – С. 238–248.

REFERENCES

1. Stanley J., Peake J.M., Buchheit M. Cardiac parasympathetic reactivation following exercise: implications for training prescription. *Sports Medicine*, 2013, no. 43 (12), pp. 1259–1277.
2. Smolenskij A.V., Mikhailova A.V., Belichenko O.I. The issue of overexertion of the cardiovascular system in athletes. *Therapist.* 2019. no. 3. pp. 32–39. (in Russ.)
3. Shlyk N.I. Heart rate variability and methods for determining it in athletes during the training process. Izhevsk: Udmurt University Publishing Center, 2022. 93 p. (in Russ.)
4. Landyr' A.P., Achkasov E.E. Heart rate monitoring in managing the training process in physical culture and sports. Moscow: Sport, 2018. 240 p. (in Russ.)
5. Baevskij R.M., Ivanov G.G. Cardiac rhythm variability: the theoretical aspects and the opportunities of clinical application (lecture). *Ultrasound and functional diagnostics*, 2001, no. 3, pp. 108–127. (in Russ.)
6. Shlyk N.I., Gavrilova E.A. Bradycardia and heart rate variability in athletes. *Human. Sport. Medicine*, 2023, vol. 23, no. S1, pp. 59–69. (in Russ.)
7. Litvin F.B., Bruk T.M., Grevtsov P.A., Kalabin O.V. Rapid analysis of regulatory mechanisms in highly skilled volleyball players of different positions in a competitive macrocycle (by data on heart rate variability). *Human. Sport. Medicine*, 2023, vol. 23, no. 3, pp. 23–30. (in Russ.)
8. Bokeria L.A., Bokeria O.L., Volkovskaya I.V. Cardiac rhythm variability: methods of measurement, interpretation, clinical use. *Annaly aritmologii*, 2009, no. 4, pp. 21–32. (in Russ.)
9. Razinkin S.M., Samoilov A.S., Fomkin P.A., Artamonova I.A. et al. Evaluation of heart rate variability indicators in cyclic sports athletes. *Sports medicine: research and practice*, 2015, no. 4, pp. 46–55. (in Russ.)
10.Kalabin O.V., Molchanov S.A., Spitsyn A.P. Dynamic control of functional fitness of volleyball players through heart rate variability analysis. *Human. Sport. Medicine*, 2022, vol. 22, no. 1, pp. 42-49. (in Russ.)
11.Oliveira R.S., Leicht A.S., Bishop D., Barbero-Álvarez J.C., Nakamura F.Y. Seasonal changes in physical performance and heart rate variability in high level futsal players. *International Journal of Sports Medicine*, 2013, no. 34 (5), pp. 424–430.
12.Kalabin O.V., Mikhailov M.M. Individual approach to identifying the functional fitness of the body by the heart rate variability analysis for correction of strength training in volleyball. *Modern Issues of Biomedicine*, 2023, vol. 7, no. 1 (22), pp. 55–65. (in Russ.)
13.Shchedrina Yu.A., Melnikov D.S., Chernozipunnikova E.V., Terekhin V.S. Heart rate variability during an active orthostatic test in highly qualified professional boxers during preparation for competitions. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2024, no. 9, pp. 26–28. (in Russ.)
14.Sergienko I.V., Ezhov M.V., Ansheles A.A., Popova A.B., Chubykina U.V. Functional stress tests in cardiology. Learning guide. Moscow: National Medical Research Center of Cardiology, 2021. 54 p. (in Russ.)
15.Ibragimova T.V. Respiratory sinus arrhythmia in athletes of cyclic sports. *Annaly aritmologii*, 2017, vol. 14, no. 2, pp. 90–95. (in Russ.)
16.Sulin V.Yu., Gulyaeva S.I., Vashanov G.A., Lavrinenko I.A. Analysis of cardiorhythm variability in students during respiratory test. *Medical Scientific Bulletin of Central Chernozemye*, 2021, no. 85, pp. 89–94. (in Russ.)
17.Fudin N.A., Klassina S.Ya., Vagin Yu.E., Pigareva S.N. Influence of voluntary hypoventilation breathing on the functional state and physical working capacity of a person at different intensity regimes of physical load. *Sports medicine: research and practice*, 2017, vol. 7, no. 2, pp. 5–11. (in Russ.)
18.Astakhov S.I., Nenasheva A.V., Astakhov A.A., Stolyarova N.V., Ragozin A.N. Adaptive compensatory heart rate variability in students. *Bulletin*

*of SUSU. Series "Education, Healthcare, Physical Education",*2014,vol.14, no. 4,pp. 33–41. (in Russ.)
19.Kalabin O.V., Kushkova N.E., Spitsyn A.P. Changes in central hemodynamics and heart rate variability in powerlifters and healthy volunteers under controlled breathing conditions. *New Research,* 2012, no. 3 (32), pp. 62–73. (in Russ.)
20.Emel'yanova A.S., Simonyan L.A., Stepura E.E. Analysis of the heart rate of students with different respiratory rates. *Bulletin of Irkutsk State University. Series "Biology. Ecology",* 2022, vol. 39, pp. 66–71. (in Russ.)
21.Kovaleva A.V., Anisimov V.N. An algorithm for quantifying cardiorespiratory synchronization to assess the functional state and intersystem interactions in athletes. *Russian Journal of Information Technology in Sports,* 2024, vol. 1, no. 2, pp. 13–27. (in Russ.)
22.Pokrovskij V.M. Cardiorespiratory synchronism in assessing the regulatory and adaptive capabilities of the body. Krasnodar: Kuban-Kniga, 2010. 244 p. (in Russ.)
23.Hedelin R., Bjerle P., Henriksson-Larsén K. Heart rate variability in athletes: relationship with central and peripheral performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise,* 2001, vol. 33, no. 8, pp. 1394–1398.
24.Buchheit M., Gindre C. Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. 2006. vol. 291. pp. 451–458.
25.Oreshnikov E.V., Tikhonov V.F., Agafonkina T.V. Heart rate variability in kettlebell lifters. *Human physiology*, 2009, vol. 35, no. 4, pp. 139–141. (in Russ.)
26.Khayutin V.M., Lukoshkova E.V. Heart rate fluctuations: spectral analysis. *Journal of Arrhythmology*, 2002, no. 26, pp. 10–21. (in Russ.)
27.Trubachev V.V., Gorbunov A.V., Trubacheva V.S. Analysis of respiratory and cardiac interaction in athletes and non-athletes with imposed respiratory rate. *Russian Journal of Physiology*, 2015, vol. 101, no. 2, pp. 238–248. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Олег Владимирович Калабин – кандидат биологических наук, доцент кафедры физвоспитания Вятского государственного университета, Киров, e-mail: kalabinoleg@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5383-5007.
Федор Борисович Литвин – доктор биологических наук, профессор кафедры биологических дисциплин Смоленского государственного университета спорта, Смоленск, e-mail: bf-litvin@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-2281-8757.
Сергей Александрович Молчанов – соискатель кафедры неврологии, психиатрии и наркологии Приволжского исследовательского медицинского университета, Нижний Новгород, e-mail: msharky@mail.ru, ORCID: 0000-0003-2702-5294.
Лариса Владимировна Масальцева – аспирант кафедры биологических дисциплин Смоленского государственного университета спорта, Смоленск, e-mail: larisamasaltseva@mail.ru ORCID: 0000-0002-4636-4008.
Наталья Игоревна Чифанова – аспирант кафедры биологических дисциплин Смоленского государственного университета спорта, Смоленск, e-mail: malya-vifk@mail.ru ORCID: 0009-0009-0827-8166.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Oleg V. Kalabin – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Education, Vyatka State University, Kirov, e-mail: kalabinoleg@gmail.com; ORCID: 0000-0002-5383-5007.
Fedor B. Litvin – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Biological Dis-ciplines, Smolensk State University of Sports, Smolensk, e-mail: bf-litvin@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-2281-8757.
Sergej A. Molchanov – Applicant of the Department of Neurology, Psychiatry and Narcology, Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, e-mail: msharky@mail.ru, ORCID: 0000-0003-2702-5294.
Larisa V. Masal'tseva – Post-graduate Student of the Department of Biological Disciplines of the Smolensk State University of Sports, Smolensk, e-mail: larisamasaltseva@mail.ru, ORCID: 0000-0002-4636-4008.
Natal'ya I. Chifanova – Post-graduate Student of the Department of Biological Disciplines of the Smolensk State University of Sports, Smolensk, e-mail: malya-vifk@mail.ru, ORCID: 0009-0009-0827-8166.

Для цитирования: Сравнительный анализ вариабельности ритма сердца и реакции на пробу с регулируемым ритмом дыхания у высококвалифицированных спортсменов с разными типами энергообеспечения / О.В. Калабин, Ф.Б. Литвин, С.А. Молчанов [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_8

For citation: Kalabin O.V., Litvin F.B., Molchanov S.A., Masal'tseva L.V., Chifanova N.I. Comparative analysis of heart rate variability and response to a test with a controlled breathing rhythm in highly qualified athletes with different types of energy supply. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_8

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_9
УДК 612.83; 612.741

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_9
UDC 612.83; 612.741

ИЗУЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОЛЬНОЙ И ВЫЗВАННОЙ АКТИВНОСТИ МЫШЦ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РАЗНЫХ ВИДОВ СПОРТА

Е.В. Ланская, Р.М. Городничев
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта», г. Великие Луки, Россия

Аннотация. Целью данного исследования явилось изучение параметров произвольной и вызванной активности мышц у представителей разных видов спорта. В исследовании приняли участие 32 спортсмена мужского пола, специализирующихся в пауэрлифтинге, легкоатлетическом беге на короткие и длинные дистанции. У спортсменов с мышц бедра и голени проводилась регистрация вызванных моторных ответов посредством чрескожной электрической стимуляции спинного мозга на уровне позвонков Т12-L1 в состоянии мышечного покоя и поверхностной электромиографии при выполнении спортивных движений. Проведенное исследование выявило особенности функционального состояния нервно-мышечного аппарата у представителей разных видов спорта при электрически вызванной и произвольной активности мышц.

Ключевые слова: чрескожная электрическая стимуляция спинного мозга, электромиография, спортсмены, нервно-мышечный аппарат.

PARAMETERS OF VOLUNTARY AND INDUCED MUSCLE ACTIVITY IN REPRESENTATIVES OF DIFFERENT SPORTS

E.V. Lanskaya, R.M. Gorodnichev
Velikiye Luki State Academy of Physical Culture and Sports, Velikiye Luki, Russia

Abstract. The objective of this study – to examine the parameters of voluntary and induced muscle activity in representatives of different sports. The study involved 32 male athletes specializing in powerlifting, short- and long-distance track-and-field running. In athletes with thigh and shin muscles, evoked motor responses were recorded by percutaneous electrical stimulation of the spinal cord at the T12-L1 vertebral level in a state of muscle rest and surface electromyography during athletic movements. The study revealed the features of the functional state of the neuromuscular system in representatives of different sports with electrically induced and voluntary muscle activity.

Keywords: percutaneous electrical stimulation of the spinal cord, electromyography, athletes, neuromuscular system.

Введение. Адаптация моторной системы человека к специфической спортивной деятельности проявляется в функциональных перестройках нервно-мышечного аппарата (НМА) [1, 2]. Физиология мышечной деятельности ставит перед собой задачи, заключающиеся в оценке не только функционального состояния мышечной системы, но и систем ее обеспечения и регуляции. Электронейромиографические (стимуляционные) методы исследования, в числе которых чрескожная электрическая стимуляция спинного мозга (ЧЭССМ), предоставляют объективные возможности осуществления функциональной диагностики НМА спортсменов. В отличие от электронейромиографических электромиографические (ЭМГ) методы тестирования регистрируют не рефлекторную двигательную активность, то есть вызванную искусственным электрическим раздражением структур нервной системы, а произвольную для регистрации и анализа потенциалов действия, возникающих в скелетных мышцах при различных по координационной структуре движениях. Наиболее распространенной и доступной в практическом использовании является поверхностная ЭМГ.

Широкий спектр электрофизиологических методов делает их перспективными для применения в области физиологии мышечной деятельности, благодаря которым можно получить точные сведения о функционировании нервных и мышечных структур, входящих в систему управления движениями [3, 4]. В связи с вышеизложенным, цель

данного исследования заключалась в изучении параметров произвольной и вызванной активности мышц у представителей разных видов спорта.

Методы и организация исследования. В исследовании приняли участие 32 квалифицированных спортсмена мужского пола, специализирующихся в пауэрлифтинге, легкоатлетическом беге на короткие и длинные дистанции. Квалификация спортсменов – I взрослый разряд, кандидаты в мастера спорта. Средний стаж спортивной деятельности – 11,35±1,63 лет. Общая характеристика участников представлена в таблице 1.

Таблица 1

Общая характеристика участников исследования, M±SD

Группы спортсменов	Возраст, лет	Длина тела, см	Масса тела, кг
Бегуны-спринтеры (100 м), n=10	22,00±1,80	171,2±2,89	72,9±3,57
Бегуны-стайеры (5 000 м), n=10	23,07±1,38	177,23±3,27	72,26±2,13
Пауэрлифтеры, n=10	22,35±1,69	170,4±2,80	76,16±4,20

Обследовались только здоровые лица, которые на период исследований не имели острых и хронических заболеваний. Все спортсмены были обследованы на специально-подготовительном этапе подготовительного периода годичного цикла спортивной тренировки. К исследованию привлекались только испытуемые-правши, регистрация ответов осуществлялась с ведущей нижней конечности. Литературные данные подтверждают, что абсолютному большинству спортсменов, независимо от специализации, присуще «правшество» сенсомоторных функций [5]. Каждый спортсмен в день его участия в исследовании был освобожден от тренировок. Все испытуемые получили подробную информацию по проводимым исследованиям и дали письменное согласие на участие в них в соответствии с Хельсинкской декларацией.

Первый этап исследований проводился на базе Научно-исследовательского института проблем спорта и оздоровительной физической культуры Великолукской государственной академии физической культуры и спорта (ВЛГАФК). Во время исследования испытуемые находились в положении лежа на медицинской кушетке, и в состоянии мышечного покоя осуществлялась регистрация вызванных моторных ответов (ВМО) с мышц бедра и голени (двуглавой и прямой мышц бедра, камбаловидной, передней большеберцовой) при ЧЭССМ, приложенной со стороны остистых отростков на уровне позвонков T12-L1 [6, 7]. Для отведения и регистрации ВМО использовался 8-канальный электронейромиограф «Нейро-МВП-8» (ООО «Нейрософт», Россия, 2006). Активный стимулирующий гибкий дисковый электрод (катод) диаметром 30 мм из самоклеющейся токопроводящей резины (FIAB, Италия) располагался поочередно в двух точках по средней линии позвоночника накожно на уровне поясничного (позвонки T12-L1) утолщения спинного мозга между остистыми отростками. Индифферентные накожные электроды (аноды) – гибкие пластины прямоугольной формы (45×80 мм), изготовленные из самоклеющейся токопроводящей резины («FIAB», Италия) – располагались симметрично на подвздошных гребнях тазовых костей. Для регистрации ВМО наносили прямоугольные электрические стимулы длительностью 1 мс и интенсивностью от 0 до 100 мА. С целью предотвращения следовых эффектов пауза между импульсами составляла не менее 15 с. Анализировались порог и амплитуда ВМО. Расстояние между отводящими электродами составляло 20 мм.

На втором этапе исследования применялся метод поверхностной ЭМГ для регистрации биопотенциалов мышц бедра и голени с помощью 16-ти канального электромиографа «MegaWin ME 6000» (Финляндия, 2008). Для регистрации электромиограмм (ЭМГ) использовались одноразовые накожные электроды с межэлектродным расстоянием 20 мм. Исследование с участием пауэрлифтеров проводилось в специализированном тренажерном зале учебно-спортивного комплекса ВЛГАФК. Спортсмены выполняли становую тягу штанги в стиле «сумо» (три подхода с однократным выполнением

каждого упражнения в подходе; протоколировался лучший показатель по технике выполнения/результату ЭМГ). Спортсмены относились к весовой категории 82,5 кг. Вес штанги составлял 90% от индивидуального максимума. Исследование с участием бегунов-легкоатлетов проводилось в спортивном зале легкой атлетики учебно-спортивного комплекса ВЛГАФК. Спортсмены, специализирующиеся в беге на короткие и длинные дистанции, пробегали отрезки дистанции (30 м) с разной скоростью. Скорость во время максимального спринтерского теста соответствовала темпу на 100 м, а стайерского – на 5000 м. Каждый спортсмен выполнял 3 забега, между забегами были паузы отдыха, достаточные для восстановления. Анализировались результаты ЭМГ мышц при всех трех забегах. У всех обследованных спортсменов была изучена амплитуда ЭМГ.

Статистическая обработка результатов выполнена с использованием программного пакета STATISTICA 13.0. При описании количественных данных использовались расчетные показатели: M (Mean) – среднее арифметическое, SD (Standard Deviation) – стандартное отклонение. Для анализа межгрупповых различий использованы: параметрический критерий статистической обработки при нормальном распределении данных (One-way ANOVA для множест-венного сравнения независимых переменных с post-hoc анализом Newman-Keuls) и непараметрический его аналог при ненормальном распределении данных (Kruskal-Wallis test для множественного сравнения независимых переменных). Анализ распределения признаков на нормальность проводили с помощью критериев Shapiro-Wilk test, а условие равенства дисперсий выборок проверяли по критерию Levene’s test. Критическое значение уровня статистической значимости при проверке нулевых гипотез принималось равным 5% (p=0,05).

Результаты исследования и их обсуждение. Сравнение показателей параметров ВМО мышц бедра и голени, зарегистрированных при ЧЭССМ на уровне позвонков T12-L1, выявило статистически значимые различия между группами спортсменов (табл. 2). Самые низкие пороги и самые высокие значения амплитуды ВМО всех тестируемых мышц регистрировались у легкоатлетов, специализирующихся в беге на длинные дистанции, по сравнению с другими спортсменами. У пауэрлифтеров обнаружены диаметрально противоположные характеристики ВМО. Так, например, при ЧЭССМ порог ВМО двуглавой мышцы бедра у пауэрлифтеров составил в среднем по группе 49,00±4,43 мА, который был выше на 59,9 %, чем у стайеров ($p<0,05$), и на 19,5 %, чем у спринтеров ($p>0,05$). Значения амплитуды ВМО данной мышцы у стайеров значительно превышали таковые у пауэрлифтеров ($p<0,01$). Несмотря на разницу в изучаемых параметрах ВМО мышц у спринтеров и стайеров, достоверно значимые отличия были выявлены только в показателях амплитуды ВМО камбаловидной мышцы ($p<0,001$) между этими группами.

Метод ЧЭССМ был предложен, описан и использован группами авторов [6, 7], которые показали, что при чрескожной стимуляции умеренной интенсивности поясничного отдела спинного мозга в мышцах нижних конечностей регистрируются рефлекторные двигательные ответы, имеющие моносинаптическую природу. Таким образом, при ЧЭССМ активируются главным образом нейроны афферентных дорсальных корешков спинного мозга, и в рефлекторных моторных ответах имеется моносинаптический компонент. Рефлекторное управление мышечной активностью в немалой степени зависит от спинальных механизмов, представленных сложной системой мотонейронов, которые на сегментарном уровне принимают участие в реализации двигательного акта [8].

Результаты нашего исследования и физиологические особенности формирования ВМО бедра и голени при ЧЭССМ позволяют заключить, что для легкоатлетов-стайеров, адаптированных к длительной циклической работе на выносливость в режиме большой мощности, характерна самая высокая рефлекторная возбудимость α-мотонейронов, иннервирующих мышцы бедра и голени. По сравнению со стайерами у пауэрлифтеров, систематически выполняющих кратковременные ациклические физические нагрузки силового характера,

уровень рефлекторной возбудимости мотонейронов поясничного утолщения спинного мозга при электрически вызванном (непроизвольном) сокращении мышц был значительно ниже, но в основном достоверно значимо не отличался от такового в группе легкоатлетов-спринтеров, адап-тированных к непродолжительной циклической работе максимальной мощности и требующей преимущественно развития быстроты.

Таблица 2

Показатели параметров вызванных моторных ответов (ВМО) при чрескожной электрической стимуляции спинного мозга у представителей разных видов спорта, M±SD

Параметры ВМО	1. Пауэрлифтеры	2. Спринтеры	3. Стайеры
Двуглавая мышца бедра			
Порог, мА	49,00±4,43*	41,00±3,41	30,63±2,68
Амплитуда, мВ	1,60±0,39**	3,31±0,59	5,23±0,30
Прямая мышца бедра			
Порог, мА	50,50±3,46**	40,00±4,97	25,63±2,42
Амплитуда, мВ	1,23±0,22*	2,68±0,63	3,91±0,40
Камбаловидная мышца			
Порог, мА	52,50±2,45*	43,50±3,14	31,88±3,24
Амплитуда, мВ	2,20±0,88***	4,33±0,80***	7,03±0,53
Передняя большеберцовая			
Порог, мА	56,50±4,31**	46,50±5,45	36,25±2,99
Амплитуда, мВ	0,88±0,09*	2,66±0,70	3,86±0,88

Примечание: достоверные отличия от соответствующего показателя в группе стайеров при * $p<0,05$; ** $p<0,01$; *** $p<0,001$.

Установленная в результате исследования самая высокая у стайеров и более низкая у пауэрлифтеров и спринтеров рефлекторная возбудимость α-мотонейронов поясничного утолщения спинного мозга мышц-мишеней может объясняться более эффективной синаптической передачей от кортикоспинальных нервных клеток к α-мотонейронам под влиянием долговременной адаптации к длительной работе на выносливость [9], меньшей выраженностью нейрональных тормозных механизмов спинного мозга у стайеров по сравнению со спринтерами и силовиками [10, 11], а также разным соотношением в мышцах спортсменов медленных и быстрых ДЕ, отличающихся морфофункциональными характеристиками уровнем возбудимости их мотонейронов и [12].

Идеальной моделью для изучения механизмов разнообразных движений служит двигательная деятельность спортсменов, а применение метода поверхностной ЭМГ позволяет получить ценный материал о взаимодействии и уровнях активности работающих мышц при выполнении таких движений. Вторая серия исследований посвящена изучению биоэлектрической активности скелетных мышц при выполнении спортивных движений, характерных для пауэрлифтинга и легкоатлетического бега на разные дистанции. На рисунках 1 и 2 представлены типичные записи электроактивности мышц при выполнении спортивных движений пауэрлифтерами и легкоатлетами.

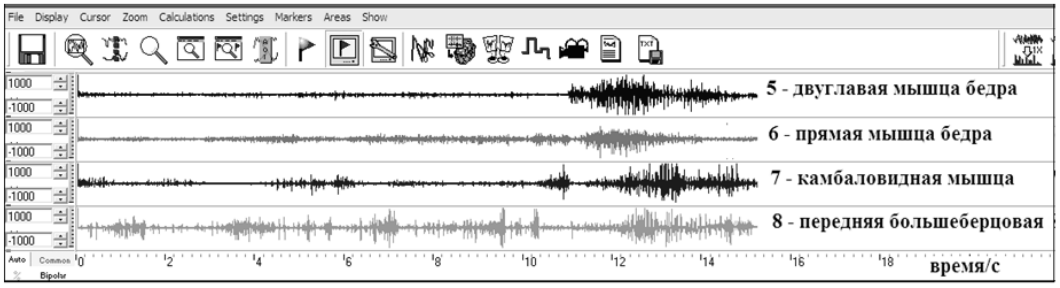


Рис. 1. Типичный образец записи электромиографии мышц при выполнении пауэрлифтерами становой тяги

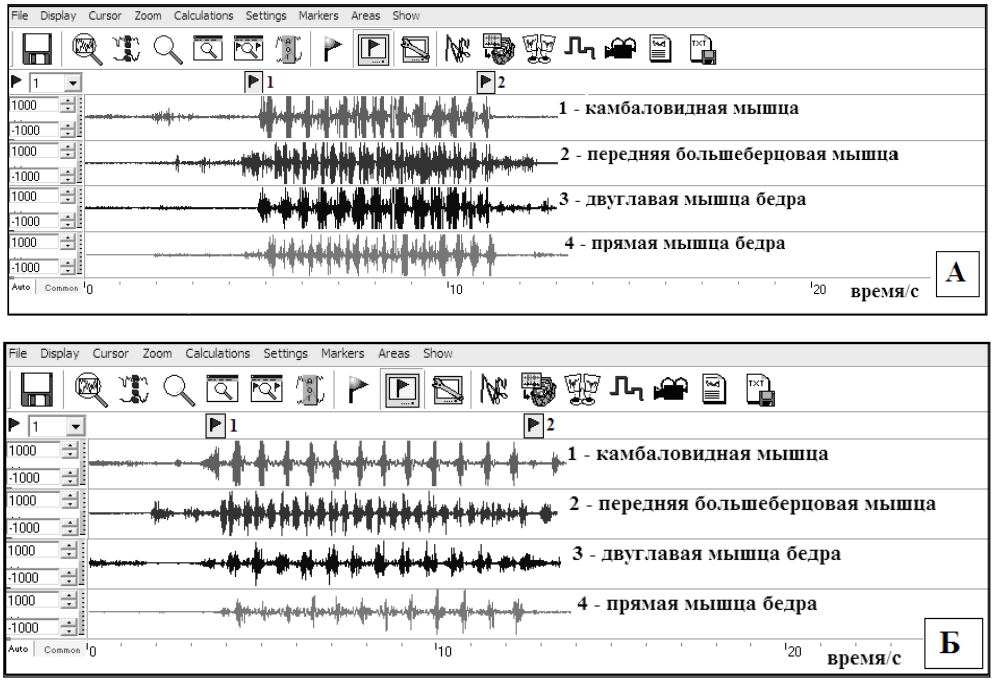


Рис. 2. Типичные образцы записей электромиографии мышц при спринтерском (А) и стайерском (Б) беге

Приседание со штангой на плечах, жим штанги лежа на горизонтальной скамье и становая тяга штанги являются соревновательными дисциплинами в пауэрлифтинге (силовом троеборье). В данной работе представлены показатели амплитуды ЭМГ при выполнении пауэрлифтерами становой тяги штанги в стиле «сумо», так как при выполнении именно этого упражнения электроактивность мышц бедра и голени была самой высокой. Об этом свидетельствуют результаты собственных исследований [13].

ЭМГ-исследование позволило установить, что у легкоатлетов во время спринтерского бега средняя амплитуда ЭМГ всех исследуемых мышц голени была значительно более высокой, чем при выполнении становой тяги и стайерского бега (табл. 3). Вероятно, что при реализации движений циклического характера с высокой скоростью сокращения мышц более высокий уровень их электрической активности связан с механизмами рекрутирования большего количества ДЕ, чем при выполнении других спортивных движений.

Таблица 3

Среднегрупповые показатели амплитуды электромиографии у представителей разных видов спорта во время выполнения спортивных движений (мкВ), M±SD

Мышцы	1. Пауэрлифтеры (становая тяга штанги в стиле «сумо»)	2. Спринтеры (спринтерский бег)	3. Стайеры (стайерский бег)
Двуглавая мышца бедра	217,12±23,57	227,9±34,2	148,8±24,8*
Прямая мышца бедра	110,67±4,86	168,5±16,1	105,2±11,2
Камбаловидная мышца	124,23±4,56*	217,8±27,1	139,1±16,5
Передняя большеберцовая мышца	119,1±18,1*	194,8±20,4	137,9±6,9

Примечание: достоверные отличия от соответствующего показателя в группе спринтеров при * $p<0,05$

Во время становой тяги, спринтерского и стайерского бега среди тестируемых мышц наиболее высокую электроактивность проявляла двуглавая мышца бедра, с

которой зарегистрированы самые высокие показатели амплитуды ЭМГ (соответственно 217,12±23,57 мкВ, 227,9±34,2 мкВ, 148,8±24,8 мкВ). Данная мышца в большей степени вовлечена в совершаемую работу и является «ведущей», по сравнению с которой другие мышцы демонстрировали меньшую электроактивность.

Заключение. Проведенные серии исследований позволили изучить и выявить отличительные особенности функционального состояния НМА у спортсменов, тренирующих быстроту, выносливость и силу. Такое исследование имеет фундаментальное значение для современной физиологии движений, поскольку позволяет, с одной стороны, оценивать функциональное состояние центральных нервных структур, а с другой стороны – состояние самого исполнительного мышечного аппарата. У спортсменов при произвольной двигательной активности и электрически вызванном сокращении мышц выявлены отличительные особенности функционирования НМА в разных условиях его деятельности. В результате анализа показателей ВМО, зарегистрированных при ЧЭССМ, самая высокая рефлекторная возбудимость спинальных α-мотонейронов выявлена у атлетов, адаптированных к физическим нагрузкам на выносливость. У спортсменов во время стайерского бега мы регистрировали самую низкую электроактивность мышц. У пауэрлифтеров наблюдалась прямо противоположная картина: наибольший порог возбуждения, наименьшая амплитуда ВМО наряду с самой высокой электроактивностью мышц при выполнении становой тяги.

Полученные данные можно объяснить тем, что при длительной работе на выносливость наиболее активны медленные ДЕ, которые преобладают в составе рабочих мышц у стайеров. Для мышечных волокон в составе медленных ДЕ характерны относительно низкие сила и скорость сокращения. Спинальные мотонейроны таких ДЕ обладают высокой возбудимостью, что подтверждают такие параметры сегментарных ВМО у стайеров, как пороги и максимальная амплитуда. При выполнении высокомощностных кратковременных физических нагрузок, направленных преимущественно на развитие силы или быстроты, наоборот, активны быстрые ДЕ, мышечные волокна которых характеризуются быстрой скоростью и высокой силой сокращения, но относительно невысокой возбудимостью их спинальных мотонейронов.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Городничев, Р.М. Физиология силы/Р.М. Городничев, В.Н.Шляхтов.–М.:Спорт,2016.–232 с.
2. Нопин, С.В. Тестирование функционального состояния опорно-двигательного аппарата спортсменов циклических и ситуационных видов спорта / С.В. Нопин, Ю.В. Корягина, Г.Н. Тер-Акопов // Теория и практика физической культуры. – 2020. – № 4. – С. 25–27.
3. Noninvasive reactivation of motor descending control after paralysis / Y.P. Gerasimenko, D.C. Lu, M. Modaber [et al] // J Neurotrauma. – 2015. –Vol. 32. – № 24. – P. 1968–1980.
4. Magneto-mechanical effect of magnetic microhydrogel for improvement of magnetic neurostimulation / L. Xue, Q. Ye, L. Wu [et al] // Nano Research. – 2023. – Vol. 16. – №5. – P. 7393–7404.
5. Индивидуальный профиль асимметрии как фактор двигательного стереотипа квалифицированных спортсменов/А.С.Тришин, Е.С.Тришин, Ю.А. Кудряшова [и др.]//Физическая культура, спорт-наука и практика.–2020. – № 3. – С. 30–34.
6. Modulation of multisegmental monosynaptic responses in a variety of leg muscles during walking and running in humans / G. Courtine, S.J. Harkema, C.J. Dy [et al] // The Journal of Physiology. – 2007. – Vol. 582. - № 3. – P. 1125–1139.
7. Posterior root-muscle reflexes elicited by transcutaneous stimulation of the human lumbosacral cord / K. Minassian, I. Persy, F. Rattay [et al] // Muscle Nerve.–2007.–Vol.35. – № 3. – P. 327–336.
8. Гусева, А.М. Возрастные изменения показателей Н-рефлекса при ритмической стимуляции / А.М. Гусева // Альманах современной науки и образования. – 2015. – № 5 (95). – С. 38–41.
9. Excitability at the motoneuron pool and motor cortex is specifically modulated in lengthening compared to isometric contractions / M. Gruber, V. Linnamo, V. Strojnik [et al] // J Neurophysiol. – 2009. – Vol. 101. – № 4. – P. 2030–2040.
10.Pre- and post-synaptic control of motoneuron excitability in athletes / D.R. Earles, J.T. Dierking, C.T. Robertson, D.M. Koceja // Med. Sci. Sports Exerc. – 2002. – Vol. 34. – № 11. – P. 1766–1772.

11.Городничев, Р.М. Пресинаптическое торможение альфа-мотонейронов спинного мозга человека при адаптации к двигательной деятельности разной направленности / Р.М. Городничев, Р.Н. Фомин // Физиология человека. – 2007. – № 2 (33). – С. 98–103.
12.Кизько, А.П. Принципы развития силовых и циклических способностей двигательных единиц различного типа и вида: учебное пособие / А.П. Кизько, Е.А. Кизько. – Новосибирск: Издательство НГТУ, 2003. – 52 с.
13.Ланская, О.В. Электромиографическое исследование активности мышц у студентов физкультурного ВУЗа, специализирующихся в различных видах спорта / О.В. Ланская, Е.В. Ланская // Альманах «Новые исследования». – 2017. – № 1 (50). – С. 50–64.

REFERENCES

1. Gorodnichev R.M., Shlyakhtov V.N. Physiology of strength. Moscow: Sport, 2016. 232 p. (in Russ.)
2. Nopin S.V., Koryagina Yu.V., Ter-Akopov G.N. Functional status of locomotor system of athletes engaged in cyclic and situational sports. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2020, no. 4, pp. 25–27. (in Russ.)
3. Gerasimenko Y.P., Lu D.C., Modaber M. et al. Edgerton V.R. Noninvasive reactivation of motor descending control after paralysis. *J Neurotrauma*, 2015, vol. 32, no. 24, pp. 1968–1980.
4. Xue L., Ye Q., Wu L. et al. Magneto-mechanical effect of magnetic microhydrogel for improvement of magnetic neurostimulation. *Nano Research*, 2023, vol. 16, no. 5, pp. 7393–7404.
5. Trishin A.S., Trishin E.S., Kudryashova Yu.A. et al. Individual asymmetry profile as a factor of motor stereotype of qualified athletes. *Physical Education, Sports – Science and Practice*, 2020, no. 3, pp. 30–34. (in Russ.)
6. Courtine G., Harkema S.J., Dy C.J. et al. Modulation of multisegmental monosynaptic responses in a variety of leg muscles during walking and running in humans. *The Journal of Physiology*, 2007, vol. 582, no. 3, pp. 1125–1139.
7. Minassian K., Persy I., Rattay F. et al. Posterior root-muscle reflexes elicited by transcutaneous stimulation of the human lumbosacral cord. *Muscle Nerve*, 2007, vol. 35, no. 3, pp. 327–336.
8. Guseva A.M. Age changes of H-reflex indices during rhythmical stimulation. *Almanac of Modern Science and Education*, 2015, no. 5 (95), pp. 38–41. (in Russ.)
9. Gruber M., Linnamo V., Strojnik V. et al. Excitability at the motoneuron pool and motor cortex is specifically modulated in lengthening compared to isometric contractions. *J Neurophysiol*, 2009, vol. 101, no. 4, pp. 2030–2040.
10.Earles D.R., Dierking J.T., Robertson C.T., Koceja D.M. Pre- and post-synaptic control of motoneuron excitability in athletes. *Med. Sci. Sports Exerc*, 2002, vol. 34, no. 11, pp. 1766–1772.
11.Gorodnichev R.M., Fomin R.N. Presynaptic inhibition of alpha motoneurons of the human spinal cord during adaptation to different motor activity. *Human physiology*,2007,no.2,pp.98–103.(in Russ.)
12.Kiz'ko A.P., Kiz'ko E.A. Principles of developping strength and cyclic capabilities of different motor units: a learning guide. Novosibirsk: Publishing house of the NSTU, 2003. 52 p. (in Russ.)
13. Lanskaya O.V., Lanskaya E.V. Electromiographic study of muscle activity in students specializing in different sports in the university of physical education. *New Research*, 2017, no. 1 (50), pp. 50–64. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Елена Владимировна Ланская – заведующая канцелярией, ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта», Великие Луки, e-mail: lanskaya2012@yandex.ru.
Руслан Михайлович Городничев – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой физиологии и спортивной медицины, профессор кафедры физиологии и спортивной медицины, ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта», Великие Луки, e-mail: gorodnichev@vlgafc.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Elena V. Lanskaya – Head of the Office, Velikiye Luki State Academy of Physical Culture and Sports, Velikiye Luki, e-mail: lanskaya2012@yandex.ru.
Ruslan M. Gorodnichev – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Physiology and Sports Medicine, Professor of the Department of Physiology and Sports Medicine, Velikiye Luki State Academy of Physical Culture and Sports, e-mail: gorodnichev@vlgafc.ru.

Для цитирования: Ланская, Е.В. Изучение параметров произвольной и вызванной активности мышц у представителей разных видов спорта / Е.В. Ланская, Р.М. Городничев // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_9
For citation: Lanskaya E.V., Gorodnichev R.M. Parameters of voluntary and induced muscle activity in representatives of different sports. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_9

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_10
УДК 797.212; 612.062

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_10
UDC 797.212; 612.062

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ НА РЕГУЛЯЦИЮ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ЛЕГКОАТЛЕТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА РЕГУЛЯЦИИ

Ф.Б. Литвин[1], О.А. Пронченкова[1], Н.В. Пешкова[2], И.Б. Быкова[3], Н.Б. Быкова[3]
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Смоленский государственный университет спорта», г. Смоленск, Россия
[2]Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского», г. Брянск, Россия
[3]Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Смоленский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Смоленск, Россия

Аннотация. Исследование направлено на изучение влияния биологически активной добавки на регуляцию сердечного ритма у легкоатлетов в зависимости от типа регуляции. В исследовании приняло участие 64 спортсмена, из них 38 занимается спринтерским бегом, 26 спортсменов – бегом на средние дистанции. Анализ вариабельности сердечного ритма с использованием аппарата «Варикард 2.51» и программы «ISCIM-6» проведен до и после курсового применения биодобавки «Мультикомплекс MDX», полученной на основе молочной сыворотки. Спортсмены были поделены на группы с умеренным доминированием автономного механизма регуляции (III тип) и умеренным доминированием центрального механизма регуляции (I тип). Результаты применения биодобавки показали снижение напряженности центрального механизма регуляции на фоне повышения активности автономного контура управления сердечным ритмом у спортсменов с I и III типами регуляции сердечного ритма. Градиент сдвига показателей вариабельности сердечного ритма более выраженный у спортсменов с I типом регуляции.

Ключевые слова: легкая атлетика, биодобавка, вариабельность сердечного ритма, типы регуляции.

THE EFFECT OF A WHEY DIETARY SUPPLEMENT ON THE HEART RATE REGULATION IN ATHLETES, DEPENDING ON THE TYPE OF REGULATION

F.B. Litvin[1], O.A. Pronchenkova[1], N.V. Peshkova[2], I.B. Bykova[3], N.B. Bykova[3]
[1]Smolensk State University of Sports, Smolensk, Russia
[2]Bryansk State University, Bryansk, Russia
[3]Smolensk State Medical University, Smolensk, Russia

Abstract. The aim of the study: to examine the effect of a dietary supplement on heart rate regulation depending on the type of regulation. The study involved 64 athletes, of which 38 are engaged in sprinting and 26 athletes in middle distance running. The authors carried out heart rate variability analysis before and after the course use of the MDX Multicomplex whey supplement using the Varikard 2.51 device and the ISCIM-6 software. Athletes were divided into groups with moderate dominance of the autonomous regulatory mechanism (type III) and moderate dominance of the central regulatory mechanism (type I). The results of the dietary supplement application have demonstrated a decrease in the intensity of the central regulation mechanism against the background of an increase in the activity of the autonomous circuit of heart rate control in athletes with types I and III. The shift gradient of heart rate variability indicators is more pronounced in athletes with type I.

Keywords: track-and-field, dietary supplement, heart rate variability, types of regulation.

Введение. Структурно-функциональные изменения в организме спортсменов, вызванные тренировочными и соревновательными нагрузками, происходят на разных уровнях организации: от клеточного и субклеточного до системного, включая организменный. Ответная реакция организма на физические нагрузки протекает по типу стресс-реакции. В непрерывном стремлении к достижению рекордно высоких результатов, организм спортсменов часто сталкивается с дистрессом, граничащим с

патологическим состоянием [1, 2]. Для восстановления нарушенного гомеостатического равновесия включаются топографически разнесенные нервные и нейрогуморальные структуры управления [3–6]. Специалисты от спортивной медицины и физиологии находятся в постоянном поиске средств профилактики, способных обеспечить снижение напряженности в работе регуляторных систем. В их число входят природные адаптогены и модуляторы нейрогуморального обеспечения функциональных отправлений организма [7-9]. Основой большинства продуктов для спортивного питания является белок, преимущественно белки молока в различной форме белковой фракции, как наиболее сбалансированные по аминокислотному профилю и степени биологической ценности. Особо ценными биологическими свойствами обладают сывороточные белки [10]. В их состав входят незаменимые аминокислоты, являющиеся основой для создания белков, в том числе и для синтеза мышечного белка, который способствует росту мышечных волокон, увеличению мышечной массы, повышению выносливости и работоспособности [11, 12]. Для увеличения синтеза мышечного белка необходима определенная внутриклеточная концентрация лейцина [13, 14]. В состав продукта «Мультикомплекс MDX», полученного на основе молочной сыворотки, входят незаменимые аминокислоты – валин, лейцин и изолейцин. Учитывая способность сыворотки быстро повышать концентрацию лейцина в крови, она считается наиболее эффективным источником белка для стимуляции синтеза мышечного белка [15].

Цель исследования: изучить влияние биологически активной добавки на основе молочной сыворотки на регуляцию сердечного ритма в зависимости от типа регуляции.

Методы и организация исследования. В исследовании приняло участие 64 спортсмена, из них 38 занимается спринтерским бегом и 26 спортсменов бегом на средние дистанции. Анализ ВСР проведен до и после курсового приема биодобавки «Мультикомплекс MDX», полученной на основе молочной сыворотки. Спортсмены на протяжении 21 дня употребляли биодобавку «Мультикомплекс MDX» из расчета 1,5 г/кг массы тела. Биодобавка получена способом микробиологической переработки молочной сыворотки с использованием промышленных культур молочнокислых микроорганизмов и последующим низкотемпературным сгущением. Содержит гидролизованный белок молочной сыворотки, олигопептиды и свободные аминокислоты, глюкозу, галактоз, нуклеиновые кислоты, витамины: С, Е, B_1, B_2, B_6, бета-каротин, фолиевую кислоту, эндосомальные ферменты молочнокислых бактерий, микроэлементы: Cu, Zn, Mn, Fe и макроэлементы: Ca, Mg, P, K, Na. Продукт содержит живую культуру молочнокислых бактерий: L. Lactis, L. Thermophyilus, L. Bulgaricus ($1{,}2x10^8$). Анализ вариабельности сердечного ритма проводили с помощью аппарата «Варикард 2.51» и программы «ISCIM-6». Вычисляли следующие параметры ВСР: показатель вариационного размаха кардиоинтервалов R-R MxDMn (мс), стресс-индекса (SI, усл.ед.), суммарной мощности спектра (TP, мс), мощность спектра очень низкочастотных (VLF, мс), ЧСС (уд/мин). Обработку базы данных производили с помощью приложения для работы с электронными таблицами Microsoft Excel. Данные представлены в виде M±m, где M – среднее арифметическое, а m – ошибка среднего арифметического. Статистическую обработку полученных данных производили с помощью программы IBM SPSS Statistics 25.0. Нормальность распределения проверяли методом Шапиро-Уилка. Попарное сравнение проводили с помощью непараметрического U-критерия Манна-Уитни для двух независимых выборок и считали их достоверными при $p<0{,}05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Анализ специальной литературы, посвященной изучению типологических особенностей регуляции сердечного ритма у спортсменов, показал наибольшую частоту встречаемости лиц с умеренным преобладанием автономного механизма

регуляции (III тип) и несколько реже умеренного преобладания центрального механизма регуляции (I тип) по классификации Шлык Н.И. [16]. Данные типы регуляции взяты за основу у легкоатлетов, специализирующихся в спринте и беге на средние дистанции, для оценки влияния биологически активной добавки на вариабельность сердечного ритма. По данным исследования в группе легкоатлетов до применения «Мультикомплекса MDX» доминирующее влияние центрального контура управления сердечным ритмом отмечается у 67% средневиков и 74% спринтеров, соответственно автономный механизм регуляции характерен для 33% средневиков и 26% спринтеров. Несмотря на то, что в отдельных работах для индивидуумов отмечается генетическая предрасположенность определенного типа вегетативной регуляции [1, 17], факторы внешней среды, среди них и физическая нагрузка, изменяют соотношение в механизмах регуляции, тем самым обеспечивая его адаптацию к новым условиям жизнедеятельности. В работе решалась задача по выявлению влияния биологически активной добавки на показатели вегетативной регуляции сердечного ритма в зависимости от типа регуляции и вида легкой атлетики. Показатели вариабельности сердечного ритма до применения биодобавки в исследуемых группах средневиков и спринтеров с I типом регуляции статистически значимо не различаются (табл.).

Таблица

Показатели вариабельности сердечного ритма до и после применения биодобавки

Показатели/ вид спорта	Этап	Тип вегетативной регуляции сердечного ритма			
		I тип		III тип	
		Бег на средние дистанции	Спринт	Бег на средние дистанции	Спринт
ЧСС, уд/мин	до	78,33±2,96	77,25±2,91	62,54±1,80	55,0±1,15
	после	73,1±1,83	75,4±2,00	64,5±7,50	57,7±1,20
MxDMn, мс	до	217,0±21,38	205,66±19,70	399,13±31,8	324,17±29,15
	после	244,9±30,33	390,7±28,58*	542,0±36,01	491,4±35,42*
SI, усл.ед	до	174,52±19,2	198,92±25,3	37,20±6,56	31,74±5,40
	после	116,1±16,73	130,2±20,11*	19,5±3,63*	26,60±4,57
VLF, мс	до	205,7±31,65	120,3±12,76	391,1±77,09	379,5±53,44
	после	1018±170,68	348,0±64,50*	904±143,84*	443,3±80,52
TP, мс^2	до	2231±298	1674±190	6133±624	5391±505
	после	3692±325*	2823±234*	9262±1140*	8236±1058*

Примечание: ЧСС – частота сердечных сокращений; MxDMn – вариационный размах; SI – стресс-индекс; VLF – мощность волн очень низкой частоты; TP – суммарная мощность спектра; ***** $p<0,05$ до и после приема мультикомплекса «MDX».

Это позволяет сделать заключение о том, что группы равные, а полученные количественные данные соответствуют ранее представленным данным по средневикам и спринтерам [17] и их значения соответствуют референсным. Следовательно, независимо от вида легкой атлетики в исходном состоянии спортсмены с одним типом вегетативной регуляции сердечного ритма не имеют статистически значимых различий по показателям ВСР. Ситуация изменяется после применения биодобавки. У спортсменов разных видов легкой атлетики с I типом регуляции динамика изменений показателей ВСР разнится. В группе средневиков показатель TP статистически значимо повышается на 65% ($p<0,05$). После применения «Мультикомплекса MDX» усиливаются волновые процессы большого периода колебаний (VLF-ритм), которые отражают изменения на гипоталамо-гипофизарном уровне [18]. Как отмечают [16, 19], повышение VLF-колебаний свидетельствует в пользу гиперадаптивных изменений более высокого уровня. У средневиков градиент прироста VLF-ритма достигает 394% ($p<0,05$). Повышение показателей TP и VLF при снижении на 51% ($p<0,05$) показателя стресс-индекса SI за время приема

биопродукта свидетельствует о снижении напряженности регуляторных процессов. В группе спринтеров после биодобавки сохраняется аналогичная средневикам направленность изменений временных и спектральных показателей. Так показатель стресс-индекса SI уменьшается на 53% ($p<0,05$), показатель VLF увеличивается на 190% ($p<0,05$), суммарная мощность спектра TP на 69% ($p<0,05$). Известно, что основная информация о состоянии систем вегетативной регуляции сердечного ритма, заключена в длительности и разбросе кардиоинтервалов R-R, раскрывающих особенности перестройки организма в процессе адаптационно-компенсаторных реакций системы кровообращения [20]. Поскольку изменчивость R-R интервалов отражает вариационный размах кардиоинтервалов MxDMn, был проведен анализ динамики данного показателя после приема биопродукта, который повышается на 90% ($p<0,05$). Выявленная динамика отражает системный характер влияния «Мультикомплекса MDX» на структуры управления сердечным ритмом, как у спринтеров, так и средневиков. Найденная закономерность проявляется в снижении напряженности регуляторных механизмов на фоне повышения активности автономного контура регуляции. Наблюдаемое повышение показателей автономного контура управления сердечным ритмом в ответ на высокую активность центрального контура управления укладывается в известный закон, согласно которому сила действия равна силе противодействия. В результате нарастает трофотропный потенциал организма за счет эргогенных субстратов, содержащихся в биодобавке [7, 21, 22]. У легкоатлетов с III типом регуляции применение биодобавки аналогичным образом усиливает доминирующее влияние автономного механизма на сердечный ритм. Так, в группе средневиков после воздействия биодобавки достоверно увеличивается на 36% ($p<0,05$) показатель MxDMn, на 131% ($p<0,05$) показатель VLF, на 51% ($p<0,05$) показатель TP и на 85% ($p<0,05$) снижается показатель SI. В группе спринтеров динамика и направленность изменений сохраняется, однако достоверно на 52% ($p<0,05$) увеличивается только показатель MxDMn и на 53% ($p<0,05$) показатель TP. Следовательно, корригирующий эффект биодобавки у спринтеров менее выраженный, что, вероятно, обусловлено особенностями энергообеспечения мышечной работы. В целом, при сравнении эффекта от применения биодобавки у легкоатлетов одного вида спорта с разными типами регуляции отмечается более выраженный градиент изменений у спортсменов с I типом регуляции. После применения «Мультикомплекса MDX» соотношение спортсменов с разными типами регуляции изменилось, а именно доминирующее влияние центрального контура управления сердечным ритмом регистрируется у 48% средневиков и 57% спринтеров, соответственно автономный механизм регуляции встречается у 52% средневиков и 43% спринтеров.

В спортивной практике для оценки функциональной устойчивости и возможностей организма при мышечной работе тренеры нередко используют только показатель ЧСС. Результаты нашего исследования показали недостаточность изолированного применения показателя ЧСС для оценки возможностей организма. В работе показано, что по динамике показателя ЧСС не выявлено статистически значимых различий после применения биодобавки у средневиков и спринтеров с I и III типами вегетативной регуляции сердечного ритма. Однако результаты анализа ВСР показывают разный уровень функционального состояния организма, что подтверждает необходимость дополнительного включения в оценку текущего функционального состояния организма спортсменов метода вариабельности сердечного ритма.

Заключение. Курсовой прием легкоатлетами «Мультикомплекса MDX», сбалансированного по аминокислотному составу, наличию ферментов и витаминов, способствует формированию метаболического и нейротрофического эффекта, направленного на сохранение аллостатической устойчивости при физических нагрузках. В результате приема биодобавки формируется трофотропное состояние

организма, которое проявляется нарастанием доминирующего влияния автономного контура регуляции на сердечный ритм при снижении центрального механизма регуляции с его эрготропной функцией.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаврилова, Е.А. Спорт, стресс, вариабельность: монография / Е.А. Гаврилова – М.: Спорт, 2015. – 168 с.
2. Внезапная сердечная смерть в спорте. Современные представления / Е.А. Гаврилова, О.А. Чурганов, М.Д. Белодедова [и др.] // Теория и практика физической культуры. – 2021. – № 5. – С. 76–79.
3. Основы физиологии человека: учебник / Н.А. Агаджанян, И.Г. Власова, Н.В. Ермакова, В.И. Торшин. – М.: РУДН, 2017. – 456 с.
4. Анохин, П.К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем / П.К. Анохин // Принципы системной организации функций. – М.: Наука. – 1973. – С. 5–61.
5. Виру, А.А. Гормоны и спортивная работоспособность / А.А. Виру, П.К. Кырге. – М.: Физкультура и спорт, 1983. – 159 с.
6. Ноздрачев, А.Д. Полимодальная интероцептивная сенсорная система / А.Д. Ноздрачев // Интегративная физиология: Всероссийская конференция с международным участием, Санкт-Петербург (24–26 сентября 2019 г.). – СПб.: Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, 2019. – С. 183–186.
7. Очерки спортивной фармакологии. Т.4. Векторы энергообеспечения / под ред. Н.Н. Каркищенко, В.В. Уйба. – М., СПб.: «Айсинг», 2014. – 296 с.
8. Парфенов, А.Н. Использование новых пробиотических регуляторов метаболизма в спорте высших достижений (на примере препарата «Билактин») – результаты и перспективы / А.Н. Парфенов, С.Н. Португалов, Т.А. Яшин // Вестник спортивной науки. – 2009. – № 5. – С. 26–31.
9. Кулиненков, О.С. Биохимия в практике спорта. / О.С. Кулиненков, И.А. Лапшин. – М.: Спорт, 2020. – 184 с.
10.Петрова, Е.И. Исследование ферментативного гидролиза белков молочной сыворотки и разработка биоактивного компонента для спортивного питания / Е.И. Петрова, Н.Б. Гаврилова // Аграрный вестник Урала. – 2013. – № 8(114). – С. 33–35.
11.Поздняковский, Д.В. Молоко и молочные продукты в питании спортсменов / Д.В. Поздняковский, Л.А. Остроумов // Современная торговля: теория, практика, перспективы развития: Матер. 1-ой Рос. инновационной науч.-практ. конф. – Москва, 2012. – С. 54–57.
12.Native whey induces higher and faster leucinemia than other whey protein supplements and milk: a randomized controlled trial / H. Hamarsland, J. Alexander, L. Larssen [et al] // BMC Nutritionvolume. – 2017. – № 10. – P. 2–10.
13.Drummond, M.J. Leucine-enriched nutrients and the regulation of mammalian target of rapamycin signalling and human skeletal muscle protein synthesis / M.J. Drummond, B.B. Rasmussen // Curr Opin Clin Nutr Metab Care. – 2008. – № 11. – P. 222–226.
14.Tang, J.E. Maximizing muscle protein anabolism: the role of protein quality / J.E. Tang, S.M. Phillips // Curr Opin Clin Nutr Metab Care. – 2009. – № 12. – P. 66–71.
15.Devries, M.C. Supplemental Protein in Support of Muscle Mass and Health: Advantage Whey / M.C. Devries, S.M. Phillips // J Food Sci. – 2015. – № 80. – P. A8–A15.
16. Шлык, Н.И. Вариабельность сердечного ритма и методы определения у спортсменов в тренировочном процессе / Н.И. Шлык. – Ижевск: ИЦ «Удмуртский университет», 2022. – 93 с.
17.Шлык, Н.И. Показатели вариабельности сердечного ритма в покое и ортостазе при разных диапазонах значения MxDMn и их изменение у легкоатлетов-бегунов в тренировочном процессе / Н.И. Шлык, А.Е. Алабужев // Наука и спорт: современные тенденции. – 2020. – Т. 8. – № 4. – С. 46–66.
18.Ямщикова, А.В. Анализ вариабельности ритма сердца в диагностике поражения периферических вегетативных тонких нервных волокон при контакте с производственной вибрацией / А.В. Ямщикова, А.Н. Флейшман, Н.А. Шацких // Медицина в Кузбассе.–2014.–№ S3. – С. 90–93.
19.Сложная структура и нелинейное поведение very low frequency вариабельности ритма сердца: модели анализа и практические приложения / А.Н. Флейшман, Т.В. Кораблина, С.А. Петровский, И.Д. Мартынов // Известия вузов «Прикладная нелинейная динамика». – 2014. – Т. 22. – № 1. – С. 55–70.
20.Баевский, Р.М. Анализ вариабельности сердечного ритма в космической медицине / Р.М. Баевский // Физиология человека. – 2002. – Т. 28. – № 2. – С. 70–82.

21.Эргогенные средства в системе спортивной подготовки / В.Ф. Новиков, А.Г. Хайруллин, О.И. Федоренко, А.В. Танеева // Вестн. Казан. гос. энергет. ун-та.–2013.–№1(16). – С. 131–141.
22.Тамбовцева, Р.В. Эргогенические средства в спорте: учебное пособие / Р.В. Тамбовцева. – М.: Советский спорт, 2020. – 388 с.

REFERENCES

1. Gavrilova E.A. Sport, stress, variability: a monograph. Moscow: Sport, 2015, 168 p. (in Russ.)
2. Gavrilova E.A., Churganov O.A., Belodedova M.D, Yakovlev Yu.V., Rogozhnikov M.A. Sudden cardiac death in sports: global statistics analysis. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2021, no. 5, pp. 76–79. (in Russ.)
3. Agadzhanyan N.A., Vlasova I.G., Ermakova N.V., Torshin V.I. Fundamentals of human physiology: a textbook. Moscow: RUDN University, 2017. 456 p. (in Russ.)
4. Anokhin P.K. Fundamental issues of the general theory of functional systems. Principles of systemic organization of functions. Moscow: Nauka, 1973. pp. 5–61. (in Russ.)
5. Viru A.A., Kyrge P.K. Hormones and athletic performance. Moscow: Fizicheskaya Kul'tura i Sport, 1983. 159 p. (in Russ.)
6. Nozdrachev A.D. Polymodal interoceptive sensory system. Integrative Physiology: All-Russian Conference with International Participation (St. Petersburg, September 24-26, 2019) St. Petersburg: Pavlov Institute of Physiology, Russian Academy of Sciences, 2019. pp. 183–186. (in Russ.)
7. Essays on sports pharmacology. Volume 4. Vectors of energy supply. Karkishchenko N.N., Uyba V.V., ed. Moscow, St. Petersburg: Icing , 2014. 296 p. (in Russ.)
8. Parfenov A.N., Portugalov S.N., Yashin T.A. Application of new probiotic metabolism regulators in elite sports (on the example of bilactin) – results and prospects. *Sports science bulletin*, 2009, no. 5, pp. 26–31. (in Russ.)
9. Kulinenkov O.S., Lapshin I.A. Biochemistry in sports practice.Moscow:Sport,2020,184p.(in Russ.)
10.Petrova E.I., Gavrilova N.B. Research of enzymatic hydrolysis of milk whey proteins and development of a bioactive component for a sports nutrition. *Agrarian Bulletin of the Urals*, 2013, no. 8(114), pp. 33–35. (in Russ.)
11.Pozdnyakovskij D.V., Ostroumov L.A. Milk and dairy products in the nutrition of athletes. Modern Trade: Theory, Practice, Development Prospects: proceedings of the First Russian Innovation Scientific and Practical Conference. Moscow, 2012. pp. 54–57. (in Russ.)
12.Hamarsland N., Alexander J., Larssen L., Geran R., Truls R. Native whey induces higher and faster leucinemia than other whey protein supplements and milk: a randomized controlled trial. *BMC Nutritionvolume*, 2017, no. 10, pp. 2–10.
13.Drummond M.J., Rasmussen B.B. Leucine-enriched nutrients and the regulation of mammalian target of rapamycin signaling and human skeletal muscle protein synthesis. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 2008, no. 11, pp. 222–226.
14.Tang J.E., Phillips S.M. Maximizing muscle protein anabolism: the role of protein quality. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 2009, no. 12, pp. 66–71.
15.Devries M.C., Phillips S.M. Supplemental Protein in Support of Muscle Mass and Health: Advantage Whey. *J Food Sci*, 2015, no. 80, pp. A8–A15.
16.Shlyk N.I. Heart rate variability and methods of identification in athletes during the training process. Izhevsk: Udmurt University, 2022. 93 p. (in Russ.)
17.Shlyk N.I., Alabuzhev A.E. Indicators of heart rate variability at rest and during an orthostatic challenge at different ranges of MxDMn value and their change in track and field athletes in the training process. *Science and sport: current trends*, 2020, vol. 8, no. 4, pp. 46–66. (in Russ.)
18.Yamshchikova A.V., Fleishman A.N., Shatskikh N.A. Analysis of heart rate variability in diagnosis of peripheral nervous autonomic small fibers disorders in contact with the industrial vibration. *Medicine in Kuzbass*, 2014, no. S3, pp. 90–93. (in Russ.)
19.Fleishman A.N., Korablina T.V., Petrovsky S.A., Martynov I.D. Complex structure and nonlinear behavior of very low frequency of heart rate variability: model of analysis, and practical applications. *Izvestiya VUZ. Applied Nonlinear Dynamics*, 2014, vol. 22, no. 1, pp. 55–70. (in Russ.)
20.Baevskij R.M. Analysis of heart rate variability in space medicine. *Human physiology*, 2002, vol. 28, no. 2, pp. 70–82. (in Russ.)
21.Novikov V.F., Khairullin A.G., Fedorenko O.I., Taneeva A.V. Ergogenic aids in the system of sports training. *Kazan State Power Engineering University Bulletin*, 2013, no. 1(16), pp. 131–141. (in Russ.)
22.Tambovtseva R.V. Ergogenic aids in sports: a learning guide. Moscow: Sovetskij Sport, 2020, 388 p. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Федор Борисович Литвин – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры биологических дисциплин, ФГБОУ ВО «Смоленский государственный университет спорта», Смоленск, e-mail: bf-litvin@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-2281-8757.

Ольга Александровна Пронченкова – магистр, ФГБОУ ВО «Смоленский государственный университет спорта», Смоленск, e-mail: opronchenkova@mail.ru.
Надежда Вячеславовна Пешкова – кандидат педагогических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», Брянск, e-mail: nadezhda.peshkowa2014@yandex.ru, ORCID: 0009-0002-1462-1150.
Ирина Борисовна Быкова – студентка, ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет», Смоленск, e-mail: irinabykowa2001@yandex.ru.
Наталья Борисовна Быкова – студентка, ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет», Смоленск, e-mail: Natalia.bykowa2001@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Fedor B. Litvin – Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Biological Disciplines, Smolensk State University of Sports, Smolensk, e-mail: bf-litvin@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-2281-8757.
Ol'ga A. Pronchenkova – Magister, Smolensk State University of Sports, Smolensk, e-mail: opronchenkova@mail.ru.
Nadezhda V. Peshkova – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Bryansk State University, Bryansk. e-mail: nadezhda.peshkowa2014@yandex.ru, ORCID: 0009-0002-1462-1150.
Irina B. Bykova – Student, Smolensk State University of Sports, Smolensk, e-mail: irinabykowa2001@yandex.ru.
Natal'ya B. Bykova – Student, Smolensk State University of Sports, Smolensk, e-mail: Natalia.bykowa2001@yandex.ru.

Для цитирования: Влияние биологически активной добавки на основе молочной сыворотки на регуляцию сердечного ритма у легкоатлетов в зависимости от типа регуляции / Ф.Б. Литвин, О.А. Пронченкова, Н.В. Пешкова [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_10

For citation: Litvin F.B., Pronchenkova O.A., Peshkova N.V., Bykova I.B., Bykova N.B. The effect of a whey dietary supplement on the heart rate regulation in athletes, depending on the type of regulation. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_10

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_11
УДК 612.17+616-072.8+61:796

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_11
UDC 612.17+616-072.8+61:796

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ, МОТИВАЦИИ И ПСИХОДИНАМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ У ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЛЫЖНИКОВ

И.М. Мазикин[1], М.М. Лапкин[2], Н.Н. Сентябрев[3], М.В. Акулина[2], Н.А. Куликова[2]
[1]Государственное автономное образовательное учреждение высшего образования города Москвы «Московский государственный университет спорта и туризма», 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
[3]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградская государственная академия физической культуры», г. Волгоград, Россия

Аннотация. Цель исследования – провести системный анализ взаимосвязей между показателями мотивации, психодинамическими характеристиками и результативностью нагрузочного тестирования у лыжников высокого спортивного мастерства. На основе кластерного анализа (по характеристикам результативности нагрузочного тестирования) выделено две группы профессиональных лыжников, в которых корреляционным анализом выявлен различный характер взаимосвязей между параметрами нагрузочного теста, мотивации и психодинамических особенностей. Результаты исследования позволяют найти различия в системной организации целенаправленного поведения у высококвалифицированных спортсменов.

Ключевые слова: лыжники, нагрузочное тестирование, мотивация, психодинамические характеристики, результативность деятельности.

SYSTEMIC ANALYSIS OF THE PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF LOAD TESTING, MOTIVATION AND PSYCHODYNAMIC CHARACTERISTICS OF PROFESSIONAL SKIERS

I.M. Mazikin[1], M.M. Lapkin[2], N.N. Sentyabrev[3], M.V. Akulina[2], N.A. Kulikova[2]
[1]Moscow State University of Sport and Tourism, Moscow, Russia
[2]Ryazan State Medical University named after academician I.P. Pavlov, Ryazan, Russia
[3]Volgograd State Academy of Physical Culture, Volgograd, Russia

Abstract. The aim of the study is to implement a systemic analysis of the relationships between motivation indicators, psychodynamic characteristics and the effectiveness of load testing among elite skiers. Based on cluster analysis (according to the performance characteristics of load testing), two groups of professional skiers were identified, in which correlation analysis revealed the different nature of the relationships between the parameters of the load test, motivation and psychodynamic characteristics. The results of the study allow us to find differences in the systemic organization of purposeful behavior among elite athletes.

Keywords: skiers, load testing, motivation, psychodynamic characteristics, activity performance.

Введение. В спортивной практике для подбора адекватных методов тренировочного воздействия необходимо использовать точные, корректные способы оценки характеристик, влияющих на спортивный результат [1]. В современных литературных источниках результативность целенаправленной деятельности спортсменов обсуждается с позиций теории функциональных систем академика П.К. Анохина [2]. Данный подход, на наш взгляд, позволяет лучше оценить вклад каждого компонента (физиологические ресурсы, мотивация, свойства темперамента, тревожность и т.д.), в формирование результатов тренировочной и соревновательной деятельности в спорте высших достижений [3]. Особенно важно учитывать влияние личностных особенностей спортсменов на формирование у них мотивации в условиях спортивной деятельности, и на их результативность при выполнении предельных физических нагрузок [4].

Цель исследования – провести системный анализ взаимосвязей между

показателями мотивации, психодинамическими характеристиками и результативностью нагрузочного тестирования у лыжников высокого спортивного мастерства.

Методы и организация исследования. Экспериментальную работу проводили на базе ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта (г. Москва) с апреля по октябрь 2023 г. и с марта по август 2024 г. Участники исследования – 70 лыжников мужского пола, являющиеся членами сборной команды Москвы по лыжным гонкам (коньковый и классический стиль, КМС и МС, возраст – 20±5 лет, масса тела – 72,1±9,2 кг), имеющие медицинские допуски и подписавшие договор информированного согласия (протокол ЛЭК № 6 от 11.12.2023 г). Для оценки системной организации целенаправленной деятельности исследуемых лыжников была выбрана схема архитектоники поведенческого акта, разработанная в школе П.К. Анохина и К.В. Судакова.

Дизайн и методы оценки физиологических, психофизиологических детерминант и мотивации (АПК «Нейрософт», Россия) с указанием оцениваемых параметров, а также статистический анализ полученных результатов представлены в блок-схеме (рис. 1).

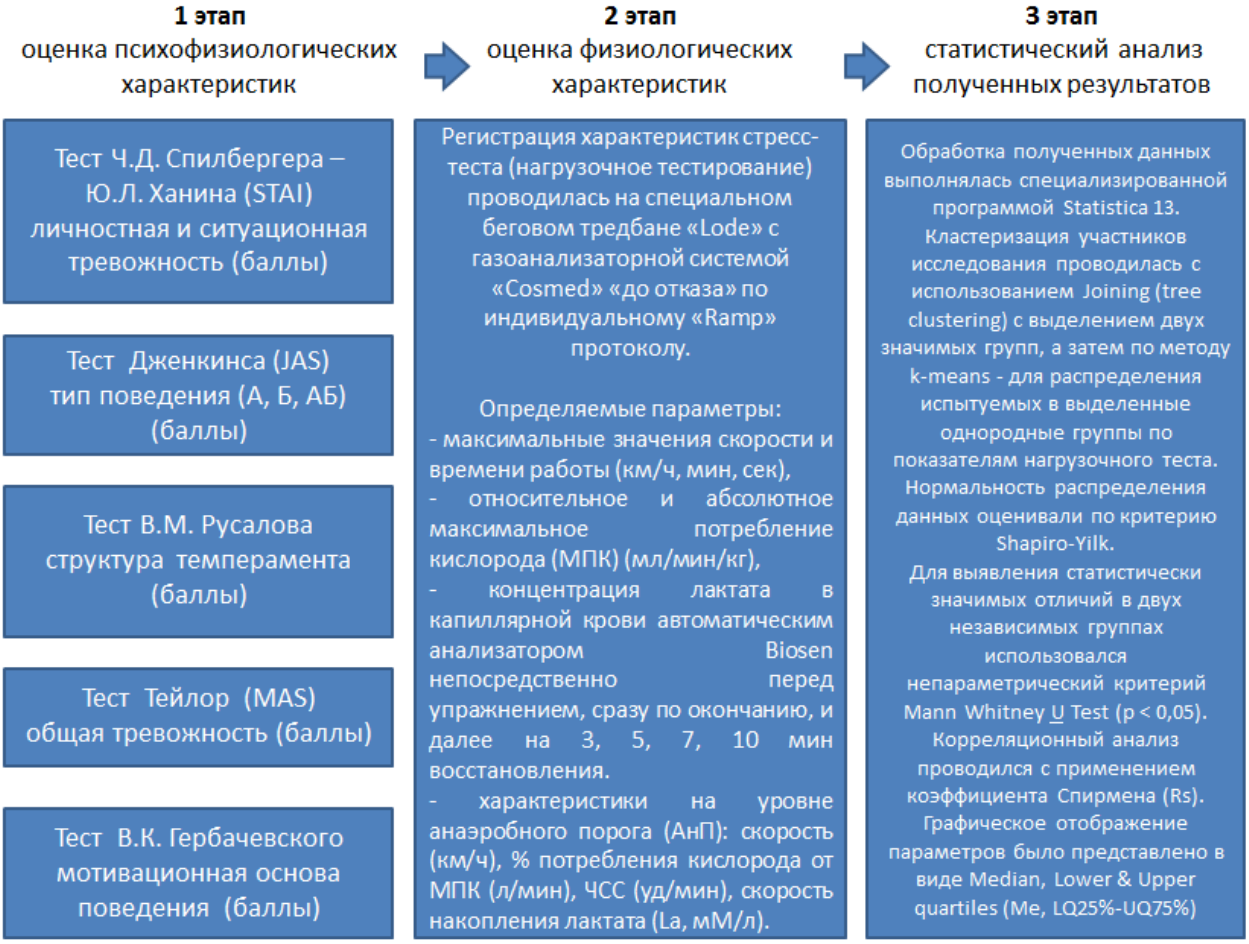


Рис. 1. Схема дизайна исследования и методов оценки исследуемых параметров лыжников-профессионалов

Примечание: STAI – State-Trait Anxiety Inventory; JAS – Jenkins Activity Survey; MAS – Manifest Anxiety Scale.

Обработка полученных данных выполнялась методами прикладной математической статистики в специализированной лицензионной программе Statistica 13 (SN) (AXA003J115213FAACD-X). Кластеризация лыжников, принимавших участие в исследовании, проводилась с критерием «Tree clustering» с исходным выделением

двух групп. Затем по методу «k-means» испытуемые распределялись в выделенные однородные группы по основным показателям нагрузочного теста. Все данные были проверены на нормальность распределения данных (критерий Шапиро-Уилка). Так как распределение данных было отлично от нормального, для выявления достоверных различий в двух независимых группах применялся непараметрический U-критерий Манна-Уитни ($p<0,05$). Графическое отображение параметров было представлено в виде боксовых диаграмм с указанием непараметрических параметров – медиана, нижний и верхний квартили (Me [Q1; Q3]).

Корреляционная взаимосвязь является важным инструментом для анализа, позволяющим оценить силу и характер связей между двумя или более переменными. В данном исследовании, где используются интервальные оценки для участников выделенных кластеров, был применен корреляционный анализ с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена (Spearman's rank correlation coefficient, Rs). Данный статистический метод является адекватным для понимания различных взаимосвязей между исследуемыми показателями. Сила корреляции в диапазоне от 0,1 до 0,3 рассматривалась как слабая, от 0,3 до 0,7 – средней силы, а выше 0,7 – как сильная. Также значения $Rs=\pm1$ будут указывать на наличие прямых или обратных функциональных связей, а значение $Rs=0$ предполагает отсутствие корреляции. Все корреляции являлись достоверными по уровню значимости ($p<0,05$).

Результаты исследования и их обсуждение. По показателям нагрузочного тестирования исследуемых лыжников, методом кластерного анализа были выделены две группы. Все параметры нагрузочного тестирования были стандартизированы. Лыжники кластера 1 характеризовались высокими показателями абсолютного максимального потребления кислорода (МПК) и процента потребления кислорода от МПК (n=35). Лыжники кластера 2 – максимальными значениями скорости и времени работы, ЧСС, относительным МПК, показателем уровня лактата (La, мМ/л), скоростью на уровне анаэробного порога (АнП) и энергетическим затратам во время нагрузочного тестирования (n = 35) (рис. 2).

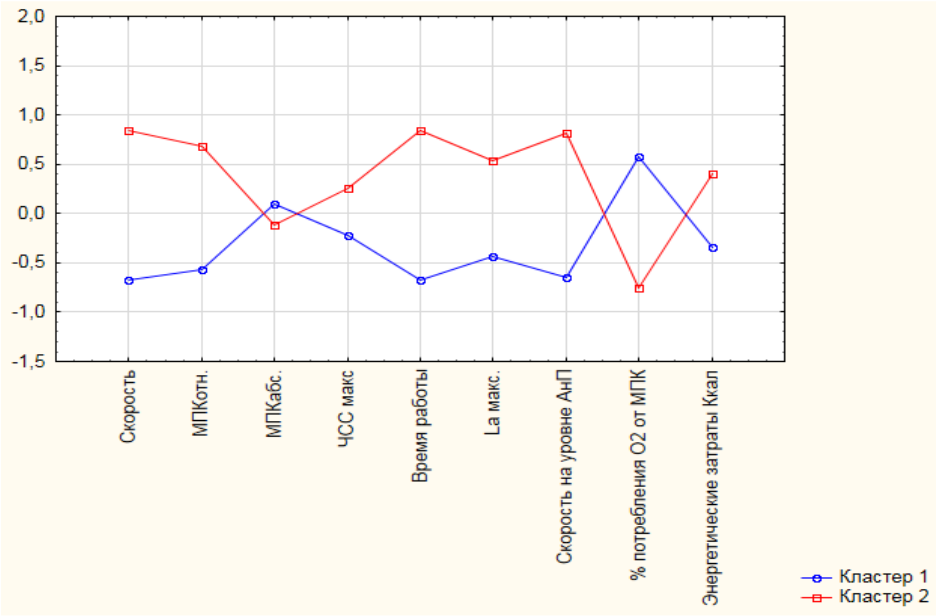


Рис. 2. Кластеризация спортсменов по физиологическим параметрам нагрузочного тестирования

Примечание: МПК – максимальное потребление кислорода; ЧСС – частота сердечных сокращений; La – уровень лактата; АнП – анаэробный порог; по оси ординат величины указаны в баллах.

Проведенный анализ компонентов, входящих в мотивационную основу поведения профессиональных лыжников (9 основных мотивов в блоках теста В.К. Гербачевского), которые являются энергетическими и направляющими компонентами, значимо отличаются у испытуемых в выявленных кластерах. По остальным 6 параметрам статистически значимых отличий выявлено не было (рис. 3, 4).

Также были обнаружены достоверные отличия показателей психодинамических характеристик (личностная тревожность, эмоциональность и пластичность) у спортсменов разных кластеров (рис. 5).

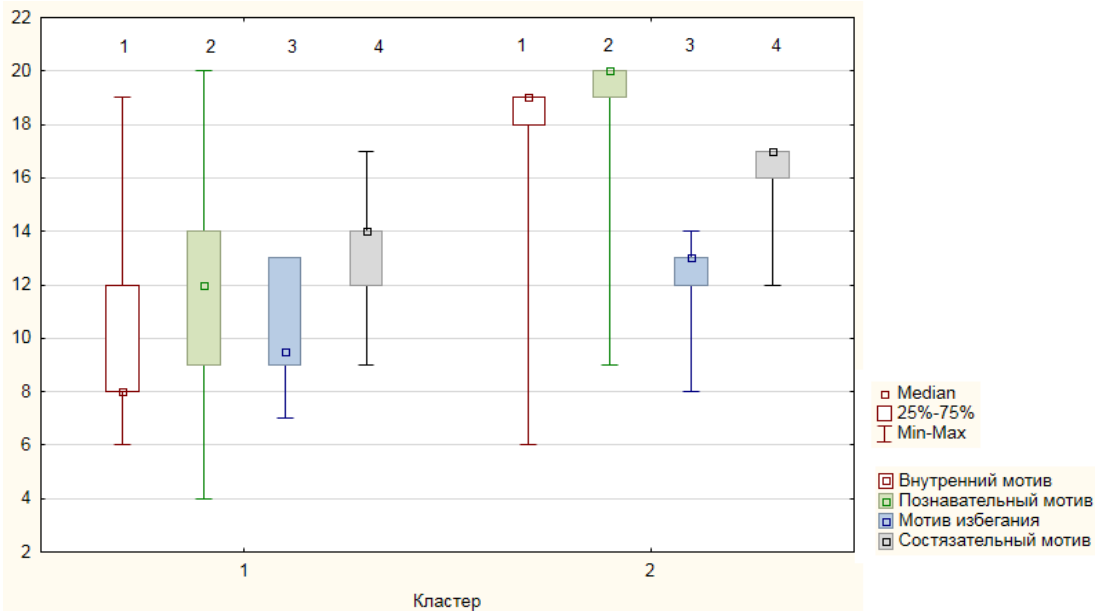


Рис. 3. Базовые компоненты мотивации испытуемых (по опроснику В.К. Гербачевского) ($p<0,002$). По оси ординат величины указаны в баллах.

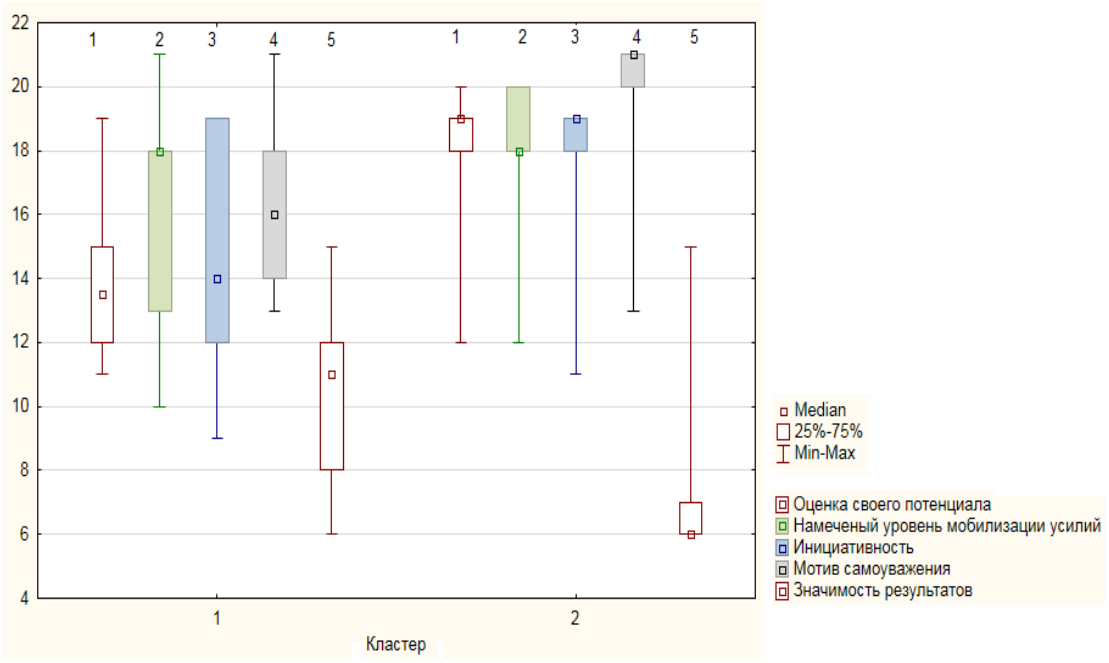


Рис. 4. Базовые компоненты мотивации испытуемых (по опроснику В.К. Гербачевского) ($p<0,001$). По оси ординат величины указаны в баллах.

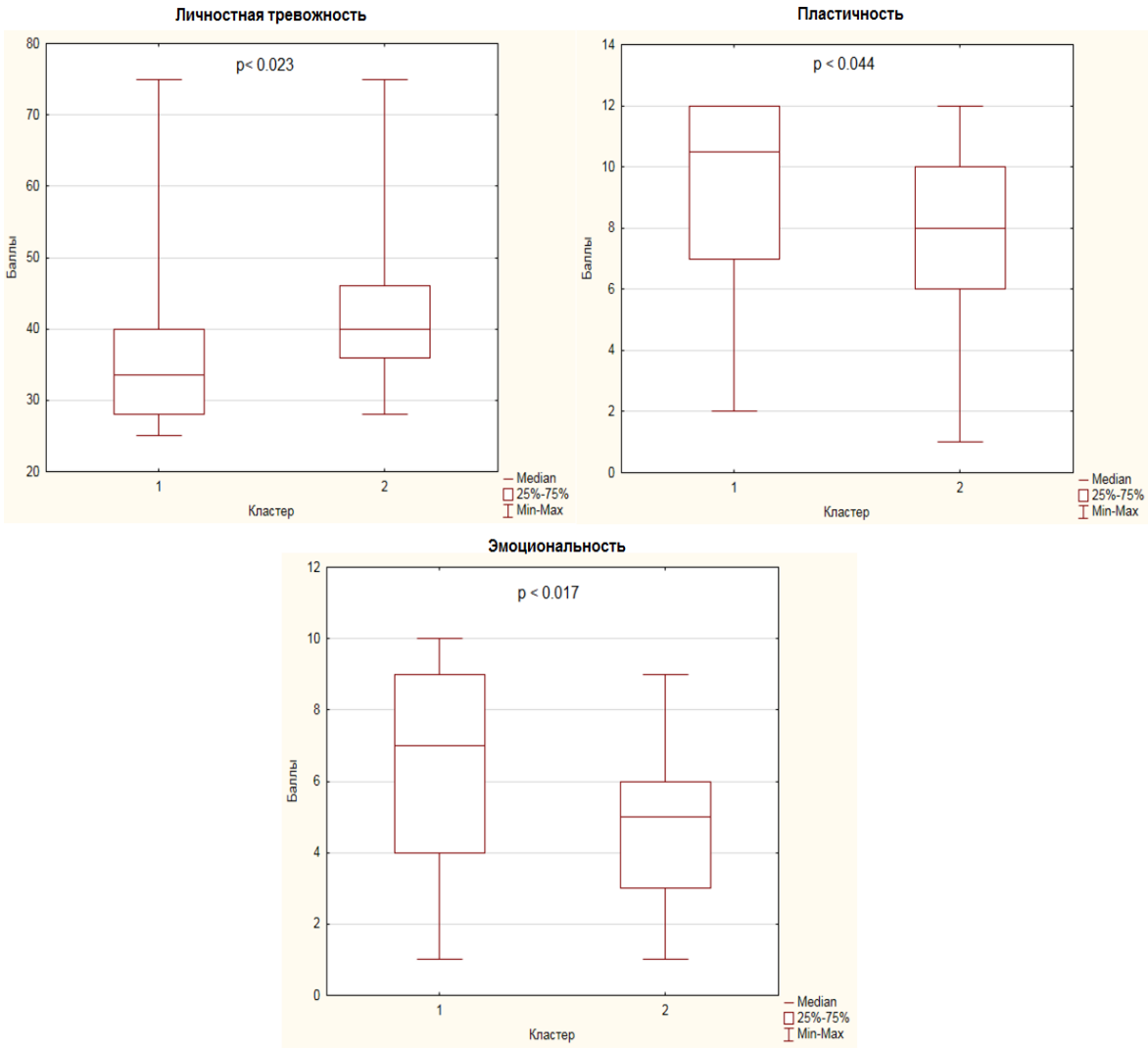


Рис. 5. Достоверные отличия базовых психодинамических характеристик лыжников (личностная тревожность, пластичность, эмоциональность)

Полученные данные указывают на то, что высокие достижения в спорте зависят от комбинации индивидуальных психодинамических особенностей спортсменов, наиболее значимыми детерминантами выступают личностная тревожность, пластичность и эмоциональность, что дает возможность прогнозировать успешность профессиональной деятельности лыжников.

Проведенный корреляционный анализ (критерий R-Spearmen) выявил взаимосвязи между исследуемыми параметрами нагрузочного теста, мотивации и психодинамических особенностей, которые имели различный характер у спортсменов-лыжников разных кластеров (рис. 6).

В первом кластере обнаружены положительные и отрицательные корреляционные связи средней силы (Rs=0,3-0,69) и слабые связи (Rs=0,1-0,29) между психодинамическими (тип поведения, социальная эмоциональность и предметная эргичность) и физиологическими (МПКабс, % потребления О2 от МПК, время работы и максимальная скорость) характеристиками (рис. 6). В этом же кластере выявлены положительные и отрицательные корреляционные связи средней силы (Rs=0,3-0,69) и слабые связи (Rs=0,1-0,29) между показателями мотивационной структуры личности (внутренний мотив, познавательный мотив, мотив смены деятельности, инициативность) и физиологическими характеристиками (МПКабс, МПКотн, уровень лактата, время работы, максимальная скорость и максимальная скорость на уровне АнП).

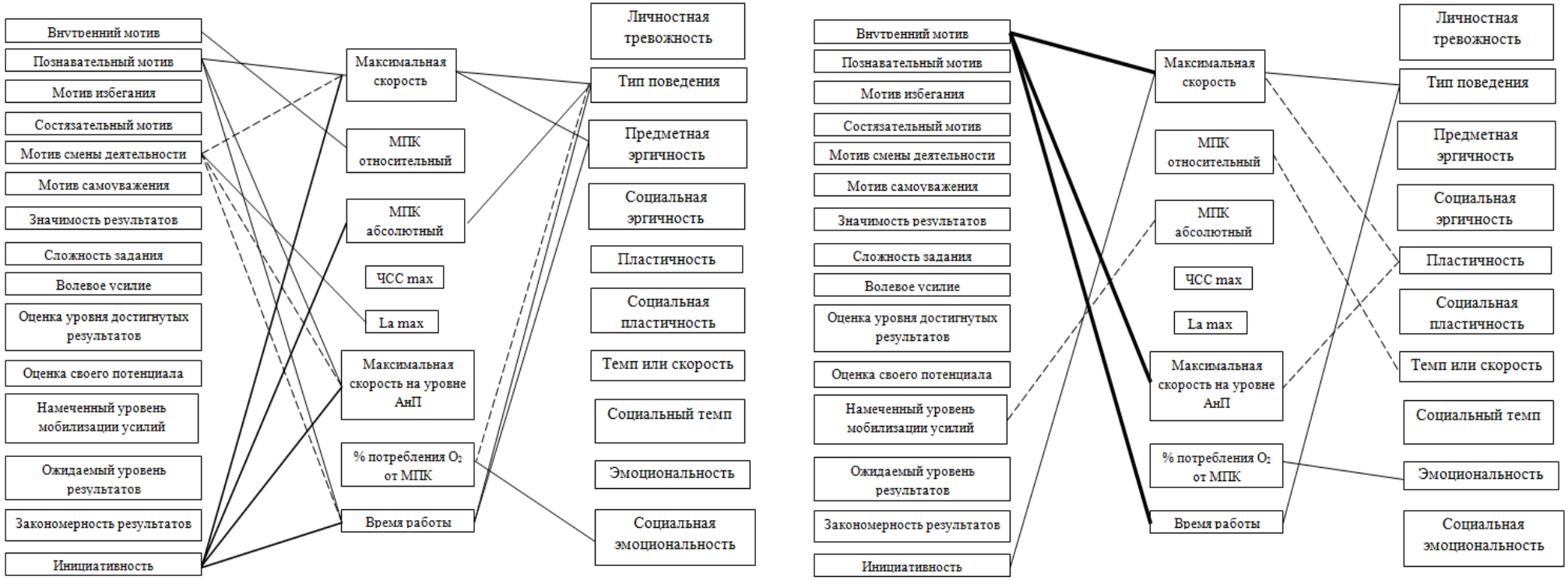


Рис. 6. Результаты корреляционного анализа между показателями мотивации (тест В.К. Гербачевского), психодинамическими характеристиками и результатами нагрузочного тестирования

Примечание: МПК – максимальное потребление кислорода (абсолютное или относительное); La – уровень лактата, ЧСС – частота сердечных сокращений; АнП – анаэробный порог; Rs – коэффициент корреляции Спирмена. Сплошные линии – положительные корреляции; штриховые линии – отрицательные корреляции; толщина линий отражает силу корреляций (тонкие линии – Rs от 0,1 до 0,29 – слабые корреляционные связи, полужирные линии – Rs от 0,3 до 0,69 – корреляционные связи средней силы, жирные линии – Rs от 0,7 до 1 – сильные корреляционные связи).

У лыжников второго кластера обнаружены сильные положительные корреляционные связи (Rs_1=0,77; Rs_2=0,75; Rs_3=0,75) между внутренним мотивом и максимальной скоростью, между внутренним мотивом и временем работы, а также внутренним мотивом и максимальной скоростью на уровне АнП. Были выявлены корреляционные связи между компонентами мотивации и результатами стресс-теста. Отрицательная корреляционная связь средней силы (Rs=-0,49) была выявлена между намеченным уровнем мобилизации усилий и МПКабс, положительная корреляционная связь средней силы (Rs=0,37) – между инициативностью и максимальной скоростью. Положительные корреляционные связи средней силы (Rs=0,3-0,69) были выявлены также между типом поведения и временем работы и максимальной скоростью. Слабые положительные и отрицательные корреляционные связи (Rs=0,1-0,29) выявлены между психодинамическими (тип поведения, предметная эргичность, пластичность, темп или скорость и эмоциональность) и физиологическими (МПКабс, % потребления O_2 от МПК и максимальная скорость) характеристиками.

Высокие значения коэффициента корреляции Rs были выявлены между показателями, которые можно определить, как ключевые факторы, влияющие на успешность выполнения нагрузочного теста.

Заключение. На основе кластерного анализа установлены различия у профессиональных лыжников по характеристикам результативности нагрузочного тестирования.

В работе зарубежных ученых показано, что диагностика мотивации и связанных с ней факторов результативности при предельных спортивных нагрузках, согласно теории распределения мотивов, могут показывать лучшие результаты как в индивидуальных, так и в командных видах спорта, для спортсменов с высокой мотивацией к определенному виду деятельности [5]. Для спортсменов с низкой мотивацией и определенным типом поведения в соревновательной деятельности прогнозируется обратная зависимость, что описано в работе группы отечественных ученых под руководством М.С. Головина (2013) [6]. Результаты данного исследования подтвердили, что даже на самых высоких уровнях профессионального спорта индивидуальные различия в мотивах демонстрируют системную взаимосвязь с результатами тестированиями на определенных этапах спортивной подготовки и соревновательной деятельностью. Результаты нашего исследования не противоречат литературным данным о роли мотивации и указывают на то, что у спортсменов, недостаточно реализовавших себя в нагрузочном тесте (кластер 1), проявляются и преобладают ситуационный компонент мотивации: внутренний, познавательный мотив, мотив смены деятельности и инициативность. У лыжников, которые в полной мере реализовали себя в тесте с предельной нагрузкой (кластер 2), доминирующую роль для успешной сдачи нормативов играли такие параметры мотивации как внутренний мотив и инициативность.

Также обнаружены взаимосвязи психодинамических особенностей (тип поведения, предметная эргичность и социальная эмоциональность) с показателями нагрузочного теста, что указывает на определенный уровень готовности нервной системы к преодолению предельных нагрузок. Это согласуется с данными Скотниковой Л.Н. (2019) [7], которая выявила необходимость учета нейродинамических характеристик при интерпретации результатов нагрузочных проб.

Шептикина Т.С. с соавторами (2024) обращает внимание на важность применения системного подхода к изучению вклада компонентов системы целенаправленного поведения профессиональных лыжников в тренировочных и соревновательных условиях [8]. Нами также показано, что, изучение и понимание определенных психофизиологических параметров и характеристик мотивационных основ у профессиональных лыжников с позиций системного подхода может помочь в разработке эффективных программ спортивной подготовки на различных тренировочных этапах,

грамотно планировать этапы функциональной и психофизиологической диагностики спортсменов для корректировки тренировочных планов.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние биомеханических характеристик девушек-спринтеров на результативность нагрузочного тестирования / И.М. Мазикин, М.М. Лапкин, А.Л. Похачевский [и др.] // Теория и практика физической культуры. – 2024. – № 2. – С. 27-29.
2. Корягина, Ю.В. Современные тенденции в физиологии лыжных гонок (по материалам зарубежной литературы) / Ю.В. Корягина // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2015. – № 3. – С. 36-40.
3. Relationship of selected conditioning parameters and sport performance indicators in karate / K. Nema, P. Ruzbarsky, Ł. Rydzik, T. Peric // Frontiers in sports and active living. – 2024. – № 6. – P. 1433117. DOI: 10.3389/fspor.2024.1433117
4. Li, J. Culture, emotion, and cognition: Understanding the psychological dynamics of Chinese sports with emotional regulation skills and cognitive reappraisal / J. Li, X. Jiang, Y. Zhou // Heliyon. – 2024. – № 10(14). – P. e34306. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e34306
5. Müller, F. Pick your battles: Elite ski-jumpers' motives affect world cup performance depending on competition type / F. Müller, S. Hocke, R. Cañal-Bruland // Psychology of sport and exercise. – 2025. – № 76. – P. 102749. DOI: 10.1016/j.psychsport.2024.102749
6. Головин, М.С. Психофизиологические особенности лыжников-гонщиков и биатлонистов в подростковом и юношеском возрасте / М.С. Головин, Л.А. Гиренко, Р.И. Айзман // Мир науки, культуры, образования. – 2013. – № 1(38). – С. 130-133.
7. Скотникова, Л.Н. Связь нейродинамических характеристик с показателями функциональной подготовленности мышц у представителей различных видов спорта / Л.Н. Скотникова, О.Л. Тарасова, Н.Н. Кошко // Человек. Спорт. Медицина. – 2019. – № 4. – С. 37-42.
8. Шептикина, Т.С. Теория функциональных систем как универсальная концепция организации спортивной подготовки / Т.С. Шептикина, Н.Н. Сентябрев, С.А. Шептикин // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация. – 2024. – Т. 9. – № 1. – С. 58-66. DOI: 10.47475/2500-0365-2024-9-1-58-66.

REFERENCES

1. Mazikin I.M., Lapkin M.M., Pokhachevskij A.L., Akulina M.V., Volkov V.F. Influence of biomechanical characteristics of female sprinters on the performance of load testing. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2024, no. 2, pp. 27–29. (in Russ.)
2. Koryagina Yu.V. Modern trends in ski racing physiology (from materials of foreign literature). *Physical Therapy and Sports Medicine*, 2015, no. 3, pp. 36-40. (in Russ.)
3. Nema K., Ruzbarsky P., Rydzik Ł., Peric T. Relationship of selected conditioning parameters and sport performance indicators in karate. *Frontiers in sports and active living*, 2024, no. 6, p. 1433117. DOI: 10.3389/fspor.2024.1433117
4. Li J., Jiang X., Zhou Y. Culture, emotion, and cognition: Understanding the psychological dynamics of Chinese sports with emotional regulation skills and cognitive reappraisal. *Heliyon,* 2024, no. 10(14), p. e34306. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e34306
5. Müller F., Hocke S., Cañal-Bruland R. Pick your battles: Elite ski-jumpers' motives affect world cup performance depending on competition type. *Psychology of sport and exercise*, 2025, no. 76, p. 102749. DOI: 10.1016/j.psychsport.2024.102749
6. Golovin M.S., Girenko L.A., Ajzman R.I. Psychophysiological characteristics of “skiers-racers” and “biathletes” in adolescent and junior age. *The world of science, culture and education*, 2013, no. 1(38), pp. 130-133. (in Russ.)
7. Skotnikova L.N. Tarasova O.L., Koshko N.N. Relationship between neurodynamic characteristics and functional preparedness of muscles in athletes of different sports. *Human. Sport. Medicine,* 2019, no.4,pp.37-42.DOI:10.14529/hsm190405(in Russ.)
8. Sheptikina T.S., Sentyabrev N.N., Sheptikin S.A. The theory of functional systems as a universal concept for organizing sports training. *Physical Culture. Sport. Tourism, Motor Recreation*, 2024, vol. 9, no. 1, pp. 58–66. DOI 10.47475/2500-0365-2024-9-1-58-66. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Иван Михайлович Мазикин – доцент кафедры физиологии спорта и физического воспитания Государственного автономного образовательного учреждения высшего образования города Москвы «Московский государственный университет спорта и туризма», Москва, e-mail: ivan_triple_jump@mail.ru.
Михаил Михайлович Лапкин – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой нормальной физиологии с курсом психофизиологии Рязанского государственного медицинского университета имени академика И.П. Павлова, Рязань, e-mail: lapkin_rm@mail.ru.
Николай Николаевич Сентябрев – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры медико-биологических дисциплин Волгоградской государственной академии физической культуры, Волгоград, e-mail: nnsentyabrev@mail.ru.
Мария Викторовна Акулина – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры нормальной физиологии с курсом психофизиологии Рязанского государственного медицинского университета имени академика И.П. Павлова, Рязань, e-mail: akulina_mariya@mail.ru.
Наталья Анатольевна Куликова – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры нормальной физиологии с курсом психофизиологии Рязанского государственного медицинского университета имени академика И.П. Павлова, Рязань, e-mail: Torikula62@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Ivan M. Mazikin – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Moscow State University of Sport and Tourism, Moscow, e-mail: ivan_triple_jump@mail.ru.
Mikhail M. Lapkin – Candidate of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Normal Physiology with a course of psychophysiology, Ryazan State Medical University named after academician I.P. Pavlov, Ryazan, e-mail: lapkin_rm@mail.ru.
Nikolaj N. Sentyabrev – Candidate of Biological Sciences, Professor of the Department of Biomedical Disciplines, Volgograd State Academy of Physical Culture, Volgograd, e-mail: nnsentyabrev@mail.ru.
Maria V. Akulina – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Normal Physiology with a course of psychophysiology, Ryazan State Medical University named after academician I.P. Pavlov, Ryazan, e-mail: akulina_mariya@mail.ru.
Natal'ya A. Kulikova – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Normal Physiology with a course of psychophysiology, Ryazan State Medical University named after academician I.P. Pavlov, Ryazan, e-mail: Torikula62@yandex.ru.

Для цитирования: Системный анализ физиологических параметров нагрузочного тестирования, мотивации и психодинамических особенностей у профессиональных лыжников / И.М. Мазикин, М.М. Лапкин, Н.Н. Сентябрев [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_11

For citation: Mazikin I.M., Lapkin M.M., Sentyabrev N.N., Akulina M.V., Kulikova N.A. Systemic analysis of the physiological parameters of load testing, motivation and psychodynamic characteristics of professional skiers. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_11

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_12
УДК 612.176.4

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_12
UDC 612.176.4

КОМПЛЕКСНОЕ ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ И УМСТВЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТОНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ВЕГЕТАТИВНЫХ ЦЕНТРОВ У СТУДЕНТОВ

Т.М. Николаева, Е.К. Голубева, Д.А. Скорлупкин
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Иваново, Россия

Аннотация. Выраженность адаптивно-приспособительных реакций организма при комбинированном влиянии физической и умственной деятельности определяется соотношением тонуса вегетативных центров. Целью исследования является изучение влияния последовательного предъявления физической и умственной нагрузки на вариабельность сердечного ритма в зависимости от тонуса вегетативных центров у мужчин. Тонус центров вегетативной нервной системы оценивали по частоте сердечных сокращений в состоянии покоя. Динамика показателей вариабельности сердченого ритма при комплексном воздействии физической и умственной нагрузки зависит от исходного тонуса отделов вегетативной нервной системы. Наиболее выраженные изменения показателей сердечного ритма обнаружены у ваготоников, а наименьшие у симпатотоников. Последовательное действие физической и умственной нагрузки вызывает смещение симпатовагального баланса в сторону увеличения активности симпатического звена.
Ключевые слова: вариабельность сердечного ритма, вегетативная нервная система, физическая нагрузка, умственная нагрузка.

COMPREHENSIVE INFLUENCE OF PHYSICAL AND MENTAL WORKLOAD ON HEART RATE VARIABILITY DEPENDING ON THE TONIC ACTIVITY OF AUTONOMIC CENTERS IN STUDENTS

T.M. Nikolaeva, E.K. Golubeva, D.A. Skorlupkin
Ivanovo State Medical University, Ivanovo, Russia

Abstract. The intensity of adaptive-adaptive reactions of the organism under the combined influence of physical and mental activity is determined by the ratio of the tone of the vegetative centers. The aim of the study is to investigate the effect of successive presentation of physical and mental load on heart rate variability depending on the tone of the vegetative centers in men. The tone of the autonomic nervous system centers was assessed by the heart rate at rest. The dynamics of the heart rate variability indices under the complex influence of physical and mental load depends on the initial tone of the autonomic nervous system departments. The most pronounced changes in heart rate indices were found in vagotonics, and the least in sympathotonics. The successive action of physical and mental load causes a shift in the sympathovagal balance towards an increase in the activity of the sympathetic link.
Keywords: heart rate variability, autonomic nervous system, physical load, mental load.

Введение. Известно, что во время обучения в вузе студенты испытывают высокую психоэмоциональную нагрузку, что может приводить к изменению работы многих систем организма [1]. Продолжительная напряженная умственная деятельность часто сопровождается снижением двигательной активности, психовегетативными проявлениями, повышением утомляемости и снижением работоспособности [2]. Значительное напряжение адаптационно-приспособительных механизмов сопровождается снижением подвижности нервных процессов и нарушением регуляции вегетативных функций [3]. Известно, что существует тесная связь между умственной деятельностью студентов и уровнем их двигательной активности [4]. Регулярное продолжительное когнитивное напряжение, физическая инертность влияют на адаптационные возможности организма, приводят к рассогласованию механизмов вегетативной регуляции [5]. Следовательно, актуальным является повышение эффективности двигательной активности и оценка комплексного эффекта умственных и

физических нагрузок на процессы, обеспечивающие приспособительные возможности организма к учебной деятельности [6]. Проявление адаптационно-приспособительных реакций организма при сочетанном влиянии физической и умственной деятельности зависит от соотношения тонуса вегетативных центров [7]. Для анализа адаптивных возможностей организма и исследования функционального состояния регуляторных систем применяется метод анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР) [8]. Показатели ВСР позволяют оценить эффективность взаимодействия сердечно-сосудистой и других систем организма, его адаптационные возможности и вегетативный баланс [9]. Актуальным является изучение кардиоваскулярных проявлений адаптивных реакций при последовательном проведении физической и умственной нагрузки в зависимости от исходного тонуса вегетативной нервной системы.

Цель исследования – изучить комплексное влияние физической и умственной нагрузки на вариабельность сердечного ритма в зависимости от тонуса вегетативных центров у студентов мужчин.

Методы и организация исследования. Обследовано 40 практически здоровых мужчин 18-20 лет (студентов ИвГМУ). Параметры ВСР регистрировали с помощью комплекса «Поли-Спектр» компании «Нейрософт» (г. Иваново) в течение пяти минут в соответствии с Международным стандартом. Запись кардиоритмограммы проводили перед нагрузками (контроль) и сразу после последовательного проведения физической и умственной нагрузки. Анализировались следующие показатели ВСР: частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин); средняя длительность интервала RR (RRNN, мс); минимальные значения интервалов между нормальными кардиоциклами (RRmin, мс); полученное за весь период записи количество пар соседних интервалов, различающихся более, чем на 50 мс (pNN50, %); общая мощность спектра (TP, мс^2); процент высокочастотных колебаний (0,15-0,40 Гц) (%HF, %); процент низкочастотных колебаний (0,04-0,15 Гц) (%LF, %); мощность очень низкочастотных колебаний (0,003-0,04 Гц) (VLF, мс^2); мощность спектра в диапазоне высоких частот (HF, мс^2); симпатовагальный индекс (LF/HF, усл.ед.); индекс централизации ИЦ (усл.ед.); амплитуда моды (AMo, %); стресс-индекс (SI, усл.ед.). Рассчитывали отклонение показателей ВСР (Δ).

Для воспроизведения физической нагрузки использовали Гарвардский степ-тест. Умственную нагрузку моделировали с помощью корректурного буквенного теста. Тонус центров ВНС оценивали по ЧСС в состоянии покоя. Испытуемые были разделены на три группы: нормотоники (ЧСС составляла 60-80 уд/мин, n=23 чел.), ваготоники (ЧСС менее 60 уд/мин, n=7 чел.) и симпатотоники (ЧСС превышала 80 уд/мин, n=10 чел.). Статистическую обработку результатов производили с помощью программ Excel, STATISTICA. Нормальность распределения данных в выборках оценивали по критерию Шапиро-Уилка. Распределение не подчинялось закону нормальности, поэтому статистическую значимость различий оценивали с использованием критерия Уилкоксона (для зависимых выборок) и критерия Манна-Уитни (для независимых выборок). Количественные показатели описывали с помощью значений медианы и интерквартильного размаха (Me [Q1; Q3]). Различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Сравнительный анализ динамики ВСР при комплексном воздействии физической и умственной нагрузки позволил обнаружить более существенные отклонения показателей у студентов-ваготоников (табл.). Так, у лиц с высокой исходной вагусной активностью отмечается более значительное увеличение ЧСС, чем у испытуемых с нормальным и повышенным тонусом симпатического отдела, что отражает более выраженную активацию симпатических структур. Наименьший прирост ЧСС отмечается в группе симпатотоников, что может быть взаимосвязано с исходно повышенным тонусом симпатических центров.

Таблица

Изменение вариабельности сердечного ритма при комплексном влиянии физической и умственной нагрузки в зависимости от тонуса вегетативной нервной системы испытуемых, Me [Q1; Q3]

Показатель	Нормотоники (n=23)	Ваготоники (n=7)	Симпатотоники (n=10)
ΔЧСС, уд/мин	+8,60 [5,12; 14,70]	+21,85 [21,40; 25,50] *p=0,0005	+5,00 [2,30; 6,20] p″=0,0043; p#=0,0479
ΔRRNN, мс	–55,00 [23,75; 99,75]	–194,00 [117,00; 279,00] *p=0,0018	–56,00 [36,00; 116,00] p″=0,0152
ΔpNN50, %	–9,70 [4,20; 11,20]	–11,4 [4,62; 15,22]	–1,00 [0,20; 3,20] p″=0,0275; p#=0,0265
ΔTP, мс²	–3104,00 [1761,00; 3942,00]	–4525,00 [3233,00; 4948,00] *p=0,0423	–1597,00 [634,00; 2345,00] p″=0,0285; p#=0,0426
ΔLF/HF, усл.ед.	+1,05 [0,59; 1,52]	+1,86 [1,24; 4,11] *p=0,0357	+0,86 [0,65; 1,20] p″=0,0285
ΔVLF, мс²	–646,00 [345,00; 1483,00]	–390,00 [198,00; 776,00]	–2661,00 [2273,50; 2852,00] p″=0,0143; p#=0,0020
ΔHF, мс^2	–1596,00 [793,50; 2133,50]	–3820,00 [2844,25; 4611,25] *p=0,0012	–1404,50 [1216,00; 1604,00] p″=0,0090
ΔИЦ, усл.ед.	+1,33 [1,10; 3,05]	+4,78 [2,41; 5,26] *p=0,0109	+1,13 [0,36; 1,77] p″=0,0105
ΔAMo, %	–10,15 [5,20; 15,90]	–22,10 [21,00; 23,40] *p=0,0089	–9,60 [7,70; 11,82] p″=0,0062
ΔSi, усл.ед.	+36,44 [14,43; 44,07]	+57,31 [44,37; 82,47] *p=0,0478	+25,63 [18,81; 30,66] p″=0,0285; p#=0,0459

Примечание: * – статистически значимые различия изменения показателей у ваготоников и нормотоников; ″ – статистически значимые различия изменения показателей ВСР у ваготоников и симпатотоников; # – статистически значимые различия изменения показателей ВСР у нормотоников и симпатотоников; Δ – отклонение показателей ВСР при комплексном влиянии физической и умственной нагрузки от контрольных значений; ЧСС – частота сердечных сокращений; RRNN – средняя длительность интервала R–R; pNN50 – полученное за весь период записи количество пар соседних интервалов, различающихся более, чем на 50 мс; TP – общая мощность спектра; %HF – процент высокочастотных колебаний; %LF – процент низкочастотных колебаний; VLF – мощность очень низкочастотных колебаний; HF – мощность спектра в диапазоне высоких частот; LF/HF – симпатовагальный индекс; ИЦ – индекс централизации; AMo – амплитуда моды; SI – стресс-индекс.

Сочетанное действие физической и умственной деятельности приводит к более значительному укорочению RRNN у студентов с преобладанием фоновой вагусной активности, что подтверждает большее снижение роли парасимпатических влияний на сердечную деятельность. Сопоставление степени уменьшения RRNN у нормотоников и симпатотоников выявило отсутствие достоверных различий. Понижение RRNN может быть сопряжено со значительным уменьшением значений RRmin, при этом максимальное понижение RRmin наблюдается у ваготоников, а наименьшее у симпатотоников. Отклонение RRmin у ваготоников составляет –111,00 [96,00; 124,00], а у симпатотоников –37,50 [29,00; 47,00] (p=0,0159). У нормотоников ΔRRmin составляет –84,00 [42,00; 109,00], что достоверно ниже, чем у ваготоников (p=0,03380), но больше, чем у симпатотоников (p=0,0290). У ваготоников и

нормотоников наблюдается наиболее выраженное понижение pNN50 по сравнению с изменением этого параметра у симпатотоников, что может свидетельствовать о значительном уменьшении степени возбуждения парасимпатического отдела ВНС при последовательной физической и умственной деятельности. Это подтверждается большим снижением HF (мс^2) и HF% у ваготоников и нормотоников (рис. 1).

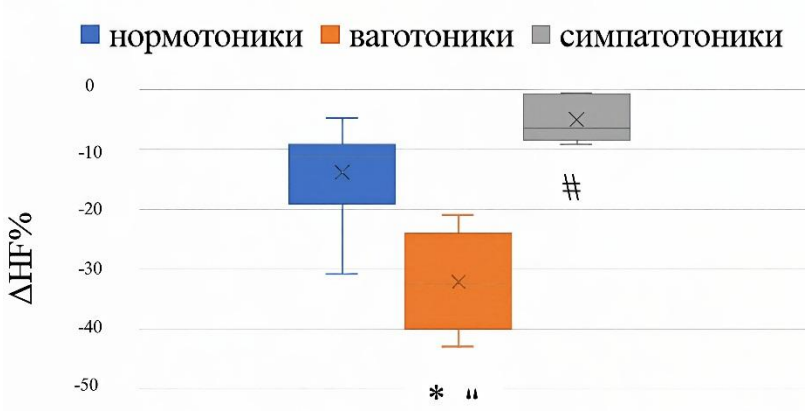


Рис. 1. Отклонение HF% при комплексном влиянии физической и умственной нагрузки
Примечание: * – статистически значимые различия изменения показателей у ваготоников и нормотоников; ″ – статистически значимые различия изменения показателей ВСР у ваготоников и симпатотоников; # – статистически значимые различия изменения показателей ВСР у нормотоников и симпатотоников.

Наибольшее уменьшение %HF происходит у лиц с высокой вагусной активностью (–37,50 [20,40; 41,80]) по сравнению с нормотониками (–11,30 [9,27; 19,11] (p=0,003)) и симпатотониками (–3,20 [0,35; 13,50] (p=0,033)), что связано с большим уменьшением активности парасимпатического отдела ВНС после последовательного предъявления физической и умственной нагрузки.

Снижение HF% у симпатотоников составляет (–3,20 [0,35; 13,50]), что значительно ниже, чем у нормотоников (p=0,046), что может быть связано с их исходно низким уровнем вагусных влияний. При последовательном выполнении степ-теста и корректурной пробы у ваготоников наблюдается значительное увеличение %LF, что свидетельствует о большем увеличении активности симпатических вегетативных центров (рис. 2). Наибольшее повышение %LF наблюдается в группе ваготоников (+34,45 [22,85; 41,05]) по сравнению с изменением у лиц с нормальным тонусом симпатического отдела ВНС (+17,82 [10,30; 24,45] (p=0,0472)) и высоким симпатическим тонусом (+8,40 [7,00; 16,60] (p″=0,0330)). Между нормотониками и симпатотониками достоверные отличия Δ%LF отсутствуют.

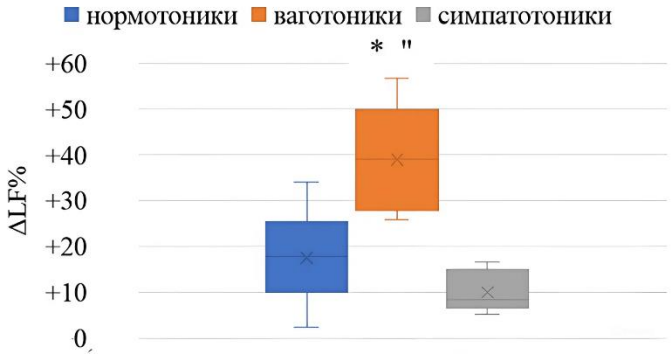


Рис. 2. Отклонение LF% при комплексном влиянии физической и умственной нагрузки
Примечание: * – статистически значимые различия изменения показателей у ваготоников и нормотоников; ″ – статистически значимые различия изменения показателей ВСР у ваготоников и симпатотоников

Комплексное проведение физической и умственной нагрузки приводит к более существенному смещению симпатовагального индекса LF/HF в группе с повышенным парасимпатическим тонусом по сравнению с испытуемыми других групп, что сопровождается более выраженным уменьшением общей мощности спектра (TP). Наибольшее снижение VLF наблюдается у симпатотоников, что может быть связано с исходно более высокой степенью напряжения регуляторных механизмов и исходно высоким уровнем психоэмоционального напряжения. Наибольшее снижение AMo проявляется у ваготоников, что указывает на преимущественное повышение активности симпатического звена ВНС в этой группе в сопоставлении изменений у нормотоников и симпатотоников. Кроме этого, понижение AMo демонстрирует стабилизирующий эффект централизации в регуляции сердечного ритма. Это подтверждается повышением ИЦ при последовательном предъявлении физической и умственной нагрузки. Наибольшее повышение ИЦ наблюдается у ваготоников, что свидетельствует о большем нарастании активности центрального контура. Наиболее выраженный у ваготоников прирост такого интегрального показателя как Si позволяет судить о большей степени напряжения регуляторных механизмов и активации симпатических центров у испытуемых этой группы по сравнению с нормотониками и симпатотониками.

Заключение. Таким образом, последовательное влияние физической и умственной нагрузки способствует возникновению напряжения механизмов регуляции сердечного ритма и приводит к отклонению вегетативного баланса в сторону превалирования активности симпатического отдела. Исходный тонус ВНС обуславливает динамику изменений показателей ВСР при комплексном воздействии физической и умственной деятельности. Более выраженные изменения показателей сердечного ритма отмечаются у ваготоников и менее выраженные – у симпатотоников.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чедов, К.В. Физическая культура. Здоровый образ жизни: Учебно-методическое пособие для студентов вузов / К.В. Чедов, Г.А. Гавронина, Т.И. Чедова. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2020. – 128 с.
2. Парахина, П.А. Влияние физической культуры и спорта на умственную работоспособность у студентов высших учебных заведений / П.А. Парахина, И.Ю. Лучкова // Достижения науки и образования. – 2020. – № 8 (62). – С. 56–59.
3. Особенности адаптации к умственной деятельности у студентов / Н.А. Литвинова, Д.Ю. Кувшинов, В.И. Иванов, А.И. Солобуев // Психология. Психофизиология. – 2021. – Т. 14. – № 4. – С. 114–127.
4. Веселова, А.В. Влияние физической активности на умственные способности студента высшего заведения / А.В. Веселова, Н.В. Васенков // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 97-1. – С. 118–120. DOI: 10.18411/trnio-05-2023-37.
5. Кириллова, Т.Г. Влияние физических и умственных нагрузок на показатели вегетативной регуляции студенток / Т.Г. Кириллова, Т.Н. Ефимова // Таврический научный обозреватель. – 2017. – № 12-2 (29). – С. 47–51.
6. Фалеев, Д.И. Влияние физической активности на умственные способности студентов / Д.И. Фалеев // Молодой ученый. – 2022. – № 12 (407). – С. 288–291.
7. Вегетативный тонус и регуляция системы кровообращения у спортсменов при стрессовых ситуациях и профилактика аритмий / А.К. Журавлев, Г.И. Семикин, Ю.Ю. Голубев [и др.] // Живая психология. – 2017. – Т. 4. – № 3 (15). – С. 231–240. DOI: 10.18334/lp.4.3.38461.
8. Новиков, А.А. Подходы к оценке показателей вариабельности сердечного ритма (обзор литературы) / А.А. Новиков, А.В. Смоленский, А.В. Михайлова // Вестник новых медицинских технологий. – 2023. – № 3.
9. Шлык, Н.И. Вариабельность сердечного ритма и методы ее определения у спортсменов в тренировочном процессе: методическое пособие / Н.И. Шлык. – Ижевск: Удмуртский государственный университет, 2022. – 80 с.

REFERENCES
1. Chedov K.V., Gavronina G.A., Chedova T.I. Physical Education. Healthy Lifestyle: A Textbook for University Students. Perm: Perm State National Research University, 2020, p. 128. (in Russ.)
2. Parakhina P.A., Luchkova I.Yu. The Impact of Physical Education and Sports on the Mental Performance of Students of Higher Education Institutions. *Achievements of Science and Education*, 2020, no. 8 (62), pp. 56–59. (in Russ.)
3. Litvinova N.A., Kuvshinov D.Yu., Ivanov V.I., Solobuev A.I. Features of Adaptation to Mental Activity in Students. *Psychology. Psychophysiology*, 2021, vol. 14, no. 4, pp. 114–127. (in Russ.)
4. Veselova A.V., Vasenkov N.V. The influence of physical activity on the mental abilities of a student of a higher institution. *Trends in the development of science and education*, 2023, no. 97-1, pp. 118–120. DOI: 10.18411/trnio-05-2023-37. (in Russ.)
5. Kirillova T.G., Efimova T.N. The influence of physical and mental stress on the indicators of autonomic regulation of female students. *Tavrichesky Scientific Observer*, 2017, no. 12-2 (29), pp. 47–51. (in Russ.)
6. Faleev D.I. The Impact of Physical Activity on Students' Mental Abilities. *Young Scientist,* 2022, no. 12 (407), pp. 288–291. (in Russ.)
7. Zhuravlev A.K., Semikin G.I., Golubev Yu.Yu. et al. Vegetative Tone and Regulation of the Circulatory System in Athletes in Stressful Situations and Prevention of Arrhythmias. *Live Psychology*, 2017, vol. 4, no. 3 (15), pp. 231–240. DOI: 10.18334/lp.4.3.38461. (in Russ)
8. Novikov A.A., Smolensky A.V., Mikhailova A.V. Approaches to assessing heart rate variability indicators (literature review). *Bulletin of new medical technologies*, 2023, no. 3. (in Russ.)
9. Shlyk N.I. Heart Rate Variability and Methods for Its Determination in Athletes in the Training Process: A Methodological Guide. Izhevsk: Udmurt State University, 2022, p. 80. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Татьяна Михайловна Николаева – старший преподаватель кафедры патофизиологии и иммунологии, ФГБОУ ВО «Ивановский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Иваново, e-mail: tania020480@yandex.ru.
Елена Константиновна Голубева – доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры нормальной физиологии, ФГБОУ ВО «Ивановский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Иваново, e-mail: elkgol@yandex.ru.
Дмитрий Андреевич Скорлупкин – ассистент кафедры нормальной физиологии, ФГБОУ ВО «Ивановский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Иваново, e-mail: sk_dmit96@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Tat'yana M. Nikolaeva – Senior Lecturer, Department of Pathophysiology and Immunology, Ivanovo State Medical University, Ivanovo, tania020480@yandex.ru.
Elena K. Golubeva – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Normal Physiology, Ivanovo State Medical University, Ivanovo, elkgol@yandex.ru.
Dmitrij A. Skorlupkin – Assistant of the Department of Normal Physiology, Ivanovo State Medical University, e-mail: sk_dmit96@mail.ru.

Для цитирования: Николаева, Т.М. Комплексное влияние физической и умственной нагрузки на вариабельность сердечного ритма в зависимости от тонической активности вегетативных центров у студентов / Т.М. Николаева, Е.К. Голубева, Д.А. Скорлупкин // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_12

For citation: Nikolaeva T.M., Golubeva E.K., Skorlupkin D.A. Comprehensive influence of physical and mental workload on heart rate variability depending on the tonic activity of autonomic centers in students. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_12

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_13
УДК 612.821; 612.821.44; 547.262

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_13
UDC 612.821;+ 612.821.44; 547.262

ОСОБЕННОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВНИМАНИЯ И ПАРАМЕТРОВ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ У МОЛОДЫХ ЛЮДЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ ХРОНОТИПА

С.И. Павленко[1,2], О.А. Ведясова[1], Д.С. Громова[2], А.Н. Инюшкин[1]
[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 государственfный медицинский университет» Минздрава России, г. Самара, Россия

Аннотация. Здоровье студентов, а также успешность их обучения зависят от ряда факторов, в том числе от показателей физиологических и психических функций. Важным компонентом оптимальной организации учебной деятельности студентов является учет их индивидуального хронотипа. Цель настоящей работы: изучить особенности показателей внимания и внешнего дыхания у студентов с разными хронотипами. В исследовании принимали участие 260 студентов в возрасте от 19 до 22 лет. Оценку хронотипа проводили с помощью теста Хорна-Остберга в модификации А.А. Путилова. Показатели внимания оценивали с помощью корректурной пробы Бурдона-Анфимова. Регистрацию параметров внешнего дыхания осуществляли с использованием спирографа КМ-АР-01 «Диамант» (Россия). Для статистического анализа применяли тест Шапиро-Уилка, тест Уилкоксона. Анализ отдельных показателей внимания позволяет говорить о наличии различий в динамике функции внимания у студентов с разной циркадианной типологией в течение дня. У «жаворонков» наибольшие значения показателя качества внимания отмечались в утренние часы. У «сов» более высокий уровень внимания отмечался в вечернее время. Наиболее значительные вариации легочной вентиляции отмечены у студентов с дневным и вечерним хронотипами.
Ключевые слова: показатели внимания, внешнее дыхание, суточный ритм.

FEATURES OF ATTENTION INDICATORS AND PARAMETERS OF EXTERNAL RESPIRATION IN YOUNG PEOPLE, DEPENDING ON THEIR CHRONOTYPE

S.I. Pavlenko[1,2], O.A. Vedyasova[1], D.S. Gromova[2], A.N. Inyushkin[1]
[1]Samara National Research University, Samara, Russia
[2]Samara State Medical University, Samara, Russia

Abstract. The health of students, as well as the success of their studies, depend on a number of factors, including indicators of physiological and mental functions. An important component of the optimal organization of students' learning activities is taking into account their chronotype. The purpose of this work is to study the features of attention and external respiration indicators in students with different chronotype. 260 students aged 19 to 22 years participated in the study. The chronotype was assessed using the Horn-Ostberg test modified by A.A. Putilova. Attention indicators were assessed using the Bourdon-Anfimov proofreading test. The parameters of external respiration were recorded using the KM-AR-01 “Diamant” spirograph (Russia). The Shapiro-Wilk test and the Wilcoxon test were used for statistical analysis.The analysis of individual attention indicators suggests that there are differences in the dynamics of attention function among students with different circadian typology during the day. Among early risers had the highest values of the attention quality indicator in the morning hours. Night owls had a higher level of attention in the evening. The most significant variations in pulmonary ventilation were noted in students with daytime and evening chronotypes.
Keywords: attention indicators, external respiration, circadian rhythm.

Введение. Современный образовательный процесс предъявляет значительные требования к здоровью студентов. Увеличение объема информации, интенсификация труда студентов, активное внедрение новых мультимедийных средств в учебный процесс становятся факторами риска возникновения и развития соматических и психических заболеваний. Для формирования здоровьесберегающей среды для участников образовательного процесса следует не только качественно рассчитывать объем и адекватность учебной нагрузки, но и выстраивать учебный процесс с

учетом хронотипологических особенностей молодых людей [1, 2]. В частности, известно, что от индивидуальных суточных ритмов зависят изменения умственной работоспособности у студентов [3] и их предпочтения заниматься в утреннее или вечернее время. Показано также, что хронотип является предиктором успешности когнитивных процессов, среди которых основным считается внимание [3-5]. Кроме того, на примере многих физиологических функций отмечается, что успешность адаптации зависит от хронотипа [6-8]. В связи с этим изучение отдельных показателей внешнего дыхания, определяющих гомеостатические параметры в организме, могут играть важную роль в персонализации образования.

Цель настоящей работы: изучить особенности показателей внимания и внешнего дыхания у студентов с разными хронотипами.

Методы и организация исследования. В исследовании принимали участие 260 студентов обоих полов. Возраст испытуемых от 19 до 22 лет. Критериями исключения были диагностированные заболевания органов дыхательной системы. Перед участием в исследовании у всех обучающихся было получено информированное добровольное согласие. Работа выполнена с соблюдением этических принципов проведения биомедицинских научных исследований с участием человека, согласно Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации.

Для оценки хронотипа обследованных студентов использовали тест Хорна-Остберга в модификации А.А. Путилова [9]. Анализ полученных результатов позволил сформировать три группы испытуемых: группа с утренним типом суточной активности («жаворонки», n=56 человек), группа с дневным («голуби», n=100 человек) и с вечерним типами активности («совы», n=104 человека).

Показатели внимания оценивали с помощью корректурной пробы Бурдона-Анфимова. Оценивали интенсивность внимания (ИВ, %) и показатель качества внимания (ПВ, усл. ед.) [10].

Параметры внешнего дыхания регистрировали при помощи спирографа КМ-АР-01 «Диамант» (Россия). На полученных спирограммах проводили анализ минутного объема дыхания (МОД, л/мин), дыхательного объема (ДО, л) и частоты дыхания (ЧД, цикл/мин). Показатели внимания и паттерна внешнего дыхания у обследованных студентов регистрировали три раза в день: утром с 7.30 до 9.00 ч, днем с 13.00 до 14.30 ч и вечером с 18.00 до 19.30 ч.

Для статистического анализа полученных данных использовали программный пакет SigmaPlot 12.0 и применяли тесты Shapiro-Wilk и Wilcoxon Signed Rank Test. Статистически значимыми считались различия при $p<0,05$. Полученные результаты представлены в виде медианы и 25-й и 75-й перцентили Me [Q1; Q3], а также как изменения средних значений в %.

Результаты исследования и их обсуждение. Изучение показателей внимания указывает на существенные колебания данной психической функции у лиц с утренним и вечерним суточными ритмами активности. У лиц с утренним типом активности интенсивность внимания снижалась на 7,79% в дневное время по сравнению с показателями утренних и вечерних значений. У студентов с вечерним типом активности отмечается выраженная тенденция к увеличению интенсивности внимания в течение дня. Так, данный показатель у респондентов этой группы достигал максимальных значений в вечернее время и составлял 67,0 [49,50; 76,0] %. У студентов с дневным типом суточной активности данный показатель в течение дня практически не изменялся (рис. А).

Установлено, что показатель качества внимания в утренние часы был наибольшим у «жаворонков» и «сов», а наименьшим у «голубей». В дневное время показатель внимания значимо уменьшался у представителей с утренним типом суточной активной и составлял 53,50 [40,0; 77,25] усл. ед. К вечеру значение ПВ у «жаворонков» возрастало относительно дневного уровня и достигало 87,50 [40,0; 119,25] усл. ед. ($p<0,01$). У «голубей» и «сов» показатель качества внимания в течение учебного дня оставался относительно стабильным (рис. Б).

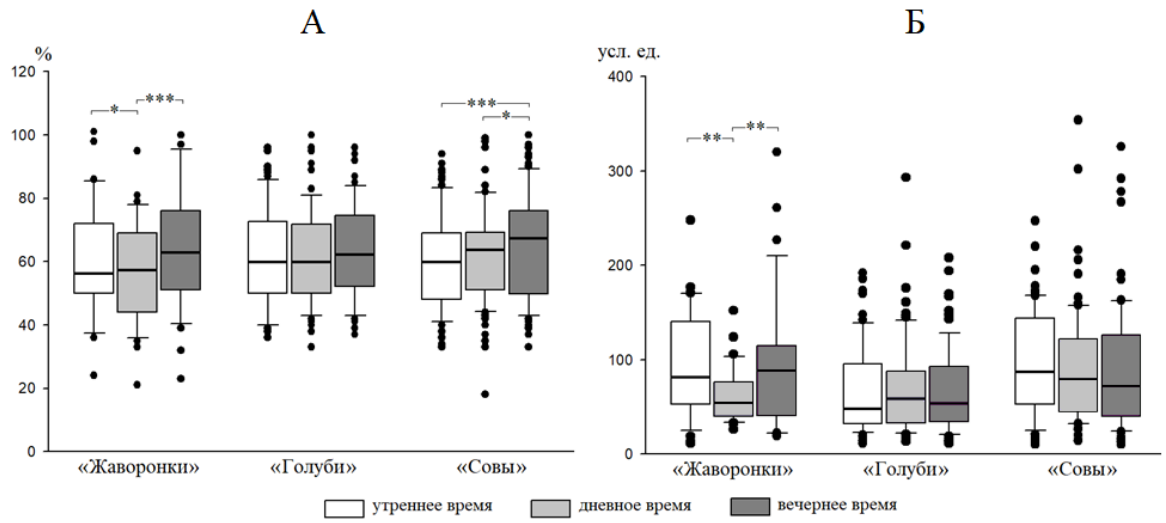


Рис. Дневная динамика интенсивности (А) и качества (Б) внимания у студентов в зависимости от индивидуального суточного ритма: * – ($p<0,05$), ** – ($p<0,01$), *** – ($p<0,001$) – статистически значимые различия внутри группы.

Анализ отдельных показателей внимания при выполнении корректурного теста позволяет говорить о наличии различий в динамике функции внимания у студентов с разной циркадианной типологией в течение дня. Так, у «жаворонков» наибольшие значения показателя качества внимания отмечались в утренние часы, а у «сов» более высокий уровень интенсивности внимания отмечался в вечерние часы, что, вероятно, является важной предпосылкой успешной когнитивной деятельности у студентов-«жаворонков» при обучении в первую смену, а у студентов-«сов» – во вторую смену. Полученные нами результаты частично согласуются с данными других авторов, которые отмечали стабильность функций памяти и концентрации внимания в течение дня у студентов-«голубей» и рост у «сов» в период их наибольшей временной активности [11]. Снижение умственной работоспособности, внимания и мыслительной деятельности после учебных занятий в различные дни недели у студентов-«жаворонков» выявлено и в работе Токаевой Л.К. с соавт. [12]. В работе Марининой М.Г. [13] также установлено, что у лиц с хронотипом «жаворонок», обучающихся в I смену, объем зрительной и слуховой памяти достоверно выше по сравнению со студентами второй смены.

Также нами были выявлены различия в отдельных параметрах внешнего дыхания у лиц с различными типами суточной активности. Наиболее выраженные колебания показателей легочной вентиляции отмечались у студентов «голубей» и «сов». Так, у студентов с дневным типом суточной активности до выполнения корректурной пробы наблюдался рост дыхательного объема в дневные часы на 7,2% относительно утреннего времени ($p<0,01$). У студентов с вечерним типом суточной активности увеличение минутного объема дыхания наблюдается как в дневное, так и в вечернее время (средний рост 7,1% относительно утреннего времени, $p<0,05$). После выполнения корректурной пробы в течение дня изменения в динамике МОД отмечались у «сов» в виде увеличения к вечеру относительно утренних значений. Динамика ДО в течение учебного дня имела вариабельность только у студентов-«голубей», у которых уровень ДО в утреннее время составлял 0,54 [0,39; 0,79] л, а затем увеличивался к дневным часам на 6,7% ($p<0,05$) и вечерним на 8,3% ($p<0,05$). Что касается дневной динамики ЧД, то ее изменения в течение дня отмечались только у студентов-«сов». В покое у них ЧД составляла 18,00 [14,59; 22,39] ц/мин, а в дневное и вечернее время ЧД увеличивалась на 6,9% и 7,6% ($p<0,001$) соответственно. Выполнение корректурной пробы в течение дня не приводило к изменениям дневной динамики ДО и ЧД.

Полученные результаты подтверждают изменчивость параметров дыхания в течение дня согласно хронотипам, а также согласуются с ранее проведенными нами исследованиями, в которых показаны сезонные особенности внешнего дыхания у людей с разными хронотипами [14, 15]. Частота дыхания и дыхательный объем традиционно считаются основными параметрами, которые определяют базальный паттерн дыхания. Необходимо отметить, что в нашем исследовании частота дыхания и дыхательный объем до выполнения корректурной пробы характеризовались у студентов «жаворонков», «голубей» и «сов» приуроченностью акрофаз к утренним, дневным и вечерним часам соответственно.

Вероятно, такая закономерность может быть связана с межнейронными взаимодействиями дыхательного центра, а именно комплекса пре-Бетцингера, и супрахиазматических ядер, выступающих эндогенным генератором циркадианных ритмов [16, 17]. Влияние супрахиазматического ядра на паттерны дыхания могут осуществляться симпатическими и парасимпатическими структурами мозгового ствола и спинного мозга, а также нейронами паравентрикулярного гипоталамического ядра, непосредственно взаимодействующего с центральными нейросетями, регулирующими дыхание [18].

Заключение. Таким образом, полученные данные позволяют говорить о тесной связи циркадианных ритмов с физиологическими и высшими психическими функциями. Рассогласование между эндогенными биологическими ритмами и социальными факторами может способствовать развитию десинхроноза и приводить к различным патологиям. Именно поэтому необходимо строго контролировать интенсивность и распределение учебных нагрузок в течение дня для лиц с разными суточными ритмами.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Финансирование. Работа поддержана грантом Российского научного фонда №23-25-00152.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Financing. The work was supported by the grant of the Russian Science Foundation №23-25-00152.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оценка психофизиологического состояния студентов-спортсменов по показателям концентрации внимания и адаптационного потенциала / Я.В. Латюшин, Н.П. Петрушкина, Е.В. Звягина и др. // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2019. – Т. 5 (71), № 4. – С. 50–60.
2. Павленко, С.И. Связь показателей внешнего дыхания и вариабельности сердечного ритма при умственной нагрузке у студентов с разными хронотипами / С.И. Павленко, О.А. Ведясова, И.Г. Кретова // Физиология человека. – 2021. – Т. 47. – № 2. – С. 45–55.
3. Valdez, P. Circadian rhythms in attention / P. Valdez // Yale Journal of Biology and Medicine. – 2019. – Vol. 92. – № 1. – P. 81–92.
4. The role of chronotype, gender, test anxiety, and conscientiousness in academic achievement of high school students / A. Rahafar, M. Maghsudloo, S. Farhangnia [et al] // Chronobiology International. – 2016. – Vol. 33. – №. 1. – P. 1–9.
5. Павленко, С.И. Динамика дыхания и вариабельности сердечного ритма при умственной работе у студентов «жаворонков», «голубей» и «сов» / С.И. Павленко, О.А. Ведясова // Курортная медицина. – 2018. – № 3. – С. 60–62
6. Роль индивидуальной организации суточных ритмов в формировании нарушений углеводного обмена / Ю.В. Нелаева, О.Д. Рымар, И.М. Петров [и др.] // Сахарный диабет. – 2023. – № 3. – С. 224–235.
7. Biological rhythm and chronotype: New perspectives in health / A. Montaruli, L. Castelli, A. Mulè [et al] // Biomolecules. –2021. – № 4. – P. 487.
8. Губин, Д.Г. Хронодиагностика и хронотерапия – основа персонализированной медицины / Д.Г. Губин // Тюменский медицинский журнал. – 2019. – Т. 21. – № 1. – С. 20–40.
9. Putilov, A.A. Owls, larks, swifts, woodcocks and they are not alone: A historical review of methodology for multidimensional self-assessment of individual differences in sleep-wake pattern / A.A. Putilov // Chronobiology International. – 2017. – № 34 (3). – P. 426–437.

10. Сидоров, К.Р. Количественная оценка продуктивности внимания в методике «корректурная проба» Б.Бурдона / К.Р. Сидоров // Вестник Удмуртского университета. – 2012. – № 4. – С. 50–57.
11. Уланова, Т.В. Взаимосвязь нормальных циркадных биоритмов и жизнедеятельности / Т.В. Уланова, Д.А. Зиняков, Н.С. Русейкин // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2018. – № 5 (ч. 1). – С. 138–142.
12. Токаева, Л.К. Хронобиологические и психофизиологические особенности адаптации студентов различных спортивных специализаций к обучению в вузе / Л.К. Токаева, С.С. Павленкович // Психосоматические и интегративные исследования. – 2015. – Т. 1. – № 1. – С. 106–111.
13. Маринина, М.Г. Исследование объема кратковременной памяти студентов ВГСПУ в зависимости от хронотипа / М.Г. Маринина // Научный руководитель. – 2019. – № 1, Вып. 31. – С. 45–53.
14. Павленко, С.И. Сезонные особенности паттерна внешнего дыхания у студентов с разными хронотипами / С.И. Павленко, О.А. Ведясова // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2019. – № 3. – С. 98–105
15. Особенности вегетативного статуса у студентов с разными хронотипами в осенне-зимний и весенне-летний периоды года / С.И. Павленко, О.А.Ведясова, И.Г.Кретова, И.Д.Романова//Современные вопросы биомедицины.–2022.–№2.
16. Silver, R. The suprachiasmatic nucleus and the circadian timekeeping system of the body / R. Silver, M. Rainbow // Neuroscience in the 21st Century. Springer Science-Business Media, LLC. – 2013. – P. 1847–1888.
17. Schwarzacher, S.W. Neuroanatomical characteristics of the human pre-Bötzinger complex and its involvement in neurodegenerative brainstem diseases / S.W. Schwarzacher, U. Rueb, T. Deller // Brain. – 2011. – № 134. – P. 24–35.
18. The role of the suprachiasmatic nucleus in cardiac autonomic control during sleep / S.D. Joustra, R.H. Reijntjes, A.M. Pereira [et al] // PloS One. – 2016. – № 3. – P. e0152390.

REFERENCES

1. Latyushin Ya.V., Petrushkina N.P., Zvyagina E.V. Vorovskij S.N., Kharina I.F. Evaluation of the psychophysiological state of students-athletes on indicators of concentration of attention and adaptation potential. *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, 2019, vol. 5 (71), no. 4, pp. 50–60. (in Russ.)
2. Pavlenko S.I., Vedyasova O.A., Kretova I.G. Links of Parameters of External Respiration and Heart Rate Variability During Mental Load in Students With Different Chronotypes. *Human Physiology*, 2021, vol. 47, no. 2, pp. 45–55. (in Russ.)
3. Valdez P. Circadian rhythms in attention. *Yale Journal of Biology and Medicine*, 2019, vol. 92, no. 1, pp. 81–92.
4. Rahafar A., Maghsudloo M., Farhangnia S. et al. The role of chronotype, gender, test anxiety, and conscientiousness in academic achievement of high school students. *Chronobiology International*, 2016. vol. 33, is. 1, pp. 1–9.
5. Pavlenko S.I., Vedyasova O.A. Pneodynamics and heart rate variability during brainwork with students “larks”, “doves” and “owls”. *Resort Medicine*, 2018, no. 3, pp. 60–62. (in Russ.)
6. Nelaeva Yu.V., Rymar O.D., Petrov I.M. et al. The role of individual organization of circadian rhythms in the formation of carbohydrate metabolism disorders. *Diabetes Mellitus*, 2023, no. 3, pp. 224–235. (in Russ.)
7. Montaruli A., Castelli L., Mulè A. Scurati R., Esposito F., Galasso L., Roveda E. Biological rhythm and chronotype: New perspectives in health. *Biomolecules*, 2021, no. 4, pp. 487.
8. Gubin D.G. Chronodiagnostics and chronotherapy – frontiers for personalized clinical medicine. *Tyumen medical journal*, 2019, no.1, pp. 20–40. (in Russ.)
9. Putilov A.A. Owls, larks, swifts, woodcocks and they are not alone: A historical review of methodology for multidimensional self-assessment of individual differences in sleep-wake pattern. *Chronobiology International*, 2017, no. 3, pp. 426–437.
10.Sidorov K.R. Qualitative assessment of the efficiency of attention in the methodology of “cancellation test” by B. Bourdon. *Bulletin of Udmurt university*, 2012, no. 4, pp. 50–57. (in Russ.)
11.Ulanova T.V., Zinyakov D.A., Rusejkin N.S. Interrelation of normal circadian biorhythms and vitalactivity. *Journal international journal of applied and fundamental research*, 2018, no. 5 (ch. 1), pp. 138–142. (in Russ.)
12.Tokaeva L.K., Pavlenkovich S.S. Chronobiological and psychophysiological features of adaptation of students of various sports specializations to the training in higher educational establishment. *Psychosomatic and Integrative Research*, 2015, vol. 1, no. 1, pp. 106–111. (in Russ.)
13.Marinina M.G. The study of the volume of short-term memory of students of VGSPU depending on the chronotype. *Scientific supervisor*, 2019, no. 1, vol. 31, pp. 45–53. (in Russ.)
14.Pavlenko S.I., Vedyasova O.A. Seasonal characteristics of external respiration patternin students with different chronotypes. *Ulyanovsk medico-bio-*

logical journal, 2019, no. 3,pp. 98–105. (in Russ.)
15.Pavlenko S.I., Vedyasova O.A., Kretova I.G., Romanova I.D. Features of the autonomic status in students with different chronotypes in the autumn-winter and the spring-summer periods of the year. *Modern Issues of Biomedicine*,2022,no.2. (in Russ.)
16.Silver R., Rainbow M. The suprachiasmatic nucleus and the circadian timekeeping system of the body. *Neuroscience in the 21st Century*. Springer Science-Business Media, LLC. 2013, pp. 1847–1888.
17.Schwarzacher S.W., Rueb U., Deller T. Neuroanatomical characteristics of the human pre-Bötzinger complex and its involvement in neurodegenerative brainstem diseases. *Brain*. 2011, no. 134, pp. 24–35.
18.Joustra S.D., Reijntjes R.H., Pereira A.M. Lammers G.J., Biermasz N.R., Thijs R.D. The role of the suprachiasmatic nucleus in cardiac autonomic control during sleep. *PloS One*, 2016, no. 3, p. e0152390.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Снежанна Ивановна Павленко – кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных, ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»; доцент кафедры физиологии, ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, Самара, e-mail: pavlenko.snezhanna@mail.ru.
Ольга Александровна Ведясова – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры физиологии человека и животных, ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», Самара, e-mail: o.a.vedyasova@gmail.com.
Дарья Сергеевна Громова – старший преподаватель кафедры общей и молекулярной биологии; старший преподаватель кафедрыфизиологии, ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, Самара, e-mail: d.s.gromova@samsmu.ru.
Алексей Николаевич Инюшкин – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой физиологии человека и животных, ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», Самара, e-mail: ainyushkin@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Snezhanna I. Pavlenko – Candidate of Biological Sciences, associate professor, department of human and animal physiology, Samara National Research University; associate professor department of Physiology, Samara State Medical University, Samara, e-mail: pavlenko.snezhanna@mail.ru.
Ol'ga A. Vedyasova – Doctor of Biological Sciences, professor, professor of department of human and animal physiology, Samara National Research University, Samara, e-mail: o.a.vedyasova@gmail.com.
Darja S. Gromova – Senior Lecturer of the Department of General and Molecular Biology; Senior Lecturer of the Department of Physiology, Samara State Medical University, Samara, e-mail: d.s.gromova@samsmu.ru.
Aleksej N. Inyushkin – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Human and Animal Physiology, Samara National Research University, Samara, e-mail: ainyushkin@mail.ru.

Для цитирования: Особенности показателей внимания и параметров внешнего дыхания у молодых людей в зависимости от их хронотипа / С.И. Павленко, О.А. Ведясова, Д.С. Громова, А.Н. Инюшкин // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_13
For citation: Pavlenko S.I., Vedyasova O.A., Gromova D.S., Inyushkin A.N. Features of attention indicators and parameters of external respiration in young people, depending on their chronotype. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_13

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_14
УДК 612.01

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_14
UDC 612.01

УРОВЕНЬ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЮНОШЕЙ С РАЗНЫМИ ТИПОЛОГИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПОСЛЕ МАКСИМАЛЬНОЙ СТУПЕНЧАТОЙ ТРЕДБАНОМЕТРИИ

А.Ю. Приходько[1], Р.И. Айзман[1,2], И.И. Новикова[1]
[1]Федеральное бюджетное учреждение науки «Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Новосибирск, Россия
[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный педагогический университет», г. Новосибирск, Россия

Аннотация. Для прогнозирования успешности спортивных достижений особую значимость приобретает комплексное изучение морфофизиологических, биохимических и индивидуально-типологических параметров, определяющих физическую работоспособность спортсмена. Достаточно информативными характеристиками для такого прогноза являются показатели соматотипа и типа функционального реагирования нервно-мышечного аппарата. Цель исследования: оценить уровень физической работоспособности в зависимости от соматотипа и типа функционального реагирования. В исследовании приняли участие здоровые юноши-студенты ВУЗа. Были определены морфофункциональные показатели, характеризующие соматотип по Хит-Картеру и тип функционального реагирования организма – «спринтер», «микст», «стайер» по методике В.П. Казначеева. Для оценки физической работоспособности студенты выполняли ступенчатый тест с повышающейся мощностью до отказа на тредбане. Среди юношей мезоморфного соматотипа выявлено большее количество «спринтеров», а среди представителей эктоморфного соматотипа – «стайеров». Соматотип и тип функционального реагирования во взаимосвязи являются важными прогностическими показателями резервных возможностей и физической работоспособности организма.
Ключевые слова: юноши-студенты, морфофункциональные показатели, спринтеры, миксты, стайеры, соматотип по Хит-Картеру, ступенчатый степ-тест, физическая работоспособность.

PHYSICAL PERFORMANCE LEVEL OF YOUNG MEN WITH DIFFERENT TYPOLOGICAL CHARACTERISTICS AFTER MAXIMAL TREADMILL STRESS TEST

A.Yu. Prikhod'ko[1], R.I. Ajzman[1,2], I.I. Novikova[1]
[1]Novosibirsk Research Institute of Hygiene, Novosibirsk, Russia
[2]Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia

Abstract. To predict the success of sports achievements, a comprehensive study of morphophysiological, biochemical and individual typological parameters that determine the physical performance of an athlete is of particular importance. Sufficiently informative characteristics for such prognosis are indicators of the body type and type of the functional neuromuscular response. Objective of the study: to assess the level of physical performance depending on the somatotype and type of functional response. Healthy male university students took part in the study. The authors identified morphofunctional indicators that characterize the somatotype according to the Heath-Carter method and the type of functional response ("sprinter", "mixed", "stayer") according to the V.P. Kaznacheev's method. To assess physical performance, students performed a treadmill stress test. The researchers have identified a greater number of "sprinters" among the mesomorphs and "stayers" among the ectomorphs. The somatotype and type of functional response in conjunction are important prognostic indicators of the reserve capabilities and physical performance of the body.
Keywords: male students, morphofunctional indicators, sprinters, mixed, stayers, somatotype according to Heath-Carter, treadmill stress test, physical performance.

Введение. В циклических видах спорта от атлета требуется проявление максимальной физической работоспособности [1-3]. Сегодня известно, что одинаковая физическая нагрузка может приводить к разным функционально-биохимическим сдвигам у лиц с разными индивидуально-типологическими характеристиками, что, в свою очередь, оказывает огромное влияние на уровень физической работоспособности и результативность спортивной деятельности [4-6]. При этом, такие первостепенно важные процедуры как определение типа функционального реагирования организма и оценка соматотипа в спортивном отборе до сих пор широко не применяются, хотя комплексная их оценка во взаимосвязи может помочь в прогнозировании успешности занимающихся в той или иной спортивной специализации.

Цель – оценить уровень физической работоспособности юношей в зависимости от их соматотипа и типа функционального реагирования организма при выполнении максимальной нагрузки на тредбане.

Методы и организация исследования. В исследовании приняли участие 110 юношей-студентов очного отделения ВУЗа в возрасте от 18 до 23 лет, систематично занимающиеся физической культурой без ограничений по состоянию здоровья. Каждый участник исследования подписал добровольное согласие на участие в эксперименте. Все исследования соответствовали этическим стандартам локального биоэтического комитета Новосибирского государственного педагогического университета, разработанного в соответствии с Хельсинской декларацией Всемирной ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» (с поправками 2000 г.).

На первом этапе исследования у юношей были определены соматотип по Хит-Картеру [7, 8] и тип функционального реагирования организма – «спринтер», «микст», «стайер» – по методике В.П. Казначеева [9]. На втором этапе студенты выполняли ступенчатый тест с повышающейся нагрузкой на тредбане Spirit Fitness XT 685 AC (Hasttings, США). До начала тестирования каждому испытуемому давали установку на достижение максимальной скорости бега, а критериями отказа от продолжения нагрузки являлись высокая частота сердечных сокращений (ЧСС выше 220 – возраст) и отказ в связи с субъективным утомлением испытуемого и невозможностью или нежеланием продолжать бег. Испытуемые перед началом тестирования выполняли низкоинтенсивную беговую разминку на тредбане длительностью 5 минут при скорости полотна 6 км/ч, затем упражнения на растяжку мышц, после чего начинали тестирование. Длительность выполнения нагрузки на каждой ступени была 3 минуты. Начальная скорость первой ступени составила 7 км/ч, скорость движения каждой последующей ступени увеличивали на 1 км/ч, время отдыха при переходе на следующую ступень составляло 10 с. Суммарная мышечная работа при беге на тредбане складывалась из работ на отдельных ступенях (1):

$$\mathbf{A_i = MT*(V_i*t_i),} \quad (1)$$

где: МТ – масса тела испытуемого;

V_i – скорость движения полотна дорожки на каждой ступени;

t_i – время бега на i-ой ступени.

Для выявления максимальной мышечной силы (ММС) использовали метод кистевой динамометрии [(сила правой кисти+сила левой кисти)/2] с помощью динамометра ДМЭР-120 Деканьютон (Тулиновский Приборостроительный Завод, Россия). Максимальную мышечную выносливость (ММВ) определяли по В.В. Розенблату с модификацией по В.П. Казначееву следующим образом. В положении стоя обследуемому предлагали плотно, всей поверхностью пальцев обхватить баллон-датчик, связанный шлангом с гидроманометром, и опустить работающую руку вниз, не прижимая к бедру. В этом положении испытуемый должен был по команде плавно сжать баллон-датчик максимальным усилием так, чтобы 1-2 с удержать достигнутый результат. После выявления максимальной величины силы кисти и последующего 2-минутного отдыха, обследуемому той же рукой необходимо было сжимать максимально длительное

время баллон-датчик так, чтобы стрелка манометра показала величину усилия, равную 75% от максимальной, после чего включали секундомер и фиксировали время удержания стрелки манометра в этом положении [9]. Дифференциацию на типы функционального реагирования осуществляли по отношению максимальной мышечной силы (ММС) к максимальной мышечной выносливости (ММВ). Значения показателя ММС/ММВ менее 1,0 свидетельствует о преобладании выносливости (тип «стайер»), 2 и более – о преобладании силовых качеств (тип «спринтер»), от 1,0 до 2,0 – промежуточный тип («миксты») [9]. Рассчитывали индекс Кетле (ИК) по формуле: (МТ/ДТ^2, кг/м^2); индекс Пинье (ИП), характеризующий тип телосложения (ДТ, см – МТ, кг – ОГК, см), где ДТ – длина тела, МТ – масса тела, ОГК – окружность грудной клетки. ИП менее 20 характеризует брахиморфное телосложение, ИП = от 21 до 25 – мезоморфное телосложение, ИП более 26 – долихоморфное телосложение; и мышечный индекс (МИ): [(ОПН-ОПП)/ОПП]*100%, где: ОПН – окружность плеча в напряжении; ОПП – окружность плеча в покое, см. Толщину кожно-жировых складок оценивали с помощью механического калиперметра (Калифорния, США) в десяти точках тела: под подбородком, на щеке, над грудью, под лопаткой, справа от пупка, на задней поверхности предплечья, над подвздошной костью, на уровне 10 ребра, над коленом и на икроножной мышце [10]. Частоту сердечных сокращений (ЧСС) на всех ступенях теста фиксировали по показаниям кардиопередатчика Polar H10 (POLAR Electro, Финляндия). Величину артериального давления (АД) определяли автоматическим тонометром (Omron m3 Expert, Япония). На основании этих показателей рассчитывали вегетативный индекс Кердо (ИК), характеризующий соотношение активности симпатической и парасимпатической нервной системы: ИК = [(1 – ДАД/ЧСС) * 100%], где ДАД – диастолическое артериальное давление при значениях: от −10 до +10 – нормотонический тип, +10 и более – преобладание ваготонии, −10 и менее – преобладание симпатикотонии [11]. Для оценки порога анаэробного обмена (АнП) при беге на тредбане на кривой пульсограммы у юношей индивидуально выявляли момент перехода показаний пульса на уровень 170 уд/мин [12, 13].

Полученный материал обработан общепринятыми методами математической статистики с использованием программы «STATISTICA» 10 for Windows и пакета Microsoft Excel 2010. Нормальность распределения была проверена по критерию Шапиро-Уилка. Результаты непараметрических методов обработки представлены в виде медианы (Me) и Q1-Q3 – нижней и верхней квартилей, а параметрических – как среднее значение и его стандартное отклонение (M±q). При одновременном сравнении несвязанных выборок применили дисперсионный анализ ANOVA в случае нормального распределения, а при его отсутствии использовали критерий Краскела-Уоллиса. Результаты оценивались как достоверные при уровне значимости $p \leq 0{,}05$.

Результаты исследования и их обсуждение. В результате соматотипирования всех обследуемых по Хит-Картеру в первую группу попали 36 юношей эктоморфного соматотипа, во вторую – 45 представителей мезоморфного и в третью группу – 29 юношей эндоморфного соматотипа. В каждой соматотипической группе выделяли юношей с разными типами функционального реагирования. Оказалось, что среди юношей эндоморфного соматотипа было практи-чески равное количество лиц с разными типами реагирования. В то же время, среди юношей мезоморфного соматотипа отмечали большую встречаемость спринтеров, а среди представителей эктоморфного типа – существенное преобладание стайеров. Таким образом, морфотип в определенной степени определял тип функционального реагирования организма, что свидетельствует об определенной взаимосвязи морфологических и функциональных показателей. В свою очередь, при распределении юношей по соматотипам в группах функционального реагирования оказалось, что в группе стайеров преобладали юноши эктоморфного соматотипа,

в группе спринтеров – мезоморфного, а среди микстов отмечалось примерно одинаковое соотношение типов. Следовательно, тип функционального реагирования также имел определенную взаимосвязь с морфотипом, хотя эта связь была выражена меньше, чем обратная – соматотип и тип реагирования.

На следующем этапе представляло интерес сопоставить показатели морфофункционального развития и физической работоспособности юношей разных типов функционального реагирования в рамках каждого из соматотипов, а также сравнить эти параметры юношей каждого типа реагирования, но разных соматотипов (табл. 1).

Таблица 1

Показатели морфологического статуса юношей разных типов функционального реагирования в рамках каждого соматотипа после ступенчатого теста

Показатели	Тип реагирования	Эндоморфный соматотип	Мезоморфный соматотип	Эктоморфный соматотип
Индекс Кетле, кг/м^2	Спринтер Микст Стайер	26,2±4,7■ *24,9±3,6 *23,6±1,5	23,7±2,0▲ 23,1±2,5 22,5±1,8	20,9±1,2▲■ 20,5±1,3▲■ 19,7±1,1▲■
Индекс Пинье, усл.ед.	Спринтер Микст Стайер	1,8 (−16,7/22,7)■ *16,3 (1,3/21,1) *14,4 (9,4/22,1)	15,5 (5/23)▲ 20,8 (9,6/24,4) 19 (12/26)	26 (22/32)▲■ 32,7 (24/35)▲■ 32 (29/40)▲■
Сумма складок, мм	Спринтер Микст Стайер	173,1±55,3 176,0±49,2 ♦*132,4±29,0	104,6±25,3▲ 107,7±41,5▲ 88,8±25,4▲	101,2±28,2▲ 88,1±21,2▲ 80,5±12,4▲
Мышечный индекс	Спринтер Микст Стайер	13,7±4,2■ 13,3±4,9■ 15,9±2,8	17,1±3,3 17,9±4,2 18,9±4,3▲	15,2±2,3 16,1±3,7 ♦*19,3±3,9▲
Кистевая сила, кг	Спринтер Микст Стайер	52,0±3,8 *43,8±6,6 47,9±5,1	52,4±5,9 48,0±5,8 *45,9±7,5	50,2±3,9 49,6±5,1▲ ♦*43,9±5,7▲
Выносливость мышц кистей рук, с	Спринтер Микст Стайер	♦31 (29/35) *37,5 (32,5/43) ♦*57 (49/61)	♦32 (26/36) *40 (37/43) ♦*53 (48/61)	♦27,3 (24,8/30) *39,5 (31/44) ♦*51 (48/56)
Индекс Кердо, усл.ед.	Спринтер Микст Стайер	7,7 (3,5/12,7) 1,5 (0/15,2) 10,4 (−3,2/16,8)	8,1 (−6,5/17,8) 3,2 (0/11,5) 8,3 (−9,4/14,7)	−12,4 (−17,9/7,3) −6,3 (−15/10) 0 (−6,7/16,2)

Примечание: достоверные ($p \leq 0,05$) отличия относительно: ■ – мезоморфного соматотипа; ▲ – эндоморфного соматотипа; ♦ – микстов; * – спринтеров; ЧСС – частота сердечных сокращений; САД – систолическое артериальное давление; ДАД – диастолическое артериальное давление.

Как видно из таблицы 1, показатели, существенно и достоверно отличались между эктоморфным, с одной стороны, и мезо-эндоморфным соматотипами во всех группах функционального реагирования; с другой стороны, значимых отличий между представителями разных типов функционального реагирования в мезо- и эктоморфной соматотипических группах не выявлено и только в группе юношей эндоморфного соматотипа спринтеры имели более плотное телосложение относительно микстов и стайеров (ИК был достоверно выше, а ИП – ниже).

Суммарное количество кожно-жировых складок на теле имело четкую тенденцию к уменьшению от эндо- к мезо- и далее к эктоморфному соматотипу для представителей всех типов функционального реагирования. Однако в каждой соматотипической группе у стайеров этот показатель был достоверно меньше, чем у микстов и спринтеров.

Таблица 2

Показатели физической работоспособности юношей разных типов функционального реагирования в рамках каждого соматотипа после ступенчатого теста

Показатели	Тип реагирования	Эндоморфный соматотип	Мезоморфный соматотип	Эктоморфный соматотип
ЧСС, фон, уд/мин	Спринтер	71,4±3,8	71,3±9,6	69,1±10,5
	Микст	70,8±5,9	67,3±7,6	67,9±7,1
	Стайер	69,0±5,4	65,5±8,2	70,4±7,9
Скорость полотна тредбана при ЧСС=170 уд/мин, км/ч	Спринтер	8,9±1,0	9,5±1,2	9,6±0,7
	Микст	8,4±1,4	8,8±1,0	9,8±1,2▲
	Стайер	9,3±1,3	♦10,3±2,0	10,5±1,5
Время достижения ЧСС=170, с	Спринтер	445±148	511±196	550±149
	Микст	311±244	410±176	567±191▲
	Стайер	465±212	♦661±374	704±217▲
Ступень при ЧСС=170	Спринтер	3,3 (3/4)	3,5 (3/4)	4 (3,5/4,8)
	Микст	2 (1/4,5)	3 (2/3,5)	4 (3/5)▲
	Стайер	3,5 (2/5)	♦4 (3/7)	5 (4/5)
Ступень, отказ	Спринтер	5,5 (4,5/7)	6,5 (6/7)	6,5 (6/8)
	Микст	4 (3/8)	5 (5/7)	6 (6/7)
	Стайер	6 (5/8)	♦7 (6/9)	7 (6/8)
Скорость полотна тредбана при отказе, км/ч	Спринтер	11,5±1,4	12,2±1,2	12,5±1,0
	Микст	10,8±2,3	11,6±1,4	12,1±1,2
	Стайер	11,9±1,6	♦13,1±1,5	13,1±1,3
ЧСС, отказ, уд/мин	Спринтер	195,2±9,1	193,3±7,0	190±7,0
	Микст	195,7±5,3	195,0±5,5	191,1±7,6
	Стайер	198,7±5,9	193,5±9,1	191,1±5,9▲
САД, фон, мм рт. ст.	Спринтер	127,0±11,9	127,3±9,6	130,0±7,1
	Микст	128,4±9,3	130,5±8,4	128,1±7,8
	Стайер	123,3±9,2	131,1±8,3	126,1±9,7
САД, отказ, мм рт. ст.	Спринтер	184,4±12,5	179,8±15,3	170,8±13,5
	Микст	180,1±16,7	185,5±13,1	176,9±15,2
	Стайер	173,2±28,5■	188,9±20,4	182,5±22,4
ДАД, фон, мм рт. ст.	Спринтер	67,9±8,1	65,2±7,6	71,8±13,1
	Микст	66,0±4,0	66,9±9,5	69,4±10,5
	Стайер	64,1±7,1	63,1±9,7	67,4±6,7
ДАД, отказ, мм рт. ст.	Спринтер	62,0±15,8	64,4±12,3	57,0±14,5
	Микст	57,7±15,7	67,1±13,7	56,7±20,2
	Стайер	62,0±17,7	64,5±12,2	66,0±12,4
Работа суммарная, кг*м	Спринтер	238908±84137	239321±90097	241071±72968
	Микст	179412±97239	194822±78030	219581±87120
	Стайер	235235±95559	253045±63892	227583±71761
Преодоленное расстояние, м	Спринтер	2675±927	3187±1001	3337±787
	Микст	2375±1440	2728±1006	3096±947
	Стайер	3037±1215	♦3645±1113	3529±986
Потеря массы тела в кг	Спринтер	0,6 (0,5/0,7)	0,7 (0,5/0,8)	0,6 (0,3/0,8)
	Микст	0,5 (0,4/0,7)	0,5 (0,4/0,6)	0,5 (0,3/0,7)
	Стайер	0,4 (4/7)	0,7 (0,4/0,8)	0,4 (0,3/0,6)
Потеря массы тела в %	Спринтер	0,58 (0,51/0,74)	1,02 (0,66/1,12)▲	0,96 (0,69/1,04)
	Микст	0,64 (0,44/0,97)	0,72 (0,51/0,91)	0,85 (0,58/1,01)
	Стайер	0,66 (0,49/1,08)	0,91 (0,61/1,01)	0,60 (0,56/0,98)

Примечание: достоверные ($p \leq 0,05$) отличия относительно: ■ – мезоморфного соматотипа; ▲ – эндоморфного соматотипа; ♦ – микстов; * – спринтеров; ЧСС – частота сердечных сокращений; САД – систолическое артериальное давление; ДАД – диастолическое артериальное давление.

МИ юношей эндоморфного соматотипа уступал по величине соответствующим показателям представителей других морфотипов, а по сравнению с мезоморфами даже достоверно, что может свидетельствовать о некоторых различиях в развитии их мышечной системы. При этом у стайеров он был значимо выше, чем у спринтеров и микстов в каждой соматотипической группе.

Анализ силы кисти показал, что при отсутствии выраженных различий между юношами разных соматотипов, самый высокий уровень кистевой силы был у спринтеров, между микстами и стайерами статистически значимо отличался только среди юношей эктоморфного типа. В то же время уровень кистевой мышечной выносливости стайеров всех соматотипов существенно и достоверно превышал аналогичные показатели юношей микстов и спринтеров при отсутствии различий между соматотипами. Важно подчеркнуть, что описанные параметры – мышечная сила и выносливость кистей – зависели в большей степени от типа функционального реагирования, чем от соматотипа.

Анализ вегетативной регуляции (Индекс Кердо) показал тенденцию к преобладанию симпатикотонии у юношей эктоморфного соматотипа во всех группах функционального реагирования, тогда как у эндо- и мезоморфов всех функциональных типов наблюдалась тенденция к ваготонии.

Исследование функционального состояния сердечно-сосудистой системы в покое не выявило статистически значимых различий ЧСС между юношами разных индивидуально-типологических групп. Однако после нагрузки пульс был достоверно выше у стайеров эндоморфного соматотипа по сравнению с эктоморфным, что, вероятно, отражает их меньшие функциональные резервы.

Представляло интерес оценить, сколько времени тратили юноши разных типов для достижения ЧСС равной 170 и какой скорости тредбана при этом достигали, что соответствует значениям пульса при переходе в анаэробную зону энергообеспечения мышечной работы. Известно, что анаэробный порог (АнП), который определяется при концентрации лактата в крови 4 ммоль/л, и максимальная ЧСС являются важными маркерами физической работоспособности [12, 14, 15], поэтому удобно оценивать энергетические процессы в мышцах во время выполнения физической нагрузки неинвазивным, но в то же время достаточно информативным физиологическим показателем ЧСС равным 170 уд/мин.

Среди микстов юноши эндоморфного типа уступали эктоморфам по достигнутой скорости тредбана в момент перехода в анаэробную зону, при этом в группе с преобладанием мезоморфии стайеры значимо превосходили микстов. Время, затраченное юношами в аэробном режиме на достижение ЧСС равной 170 уд/мин, у спринтеров всех соматотипических групп было меньше, чем у стайеров и микстов. У юношей всех типов реагирования это время увеличивалось от эндоморфного соматотипа к мезоморфному и далее к эктоморфному типу, что может свидетельствовать о более высокой аэробной производительности эктоморфов. При этом стайеры всех соматотипов достигали более высокой ступени тредбана до отказа, чем спринтеры и миксты, тогда как скорость движения полотна существенно не различалась между группами. Следовательно, как соматотип, так и тип функционального реагирования влияли на соотношение аэробных и анаэробных механизмов энергообеспечения физической активности.

Правильная трактовка показателей сердечно-сосудистой системы, в частности АД, может оказаться существенным фактором оценки высокой работоспособности и резервных возможностей человека в экстремальных состояниях тестирования до отказа [3, 12]. Измерение артериального давления у юношей разных типов в покое не выявило отличий между исследуемыми группами, однако после физической нагрузки до отказа стайеры мезоморфного типа, вероятно, из-за большего объема выполненной работы на тредбане имели достоверно более высокие показания систолического артериального давления (САД), чем эндоморфы этого же типа функционального реагирования.

Несмотря на некоторые морфофункциональные отличия между юношами разных соматотипов и типов реагирования, суммарная работа на тредбане статистически не отличалась между группами обследуемых с разными индивидуально-типологическими характеристиками, и только юноши-миксты всех соматотипических групп на уровне тенденции имели более низкие результаты по сравнению со сверстниками из крайних типов реагирования.

По величине пройденного пути студенты экто- и мезоморфного соматотипов имели тенденцию к преодолению большего расстояния (или к более высоким результатам), а стайеры этих соматотипов достоверно превышали по данному показателю юношей эндоморфного типа. При этом, среди всех юношей наблюдались значимые отличия между соматотипическими группами по пройденному расстоянию – увеличение от эндоморфов до эктоморфов, а стайеры превосходили микстов и спринтеров во всех соматотипических группах.

Выполнение теста приводило к некоторой потере массы тела: в абсолютных значениях достоверных отличий между группами не отмечалось, а в относительных (% от исходной массы тела) юноши эндоморфного соматотипа имели несколько меньшую потерю, чем эктоморфы и, особенно, мезоморфы.

Заключение. Юноши мезоморфного типа имели большее количество спринтеров, а среди студентов эктоморфного соматотипа наблюдали преобладание стайеров. Юноши эндоморфного соматотипа при выполнении физической нагрузки на тредбане уступали по объему выполненной работы и количеству пройденных ступенек до отказа обследуемым мезоморфного и, особенно, эктоморфного соматотипов. Юноши спринтерского и стайерского типов функционального реагирования всех соматотипов показали более высокие результаты физической работоспособности по сравнению с микстами. Стайеры мезо- и эктоморфного соматотипов на энергетическом уровне выделялись относительно юношей эндоморфного соматотипа и остальных групп реагирования более высоким функциональным резервом и вкладом аэробных механизмов при выполнении физической работы. Результаты исследования показали значимость оценки соматотипа и типа функционального реагирования для характеристики разных показателей физической работоспособности, что может служить предикторами успешности юношей при занятиях циклическими видами спорта.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никитюк, Б.А. Интеграция знаний в науке о человеке / Б.А. Никитюк. – М.: Спортакадемпресс, 2000. – 400 с.
2. Burnley, M. Power-duration relationship: Physiology, fatigue, and the limits of human performance / M. Burnley, A.M. Jones // European Journal of Sport Science. – 2018. – Vol. 18. – № 1. – P. 1–12.
3. Приходько, А.Ю. Комплексная оценка критериев успешного прогноза спортивных результатов в циклических видах спорта / А.Ю. Приходько, В.М. Климов, Р.И. Айзман // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21. – № 3. – С. 137–146.
4. Body physique and dominant somatotype in elite and low-profile athletes with different specializations / B. Gutnik, A. Zuoza, I. Zuoziene [et al] // Medicina. – 2015. – Vol. 51. – P. 247.
5. Головин, М.С. Влияние физических нагрузок на изменения глюкозы и лактата крови спортсменов с разным типом реагирования нервно-мышечного аппарата / М.С. Головин // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация. – 2022. – Т. 7. –№3.–С.77–81.
6. Приходько, А.Ю. Анализ физической работоспособности мужчин разных соматотипов при выполнении ступенчатого теста до отказа на тредбане / А.Ю. Приходько, С.Н. Герасимов, Р.И. Айзман // Современные вопросы биомедицины. – 2023. – Т. 7. – № 4. DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_04_16
7. Carter, J.E.L. Somatotyping Development and Applications / J.E.L. Carter, B.H. Heath. – Camb-

ridge: Cambridge University Press: 1990. – 503 p.
8. New strategy for somatotype assessment using bioimpedance analysis in adults / A. Bertuccioli, S.D. Zeppa, S.A. Amatori [et al] // The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. – 2022. – Vol. 62. – No. 2. – P. 296–297.
9. Казначеев, В.П. Адаптация и конституция человека / В.П. Казначеев, С.В. Казначеев. – Новосибирск: Наука. Сиб. Отделение,1986. – 122 с.
10.Деревцова, С.Н. Калиперометрия и ультразвуковое исследование в изучении подкожной основы у юношей / С.Н. Деревцова, А.А. Романенко, В.П. Ефремова // Вестник новых медицинских технологий. – 2020. – № 3. – С. 69–73.
11.Кальбердин, И.С. Сезонная динамика вегетативных характеристик студентов, занимающихся спортом / И.С. Кальбердин, А.Н. Инюшкин // Современные вопросы биомедицины. – 2023. – Т. 7. – № 2. DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_02_11
12.Метод определения анаэробного порога по динамике ЧСС в процессе работы и восстановления при выполнении теста нарастающей мощности до отказа / А.В. Козлов, А.В. Якушкин, Р.С. Андреев [и др.] // Физиология человека. – 2019. – Т. 45. – № 2. – С. 78–86.
13.Баянкина, Д.Е. Некоторые методические и практические аспекты определения анаэробного порога / Д.Е. Баянкина, Ю.А. Князева, И.М. Смокотнина // Известия Тульского государственного университета. Физическая культура. Спорт. – 2021. – № 2. – С. 56–61.
14.Скелетные мышцы и физическая работоспособность человека / А.А. Мельников, В.Д. Сонькин, Е.В. Фомина, А.В. Козлов. – Москва: РУС «ГЦОЛИФК», 2023. – 260 с.
15.Приходько, А.Ю. Морфофункциональные и биохимические особенности юношей с разным типом реагирования нервно-мышечного аппарата / А.Ю. Приходько, М.С. Головин, Р.И. Айзман // Человек. Спорт. Медицина. – 2024. – Т. 24. – № 3. – С. 53–62.

REFERENCE

1. Nikityuk B.A. Integration of knowledge in human science. Moscow: Sportakadempress, 2000. 400 p. (in Russ.)
2. Burnley M., Jones A.M. Power-duration relationship: Physiology, fatigue, and the limits of human performance. *European Journal of Sport Science*, 2018, vol. 18, no. 1, pp. 1–12.
3. Prikhod'ko A.Yu., Klimov V.M., Aizman R.I. Comprehensive assessment of prognostic criteria in cyclic sports. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 3, pp. 137–146. (in Russ.)
4. Gutnik B., Zuoza A., Zuoziene I. Body physique and dominant somatotype in elite and low-profile athletes with different specializations. *Medicina*, 2015, vol. 51, pp. 247.
5. Golovin, M.S. Influence of physical training on the glucose and blood lactate of athletes with different types of the neuro-muscular functioning. *Physical Culture. Sport. Tourism. Motor recreation*, 2022, vol. 7, no. 3. pp. 77–81. (in Russ.)
6. Prikhod'ko A.Yu., Gerasimov S.N. Aizman R.I. Analysis of physical performance of men with different somatotypes when performing a step test to failure on a treadmill. *Modern Issues of Biomedicine*, 2023, vol. 7, no. 4. DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_04_16 (in Russ.)
7. Carter J.E.L., Heath B.H. Somatotyping Development and Applications. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1990. 503 p.
8. Bertuccioli A., Zeppa S.D., Amatori S.A., Moricoli S., Fortunato R., DI Pierro F, Perroni F, Rocchi MB, Ferri Marini C, Lucertini F, Stocchi V, Sisti D. A new strategy for somatotype assessment using bioimpedance analysis in adults. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2022, vol. 62, no. 2, pp. 296–297.
9. Kaznacheev V.P., Kaznacheev S.V. Adaptation and the human constitution. Novosibirsk: Nauka, 1986, 122 p (in Russ.)
10.Derevtsova S.N., Romanenko A.A., Efremova V.P., Evdokimova E.Yu., Sindeeva L.V., Nikel V.V., Gorbunov N.S., Medvedeva N.N. Subcutaneous adipose tissue variability in young men with different morphotypes. *Journal of New Medical Technologies*, 2020, no. 3, pp. 69–73. (in Russ.)
11.Kal'berdin I.S., Inyushkin A.N. Seasonal dynamics of the autonomic characteristics of students who play sports. *Modern Issues of Biomedicine*, 2023, vol. 7, no. 2. DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_02_11 (in Russ.)
12.Kozlov A.V., Yakushkin A.V., Andreev R.S., Vavaev A.V., Yurikov R.V., Sonkin V.D. A Method for the evaluation of anaerobic threshold based on heart rate dynamics during incremental exercise test and recovery. *Human Physiology*, 2019, vol. 45, no. 2, pp. 180–187. (in Russ.)
13.Bayankina D.E., Knyazeva Yu.A., Smokotnina I.M. Some methodological and practical aspects of determining the anaerobic threshold. *Izvestiya Tula State University. Physical culture. Sport*, 2021, no. 2, pp. 56–61. (in Russ.)
14.Melnikov A.A., Sonkin V.D., Fomina E.V., Kozlov A.V. Skeletal muscles and human physical performance. Moscow: RUS "GTSOLIFK", 2023. 260 p. (in Russ.)
15.Prikhod'ko A.Yu., Golovin M.S., Aizman R.I.

Morphofunctional and biochemical features of young males with different neuromuscular responses. *Human. Sport. Medicine,* 2024, vol. 24, no. 3, pp. 53–62. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Антон Юрьевич Приходько – младший научный сотрудник ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора. Новосибирск, e-mail: toni.prikhodko.10@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8301-4533.
Роман Иделевич Айзман – доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, главный научный сотрудник ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора; профессор кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности, НГПУ, Новосибирск, e-mail: aizman.roman@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-7776-4768.
Ирина Игоревна Новикова – доктор медицинских наук, профессор, директор ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора, Новосибирск, e-mail: novikova_ii@niig.su.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Anton Yu. Prikhod'ko – Junior Researcher, Novosibirsk Research Institute of Hygiene, Novosibirsk, e-mail: toni.prikhodko.10@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8301-4533.
Roman I. Ajzman – Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Chief Researcher, Novosibirsk Research Institute of Hygiene; Professor of the Department of Anatomy, Physiology and Life Safety, Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, e-mail: aizman.roman@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-7776-4768.
Irina I. Novikova – Doctor of Medical Sciences, Professor, Director of the Novosibirsk Research Institute of Hygiene, Novosibirsk, e-mail: novikova_ii@niig.su.

Для цитирования: Приходько, А.Ю. Уровень физической работоспособности юношей с разными типологическими характеристиками после максимальной ступенчатой тредбанометрии / А.Ю. Приходько, Р.И. Айзман, И.Н. Новикова // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_14

For citation: Prikhod'ko A.Yu., Ajzman R.I., Novikova I.I. Physical performance level of young men with different typological characteristics after maximal treadmill stress test. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_14

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_15
УДК 612.821+378.184

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_15
UDC 612.821+378.184

ВЛИЯНИЕ ВЕРБАЛЬНЫХ СТИМУЛОВ РАЗЛИЧНОЙ ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ ЗНАЧИМОСТИ НА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС БУДУЩИХ ВРАЧЕЙ

О.И. Слаповская, В.В. Русаков, А.Г. Патюков, А.Ю. Комаров
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Омск, Россия

Аннотация. Обучение в медицинском вузе так же, как и дальнейшая практическая деятельность врача сопровождаются значительными эмоциональными и физическими нагрузками. Статья посвящена изучению влияния вербальных стимулов различной эмоциональной значимости на психологический и вегетативный статус студентов-медиков – будущих врачей. Установлено, что отрицательные эмоционально-окрашенные вербальные стимулы способствуют повышению функции внимания, что должно позитивно отразиться на дальнейшей профессиональной деятельности при принятии корректных решений в сложных условиях труда медицинского работника. Активация работы симпатического отдела вегетативной нервной системы отмечена в разных психоэмоциональных ситуациях, что способствует мобилизации энергетических ресурсов организма при осуществлении сложной учебной и трудовой деятельности.
Ключевые слова: эмоционально-значимые ситуации, вербальные стимулы, внимание, вегетативные функции.

INFLUENCE OF VERBAL STIMULI OF DIFFERENT EMOTIONAL SIGNIFICANCE ON PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATUS OF FUTURE DOCTORS

O.I. Slapovskaya, V.V. Rusakov, A.G. Patyukov, A.Yu. Komarov
Omsk State Medical University, Omsk, Russia

Abstract. Studying in a medical university as well as further practical activity of a doctor is accompanied by significant emotional and physical stress. The article is devoted to the study of the influence of verbal stimuli of different emotional significance on the psychological and vegetative status of medical students - future doctors. It is established that negative emotionally colored verbal stimuli contribute to the increase of attention function, which should positively affect further professional activity in making correct decisions in difficult working conditions of a medical worker. Activation of the sympathetic part of the autonomic nervous system was noted in different psychoemotional situations, which contributes to the mobilization of the body's a
Keywords: emotionally significant situations, verbal stimuli, attention, and autonomic functions.

Введение. В настоящее время любая учебная и трудовая деятельность человека связана с постоянными и значительными как ментальными, так и физическими нагрузками. Профессия врача всегда остается престижной и востребованной [1, 2], но обучение в медицинском вузе так же, как и дальнейшая практическая деятельность врача любой специальности, коррелирует с огромным количеством межличностных контактов с пациентами, их родственниками, коллегами, а также с моральной ответственностью за здоровье каждого человека, обратившегося за медицинской помощью. Врач очень часто попадает в сложные ситуации, которые заставляют его быстро принимать жизненно-необходимые решения, выстраивать корректный алгоритм действий, а иногда − переживать и сомневаться. Такие психоэмоциональные нагрузки способны в разной степени влиять на психофизиологическое состояние профессионала, что сопровождается как изменением состояния умственных функций, так и изменением энергетических ресурсов организма [3, 4]. Так как слово является одним из ведущих стимулов, влияющих на эмоциональное состояние человека [5], а через него и на

физиологическое состояние, то несомненный интерес представляет изучение особенностей умственной деятельности и состояния вегетативных функций у будущих врачей в различных эмоционально-значимых ситуациях, смоделированных влиянием вербальных раздражителей разной эмоциональной окраски.

Целью настоящей работы является исследование влияния вербальных раздражителей различной эмоциональной значимости на психофизиологический статус будущих врачей.

Для реализации цели поставлены следующие задачи:

1. Изучить особенности функции внимания, изменения величины вегетативных показателей у студентов-медиков под влиянием текста с отрицательной эмоциональной направленностью.

2. Изучить особенности функции внимания, изменения величины вегетативных показателей у студентов-медиков под влиянием текста с положительной эмоциональной направленностью.

Методы и организация исследования. В исследовании добровольно приняли участие 50 студентов второго курса лечебного факультета Омского государственного медицинского университета в возрасте от 18 до 20 лет. Различия по половому признаку не учитывались. Исследование проводилось в первой половине дня: в состоянии покоя респондентов и после прочтения текстов разной эмоциональной значимости. В качестве текста с отрицательной эмоциональной направленностью использовался текст о событиях Второй Мировой войны (деятельность концентрационных лагерей). Рубрика «Смехотерапия» из местной профильной прессы послужила текстом с положительной эмоциональной значимостью.

Для изучения функции внимания применялась модификация корректурной пробы Бурдона [6, 7]. Исследование проводилось с помощью специальных бланков с рядами расположенных в случайном порядке букв. Будущим врачам предлагалось в течение семи минут ряд за рядом просмотреть буквы, вычеркивая и подчеркивая определенные, указанные в инструкции. Объем выполненной работы контролировался каждую минуту с акцентом на первую, четвертую и седьмую минуты. Показатель точности для каждой минуты высчитывали по формуле:

$$A = (C-W) / (C+O), \quad (1)$$

где C – общее количество зачеркнутых и подчеркнутых букв;

W – число ошибочно зачеркнутых или подчеркнутых букв;

O – количество ошибочно пропущенных букв.

Уровень артериального давления определяли непрямым методом Н.С. Короткова [8]. Для корректной и быстрой регистрации частоты сердечных сокращений и частоты дыхания использовались возможности полиграфа «Энцефалан-131-03», который позволяет регистрировать физиологические сигналы по нескольким полиграфическим каналам. Частоту сердечных сокращений оценивали в первом стандартном отведении на четвертом полиграфическом канале. Для оценки частоты дыхания дыхательный датчик накладывался на область диафрагмы респондентов, запись проводилась на втором полиграфическом канале [9].

Статистическую обработку результатов исследования проводили с использованием компьютерной программы «Биостат». Достоверность различий оценивалась с помощью парного критерия Стьюдента. Различия считались статистически достоверными при критическом уровне значимости $p \leq 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. В результате нашего исследования было установлено, что под влиянием прочтения текстов различной эмоциональной значимости в начальный и заключительный периоды умственной работы студентов-медиков с бланками корректурных проб – первая и седьмая минута корректуры – изменений функции внимания по сравнению с аналогичной работой в состоянии покоя у будущих врачей не отмечено. В середине работы – четвертая минута тестирования – после прочтения текста отрицательной эмоциональной направленности (деятельность концентрационных лагерей во время Второй Мировой войны), показатель точности внимания у будущих врачей достоверно возрастал по сравнению с аналогичным показателем состояния покоя (табл. 1).

Таблица 1

Состояние функции внимания у студентов-медиков под влиянием вербальных раздражителей различной эмоциональной значимости, M±m

Показатель точности (А)	Покой	Отрицательный текст	P<	Положительный текст	P<
Первая минута	138,6±15,46	135,7±13,7	0,479	132,1±7,106	0,504
Четвертая минута	119,9±17,64	139,3±15,01	0,050	130,7±11,15	0,328
Седьмая минута	123,7±15,08	136,5±16,49	0,254	129,4±13,1	0,392

Как видно из таблицы 2, показатели артериального давления (АД) – систолического (САД) и диастолического (ДАД) у исследуемых после прочтения текста о деятельности концентрационных лагерей (отрицательная эмоциональная значимость) достоверно не изменились. Выдержки из рубрики «Смехотерапия» вызвали тенденцию к подъему как систолического, так и диастолического артериального давления.

Таблица 2

Показатели величины артериального давления у студентов-медиков под влиянием вербальных раздражителей различной эмоциональной значимости, M±m

Показатели АД	Покой	Отрицательный текст	P<	Положительный текст	P<
САД, мм рт. ст.	100,5±3,202	103±3,091	0,322	104,5±2,93	0,104
ДАД, мм рт. ст.	76±2,963	79±3,232	0,329	81,5±2,587	0,102

Примечание: АД – артериальное давление, САД – систолическое артериальное давление, ДАД – диастолического артериальное давление.

Частота сердечных сокращений у студентов-медиков после прочтения текстов отрицательной и положительной эмоциональной значимости имела тенденцию к повышению значений по сравнению с состоянием покоя. Тексты (словесные раздражители) как отрицательной, так и положительной эмоциональной окраски вызвали достоверное увеличение частоты дыхания у исследуемых по сравнению с аналогичным показателем состояния покоя (табл. 3).

Таблица 3

Показатели частоты сердечных сокращений и дыхания у студентов-медиков под влиянием вербальных раздражителей различной эмоциональной значимости, M±m

Показатели	Покой	Отрицательный текст	P<	Положительный текст	P<
ЧСС/мин	60,8±0,940	70,5±4,418	0,060	64,4±2,647	0,191
ЧД/мин	19,3±0,597	21,4±1,231	0,033	22,5±0,654	0,001

Примечание: ЧСС – частота сердечных сокращений, ЧД – частота дыхания.

Результаты нашего исследования свидетельствуют о разнообразном влиянии вербальных раздражителей отрицательной и положительной эмоциональной окраски на психофизиологический статус человека. Отрицательные эмоционально-окрашенные словесные стимулы способствуют повышению функции внимания (повышение показателя точности), что может быть связано с активацией деятельности как фронтальной коры, так и ее височных областей [10]. Этот феномен должен позитивно отразиться на будущей профессиональной деятельности студентов-медиков при принятии корректных решений в сложных психоэмоциональных обстоятельствах.

Тенденция к подъему систолического и диастолического артериального давления на фоне прочтения позитивного текста, изменение частоты сердечных сокращений в сторону повышения значений, учащение частоты дыхательных движений на фоне

прослушивания как негативных, так и позитивных текстов объясняются активацией симпатического отдела вегетативной нервной системы в данной ситуации [11]. Это способствует мобилизации энергетических ресурсов организма, что немаловажно во время дальнейшей учебной деятельности в медицинском вузе и при реализации тяжелых профессиональных обязанностей медицинского работника. Полученные результаты необходимо учитывать при обучении студентов в высшем медицинском учебном заведении и в дальнейшей профессиональной деятельности врача с целью прогнозирования психофизиологических реакций специалиста на различные эмоционально-значимые ситуации.

Заключение. Вербальные стимулы различной эмоциональной значимости способны в разной степени влиять на психофизиологический статус человека. Негативные вербальные раздражители способствуют повышению функции внимания у студентов-медиков, что необходимо при принятии корректных и быстрых решений как во время учебы в университете, так и при осуществлении врачебной деятельности в будущем. Подобные раздражители отражаются на деятельности и внутренних органов, способствуя мобилизации энергетических ресурсов организма. При воздействии позитивных вербальных раздражителей установлены вегетативные изменения, свидетельствующие о преобладании симпатического влияния на организм, изменений в психологическом состоянии не выявлено. Все это необходимо учитывать при дальнейшем обучении студентов в медицинском университете, а также во время будущей активной врачебной деятельности с целью прогнозирования психофизиологических реакций специалиста на различные эмоционально-значимые ситуации, и разработки путей их коррекции.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мотивы выбора профессии врача представителями разных поколений / М.Н. Носова, О.В. Носова, О.П. Фадеева, И.И. Шахматов // Современные проблемы науки и образования. – 2019. – № 6. – URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=29325 (дата обращения: 16.01.2025).
2. Суровцева, К.А. О мотивации выбора профессии врача / К.А. Суровцева, Т.А. Андронова, Г.Д. Бондарь // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2019. – № 2. – С. 53–56.
3. Влияние нервно-эмоциональной напряженности трудового процесса на организм педагогических и медицинских работников / И.А. Мишкич, Е.А. Баймаков, О.И. Юшкова [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2021. – Т. 61. – № 4. – С. 218–223.
4. Физиологические особенности формирования психоэмоционального перенапряжения у работников умственного труда и его профилактика / И.В. Бухтияров, О.И. Юшкова, В.В. Матюхин [и др.] // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2014. – Т. 100. – № 11. – С. 1324–1334.
5. Михалькова, Е.И. Эмоциональные состояния личности: понятия, сущность, классификация / Е.И. Михалькова, С.А. Радченко // Молодой ученый. – 2023. – № 34 (481). – С. 127–136.
6. Лурия, А.Р. Основы нейропсихологии: учебное пособие / А.Р. Лурия. – Москва: Академия, 2013. – 384 с.
7. Рубинштейн, С.Я. Экспериментальные методики патопсихологии и опыт применения их в клинике / С.Я. Рубинштейн. – Москва: Апрель-Пресс; Психотерапия, 2004. – 220 с.
8. Физикальные методы исследования: практикум / Э.А. Доценко, М.Н. Антонович, Г.М. Хващевская [и др.]. – Минск:БГМУ,2020.–128 с.
9. Электроэнцефалограф-анализатор ЭЭГА-21/26 «Энцефалан-131-03». Электрофизиологическое исследование: руководство пользователя. – Таганрог: Медиком МТД, 2005. – 226 с.
10. Лурия, А.Р. Высшие корковые функции человека и их нарушения при локальных поражениях мозга / А.Р. Лурия. – Москва: Издательство Московского университета, 1969. – 504 с.
11. Семилетова, В.А. Психофизиологические особенности студентов с разным вегетативным статусом / В.А. Семилетова, Ю.Р. Хренова, М.В. Рыбалова // Вестник новых медицинских технологий: электронный журнал. – 2016. – № 3. – URL: http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-3/2-8.pdf (дата обращения: 16.01.2025).

REFERENCES

1. Nosova M.N., Nosova O.V., Fadeeva O.P., Shakhmatov I.I. Motives of different generations representatives for choosing of a doctor's profession. *Modern Problems of Science and Education*, 2019, no. 6. Available at: https://science-education.ru/ru/article/view?id=29325 (accessed 16.01.2025). (in Russ.)
2. Surovtseva K.A., Andronova T.A., Bondar G.D. About motivation the choice of the medical profession. *International Journal of Applied and Fundamental Research*, 2019, no. 2, pp. 53–56. (in Russ.)
3. Mishkich I.A., Baymakov E.A., Yushkova O.I., Zaytseva A.V., Oniani H.T. Influence of the nervous and emotional tension of the labor process on the body of pedagogical and medical workers. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*, 2021, vol. 61, no. 4, pp. 218–223. (in Russ.)
4. Bukhtiyarov I.V., Yushkova O.I., Matyukhin V.V., Kuzmina L.P., Kapustina A.V., Poroshenko A.S., Kalinina S.A., Oniani Ch.T. The physiological features of overstrain formation in mental work and its prevention. *Russian Journal of Physiology*, 2014, vol. 100, no. 11, pp. 1324–1334. (in Russ.)
5. Mihal'kova E.I., Radchenko S.A. Emotional states of personality: concepts, essence, classifycation. *Young Scientist*, 2023, no. 34 (481), pp. 127–136. (in Russ.)
6. Lurija A.R. Fundamentals of neuropsychology: textbook. 8 stereotyp. ed. Moscow: Academia, 2013, 384 p. (in Russ.)
7. Rubinshtejn S.Ya. Experimental methods of pathopsychology and experience of using them in the clinic. Moscow: Aprel'-Press; Psikhoterapiya, 2004, 220 p. (in Russ.)
8. Docenko Je.A., Antonovich M.N., Hvashevskaja G.M., Burakov I.I., Sholkova M.V., Poljakova E.O., Novikova T.P., Zaharova A.G., Repina Yu.V., Sushkevich A.V., Pikun Ju.V. Physical research methods: workshop. Minsk: BGMU, 2020, 128 p.
9. Electroencephalograph-analyzer EEGA-21/26 "Encephalan-131-03". Electrophysiology Study: user's guide. Taganrog: Medicom MTD,2005,226 p. (in Russ.)
10. Lurija A.R. Higher cortical functions of humans and their disturbances in local brain lesions. Moscow: Moscow University Press, 1969, 504 p. (in Russ.)
11. Semiletova V.A., Khrenova Yu.R., Rybalova M.V. Psycho-physiological caracteristics in the students with different vegetative status. *Journal of new medical technologies*, 2016, no. 3. Available at: http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-3/2-8.pdf (accessed 16.01.2025). (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Оксана Игоревна Слаповская – доцент кафедры нормальной физиологии, ФГБОУ ВО Омский Государственный медицинский университет, Омск, e-mail: cher.73@mail.ru.
Владимир Валентинович Русаков – заведующий кафедрой нормальной физиологии, ФГБОУ ВО Омский Государственный медицинский университет, Омск, e-mail: vvrusakov@mail.ru.
Александр Георгиевич Патюков – профессор кафедры нормальной физиологии, ФГБОУ ВО Омский Государственный медицинский университет, Омск, e-mail: patyukov.a@mail.ru.
Александр Юрьевич Комаров – доцент кафедры нормальной физиологии, ФГБОУ ВО Омский Государственный медицинский университет, Омск, e-mail: alekom70@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Oksana I. Slapovskaya – Associate Professor of the Department of Normal Physiology, Omsk State Medical University, Omsk, e-mail: cher.73@mail.ru.
Vladimir V. Rusakov – Head of the Department of Normal Physiology, Omsk State Medical University, Omsk, e-mail: vvrusakov@mail.ru.
Aleksandr G. Patyukov – Professor of the Department of Normal Physiology, Omsk State Medical University, Omsk, e-mail: patyukov.a@mail.ru.
Aleksandr Yu. Komarov – Associate Professor of the Department of Normal Physiology, Omsk State Medical University, Omsk, e-mail: alekom70@mail.ru.

Для цитирования: Влияние вербальных стимулов различной эмоциональной значимости на психофизиологический статус будущих врачей / О.И. Слаповская, В.В. Русаков, А.Г. Патюков, А.Ю. Комаров // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_15

For citation: Slapovskaya O.I., Rusakov V.V., Patyukov A.G., Komarov A.Yu. Influence of verbal stimuli of different emotional significance on psychophysiological status of future doctors. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_15

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_16
УДК 612.17

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_16
UDC 612.17

ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛЯЦИИ И ОРТОСТАТИЧЕСКОЙ РЕАКТИВНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У РОССИЙСКИХ И ТУРКМЕНСКИХ СТУДЕНТОВ

В.О. Ступин, А.В. Трясучев, Е.В. Курьянова
Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева», г. Астрахань, Россия

Аннотация. Проведен анализ вариабельности сердечного ритма в положении лежа (исходное состояние) и при ортостазе у российских и туркменских студентов-первокурсников обоих полов в начале второго учебного семестра. У российских юношей-первокурсников при ортостазе частота сердечных сокращений повышается с 73 до 94 уд/мин ($p<0,01$), индекс напряжения – со 168 до 257 усл. ед., мощность HF-волн снижается с 1148 до 583 мс^2, LF-волн – повышается с 654 до 811 мс^2, индекс централизации увеличивается до 1,37 усл. ед. У туркменских юношей частота сердечных сокращений при ортостазе повышается с 65-70 до 84 уд/мин, индекс напряжения – со 100 до 137 усл. ед., мощность HF-волн снижается с 1200 до 1000 мс^2, LF-волн – повышается с 411 до 540 мс^2, индекс централизации остается ниже 1. У российских и туркменских девушек при ортостазе частота сердечных сокращений поднимается с 70 до 92 уд/мин, индекс напряжения – со 161-133 до 190-199 усл. ед., показатели вариабельности остаются более высокими у туркменских девушек. Мощность HF-волн сокращается у россиянок на 895 мс^2, у туркменок – на 964 мс^2, мощность LF-волн повышается на 128 мс^2 и на 21 мс^2 соответственно. Следовательно, организм туркменских студентов имеет достаточно высокие функциональные возможности системы регуляции ритма сердца для изменения работы сердца при различных нагрузках.
Ключевые слова: вариабельность сердечного ритма, ортостатическая проба, вегетативная реактивность, российские студенты, туркменские студенты, функциональные резервы.

FEATURES OF HEART RATE REGULATION AND ORTHOSTATIC REACTIVITY OF RUSSIAN AND TURKMEN STUDENTS

V.O. Stupin, A.V. Tryasuchev, E.V. Kur'yanova
Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev, Astrakhan, Russia

Abstract. The authors conducted the analysis of heart rate variability in supine (initial state) and vertical positions in Russian and Turkmen first-year students of both genders at the beginning of the second academic semester. In Russian first-year students, heart rate increases from 73 to 94 beats/min ($p<0.01$), stress index – from 168 to 257 c.u., the power of high-frequency waves decreases from 1148 to 583 ms^2, the power of low-frequency waves increases from 654 to 811 ms^2, and index of centralization increases to 1,37 c.u. In Turkmen young men, heart rate in a vertical position increases from 65-70 to 84 beats/min, stress index – from 100 to 137 c.u., the power of high-frequency waves decreases from 1200 to 1000 ms^2, the power of low-frequency waves increases from 411 to 540 ms^2, and index of centralization remains below 1. In Russian and Turkmen girls, heart rate rises from 70 to 92 beats/min, stress index – from 161-133 to 190-199 c.u., variability indicators remain higher in Turkmen girls. The power of high-frequency waves decreases by 895 ms^2 in Russian girls and by 964 ms^2 in Turkmen girls, while the power of low-frequency waves increases by 128 ms^2 and 21 ms^2 respectively. Consequently, the body of Turkmen students has sufficiently high functional capabilities of the heart rate regulation system for altering the work of the heart under various loads.
Keywords: heart rate variability, orthostatic test, autonomic reactivity, Russian students, Turkmen students, functional reserves.

Введение. Проблема адаптации иностранных студентов к обучению в новых социокультурных и климатических условиях является актуальной в любом высшем учебном заведении. Специфические условия учебной деятельности, наличие языкового барьера создают стрессорную нагрузку, что предъявляет повышенные

требования к состоянию здоровья и резервным возможностям организма. Анализ ВСР часто используется для оценки регуляторных влияний на работу сердца и функциональных резервов системы регуляции. Для исследования адаптационных возможностей организма используют функциональные пробы (физическая нагрузка, изменение положения тела в пространстве, дыхательные пробы и т.д.), изменения ВСР в условиях таких проб позволяют оценить степень вегетативных сдвигов и судить о функциональных резервах системы регуляции [1-4]. В Астраханском государственном университете в последние годы обучаются студенты из Туркменистана, однако до сих пор изучением их функциональных показателей и адаптационных возможностей не занимались, в литературе имеются единичные сведения об этой группе студентов, при том, что потребность в таких исследованиях вполне очевидна и имеет практическое значение.

Цель настоящего исследования – выявить особенности регуляции и ортостатической реактивности сердечного ритма у российских и туркменских юношей и девушек-студентов.

Методы и организация исследования. В исследовании приняли участие 67 первокурсников агробиологического факультета Астраханского государственного университета им. В.Н. Татищева в возрасте 18-20 лет, из которых 40 студентов (17 юношей и 23 девушки) прибыли на обучение из Республики Туркменистан и 27 российских студентов (12 юношей и 15 девушек). Все исследования выполнены с личного согласия студентов. В обследовании участвовали студенты, не имевшие хронических заболеваний и находившиеся по субъективной оценке в хорошем самочувствии. Обследование проходило в марте 2024 года с 10 до 14 ч дня, в условиях научной лаборатории, вдали от постороннего шума и помех.

ЭКГ регистрировали на аппаратно-программном комплексе «Варикард» (Рамена, Россия) во втором стандартном отведении при соблюдении стандартной процедуры регистрации. Анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР) выполняли в программе «ИСКИМ6» на 5-минутных отрезках RR-интервалов с расчетом ЧСС (уд/мин), ΔX (мс) – вариационного размаха длительности RR-интервалов, АМо (%) – амплитуды моды – доли кардиоинтервалов, входящих в модальный класс вариационного ряда, от общего числа кардиоинтервалов, RMSSD (мс) – квадратного корня из среднего квадрата разности значений соседних RR-интервалов, SDNN (мс) – стандартного отклонения всех RR-интервалов от среднего значения в ряду. Индекс напряжения – ИН (усл. ед.) находили по формуле: ИН = (АМо/2 х ΔX х Мо). Спектральный анализ выполняли в двух диапазонах: HF (0,5-0,15 Гц), LF (0,15-0,001 Гц), анализировали абсолютные мощности волн ($мс^2$). Рассчитывали индекс централизации ИС (усл. ед.) по формуле: ИС=LF/HF [5].

Все показатели ВСР определяли у студентов-первокурсников в положении лежа, расцениваемом как исходное, и сразу после перехода в положение стоя, то есть при выполнении активной ортостатической пробы, применение которой эффективно для определения реактивности вегетативной нервной системы и оценки функциональных резервов [1, 6, 7].

Полученные данные были подвергнуты статистической обработке в программе Statistica 10. Достоверность различий оценивали по U-критерию Манна-Уитни. Различия между средними считали статистически значимыми при $p<0,05$. В таблицах и на диаграммах приведены средние значения показателей (M) и ошибки средних (m).

Результаты исследования и их обсуждение. Согласно полученным данным (табл. 1, рис. 1) у российских юношей-первокурсников ЧСС в исходном состоянии составляла в среднем 73-74 уд/мин, из 12 человек у двоих ЧСС превышала 80 уд/мин. ИН был высоким – в среднем 168,8 усл. ед., что указывало на повышенную активность симпатоадреналовых механизмов регуляции, с учетом данных других авторов [1, 8]. ΔX был равен 342 мс, RMSSD – 49,4 мс, SDNN – 58,5 мс, АМо близка к 50%.

Таблица 1

Изменения параметров вариабельности сердечного ритма при ортостатической пробе у российских и туркменских юношей-студентов, M±m

Параметры ВСР	Группы обследованных	В положении лежа	При ортостазе	Среднее отклонение показателей
ЧСС, уд/мин	Российские студенты	73,8±3,8	94,3±3,6**	+20,5±2,4
	Туркменские студенты	69,8±2,9	83,8±3,6***	+14,1±4,1
ΔX, мс	Российские студенты	342,6±60,5	250,3±38,2	–92,4±42,2
	Туркменские студенты	324,7±28,2	299,7±38,7	–25,0±28,8
RMSSD, мс	Российские студенты	49,4±7,3	23,6±2,8**	–25,8±5,7
	Туркменские студенты	65,0±10,4	38,5±10,2**	–26,5±9,2
SDNN, мс	Российские студенты	58,5±7,4	47,3±4,1	–11,4±6,9
	Туркменские студенты	70,2±6,5	61,8±7,1	–8,3±7,1
AMo, %	Российские студенты	47,1±7,4	53,2±6,8	+6,0±7,2
	Туркменские студенты	38,8±5,4	46,5±8,1	+7,7±7,0
ИН, усл. ед.	Российские студенты	168,7±54,5	257,4±69,1	+88,7±44,1
	Туркменские студенты	101,0±35,9	137,4±31,9*	+37,4±41,5
ІС, усл. ед.	Российские студенты	0,57±0,26	1,37±0,2	+0,80±0,21
	Туркменские студенты	0,33±0,04	0,50±0,35	+0,17±0,01

Примечание: ВСР – вариабельность сердечного ритма; ЧСС – частота сердечных сокращений; ΔX – вариационный размах длительности RR-интервалов; RMSSD – квадратный корень из среднего квадрата разности значений соседних RR-интервалов, SDNN – стандартное отклонение всех RR-интервалов от среднего значения в ряду; AMo – амплитуда моды; ИН – индекс напряжения; ІС – индекс централизации; достоверность различий рассчитана по U-критерию Манна-Уитни: $p<0,05$, $p<0,01$, $p<0,001$ – *, **, *** – по сравнению с исходным состоянием.

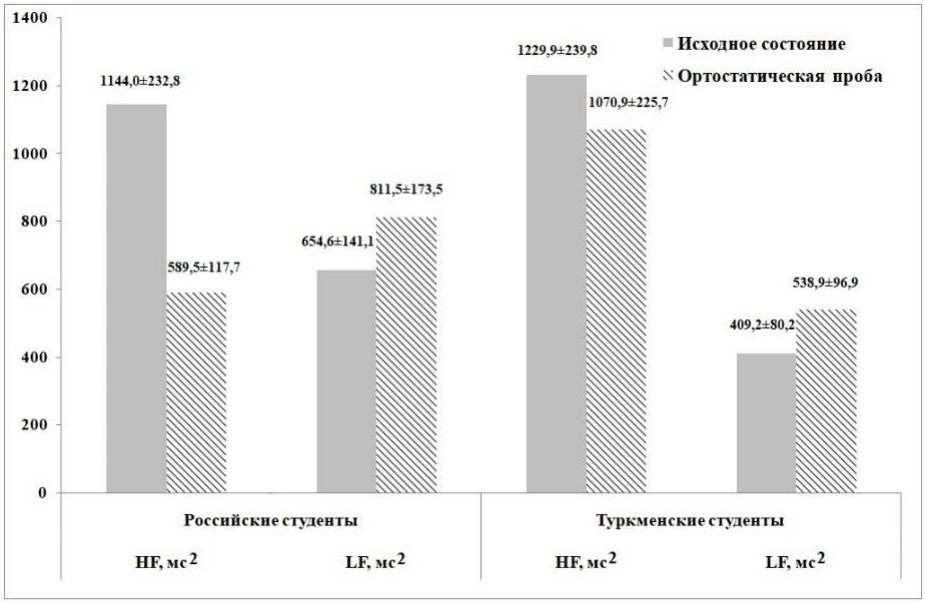


Рис. 1. Изменения спектральных параметров вариабельности сердечного ритма у российских и туркменских юношей-студентов при ортостазе

Примечание: HF – мощность высокочастотных волн; LF – мощность низкочастотных волн

У туркменских юношей-студентов в исходном положении ЧСС колебалась в пределах 65-70 уд/мин, из 17 человек только у 1 юноши ЧСС превышала 80 уд/мин. AMo в среднем составляла 38%. ИН был равен 100-101 усл. ед., т.е. значения были ниже, чем у российских юношей, что указывало на меньшее напряжение симпатоадреналовых механизмов в покое у туркменских студентов. При этом RMSSD и SDNN у туркменских

юношей были несколько выше, следовательно, активность парасимпатического канала регуляции была более высокой, чем у российских студентов.

Как правило, у здоровых людей при переходе из положения лежа в положение стоя ЧСС увеличивается. Это связано с активацией симпатической нервной системы и уменьшением венозного возврата к сердцу, что требует увеличения ЧСС для поддержания адекватного кровообращения. У российских юношей-студентов при ортостазе ЧСС выросла в среднем на 20 уд/мин или до 94 уд/мин ($p<0,01$). В положении стоя у 8 из 12 юношей (у 66%) ЧСС превышала 90 уд/мин. Средний ИН вырос на 88 усл. ед. или до 257 усл. ед. ΔX снизился сразу на 92 мс, также сократились значения SDNN на 11,3 мс и RMSSD на 25,8 мс ($p<0,01$). Иными словами, реакция на ортостаз была ожидаемой и свидетельствовала, согласно [5], о существенном усилении симпатоадреналовых и некотором ослаблении парасимпатических влияний на водитель ритма сердца.

У туркменских юношей-студентов переход в положение стоя вызвал подъем ЧСС в среднем на 14 уд/мин или до 84 уд/мин, что на 10 уд/мин меньше, чем в группе российский юношей. Следует отметить, что из 17 туркменских студентов, только у 5 (у 29%) при ортостазе ЧСС превысила 90 уд/мин. ИН повысился всего на 37 усл. ед. или до 137 усл. ед., что также было меньше, чем у российских юношей. Индексы вариабельности (ΔX, RMSSD, SDNN) снизились, но в меньшей мере, а их абсолютные величины при ортостазе были выше, чем у российских юношей-студентов (табл. 1). Следовательно, реакция на ортостаз у туркменских студентов оказалась слабее, отличалась от реакции организма российских юношей меньшим подъемом ЧСС и ИН, поддержанием более высокой вариабельности ритма сердца, что обычно трактуется как свидетельство меньшей активации симпатоадреналовых механизмов при сохранении активности парасимпатического канала регуляции. Такая реакция обычно рассматривается как более экономичная, свидетельствующая об эффективном управлении функциями сердца и сохранении достаточных функциональных резервов регуляции [5, 9].

Относительно спектральных показателей ВСР (рис. 1), нужно отметить, что у российских юношей мощность HF-волны в положении лежа в среднем составила 1148 мс^2, LF-волны – 654 мс^2. При ортостазе мощность HF-волн снизилась почти на 555 мс^2 или до 583 мс^2, мощность LF-волн ожидаемо повысилась в среднем на 157 мс^2 или до 811 мс^2. Соответственно IC, будучи низким в покое (0,57 усл. ед.), увеличился в 2,4 раза – до 1,37 усл. ед., то есть централизация управления существенно возросла. В отличие от российских у туркменских юношей-студентов мощность HF-волн была немного выше, а мощность LF-волн почти на треть ниже ($p<0,1$) в положении лежа. При ортостазе у туркменских юношей мощность HF-волн снизилась всего на 150 мс^2 и составила почти 1000 мс^2, то есть фактически была в 2 раза выше, чем у российских юношей. Прирост мощности LF-волн оказался также невысоким – на 129 мс^2 или до 540 мс^2, а эта величина была, напротив, ниже, чем у российских юношей. IC увеличился с 0,36 до 0,50 усл. ед., то есть оставался ниже 1, что указывало на отсутствие значимого усиления централизации управления при ортостазе. Очевидно, ортостатическая реактивность ВСР у российских студентов оказалась более высокой и проявилась в заметном ослаблении влияний автономного и усилении влияний центрального контура регуляции, при этом у туркменских юношей ортостатическая реактивность снижена, поскольку сохранилось доминирование автономного контура в регуляции ритма сердца, реакция сосудодвигательного центра была весьма умеренной.

Анализ ВСР девушек показал (табл. 2), что у российских и туркменских студенток ЧСС в положении лежа почти не различалась и находилась в пределах 70-75 уд/мин. Достоверных различий не было и по величине ИН, хотя у туркменок он был несколько ниже. Средние величины всех показателей вариабельности (ΔX, RMSSD, SDNN) у туркменских девушек были выше, чем у российских, однако из-за внутригрупповой изменчивости различия не достигли статистической значимости (табл. 2). Тем не менее, они могли указывать на большую фоновую активность парасимпатического канала

регуляции ритма сердца у девушек-туркменок при том, что симпатоадреналовые механизмы были активны почти в равной мере у студенток обеих групп.

Таблица 2

Изменения параметров вариабельности сердечного ритма при ортостатической пробе у российских и туркменских девушек-студенток, M±m

Параметры ВСР	Группы обследованных	В положении лежа	При ортостазе	Среднее отклонение показателей
ЧСС, уд/мин	Российские студентки	75,8±3,5	93,7±4,6**	+18,3±3,3
	Туркменские студентки	71,0±2,9	91,7±4,2***	+20,6±4,6
ΔX, мс	Российские студентки	253,3±25,7	228,1±26,1	–25,2±19,8
	Туркменские студентки	355,2±64,6	259,1±41,1	–96,1±75,3
RMSSD, мс	Российские студентки	47,5±8,1	23,6±3,5**	–23,9±5,4
	Туркменские студентки	66,3±11,9	33,5±9,5**	–32,8±12,9
SDNN, мс	Российские студентки	54,4±6,5	50,0±5,8	–4,4±5,9
	Туркменские студентки	66,5±8,6	53,6±7,5	–12,9±10,2
AMo, %	Российские студентки	45,2±7,0	48,9±4,8	+3,7±5,6
	Туркменские студентки	41,4±7,5	50,5±5,6	+9,1±6,4
ИН, усл. ед.	Российские студентки	161,5±44,0	190,2±38,3	+28,7±22,4
	Туркменские студентки	133,0±58,7	199,5±48,6*	+66,5±75,7
IC, усл. ед.	Российские студентки	0,22±0,08	0,57±0,02*	+0,35±0,03
	Туркменские студентки	0,25±0,08	0,44±0,03	+0,19±0,02

Примечание: ВСР – вариабельность сердечного ритма; ЧСС – частота сердечных сокращений; ΔX – вариационный размах длительности RR-интервалов; RMSSD – квадратный корень из среднего квадрата разности значений соседних RR-интервалов, SDNN – стандартное отклонение всех RR-интервалов от среднего значения в ряду; AMo –амплитуда моды; ИН – индекс напряжения; IC – индекс централизации; достоверность различий рассчитана по U-критерию Манна-Уитни: $p<0,05$, $p<0,01$, $p<0,001$ – *, **, *** – по сравнению с исходным состоянием.

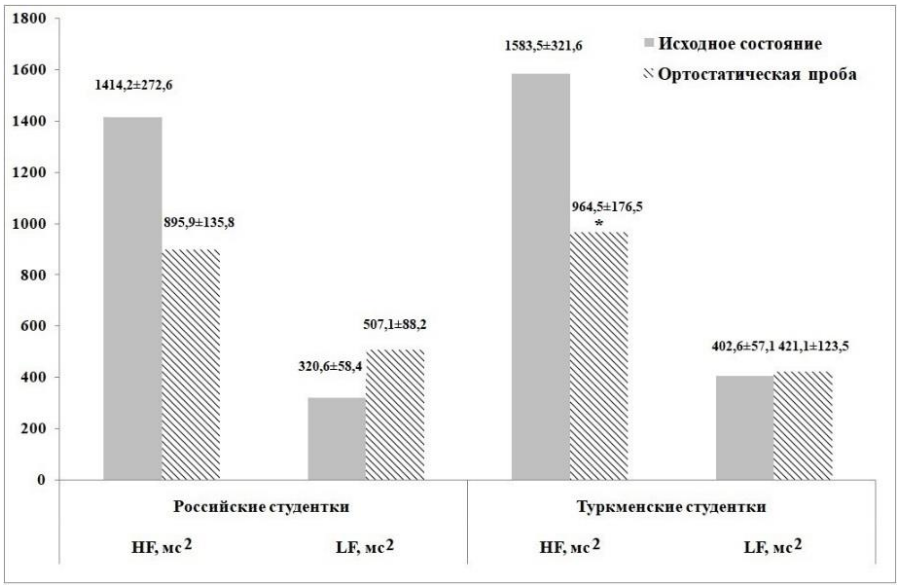


Рис. 2. Изменения спектральных параметров вариабельности сердечного ритма у российских и туркменских девушек-студенток при ортостазе

Примечание: HF – мощность высокочастотных волн; LF – мощность низкочастотных волн; достоверность различий рассчитана по U-критерию Манна-Уитни; $p<0,05$ – * по сравнению с исходным состоянием.

При ортостазе ЧСС у российских и туркменских девушек повысилась на 18-20 уд/мин до 91-93 уд/мин, ИН вырос до 190-199 усл. ед., но при этом у российских студенток прирост составил 38 усл. ед., а у туркменских – 66 усл. ед., то есть оказался

почти вдвое больше. ΔX, RMSSD, SDNN при ортостазе ожидаемо снизились, причем у российских студенток снижение оказалось в абсолютном выражении несколько меньшим (табл. 2), чем у туркменских, но даже при значительном снижении абсолютные величины ΔX, RMSSD, SDNN при ортостазе у туркменок были больше, чем у российских девушек, в частности, разница по RMSSD достигала 10 мс. АМо в положении стоя выросла только у туркменских девушек, у российских почти не изменилась. Следовательно, ортостатическая реактивность ВСР у туркменок проявилась сильнее, чем у россиянок, свидетельствуя о заметном снижении парасимпатических и усилении симпатических влияний на водитель ритма. Но несмотря на это у туркменских девушек вариабельность кардиоинтервалов осталась более высокой, следовательно, резервы регуляторных влияний у них достаточно высоки для выполнения нагрузок.

Спектральный анализ ВСР выявил незначительность различий в мощности HF и LF-волн в положении лежа между российскими и туркменскими студентками (рис. 2). При ортостазе у россиянок мощность HF-волн сократилась в среднем на 895 мс^2, у туркменок – на 964 мс^2, что соответствовало изменениям статистических показателей ВСР (табл. 2). Зато мощность LF-волн выросла у российских девушек на 128 мс^2, а у туркменских всего на 21 мс^2, то есть почти не изменилась. ІС в обеих группах оставался ниже 1 – 0,44-0,57 усл. ед., но у туркменок он был меньшим (табл. 2). Судя по изменению спектральных показателей ВСР, ортостатическая реактивность у российских и особенно у туркменских девушек проявляется в существенном ослаблении влияний автономного контура регуляции, однако усиление влияний центрального контура (прежде всего уровня сосудодвигательного центра) выражено только у россиянок, а у туркменских девушек выражена слабо. При сохранении доминирования автономного контура в регуляции ритма сердца сдвиг в сторону усиления централизации управления при ортостазе сильнее проявляется у российских нежели у туркменских девушек-студенток.

Переходя к обсуждению, отмечаем, что величины показателей ВСР в целом соответствуют данным, представленным в публикациях других авторов [1, 2, 9-11]. В исходном положении (лежа) ЧСС находится в рамках нормы, в формировании вариабельности кардиоинтервалов ведущую роль играет автономный контур регуляции, поскольку HF-волны четко доминируют в спектре ВСР (от 63-75% у юношей и до 79-81% у девушек). ИН во всех группах превышает 100 усл. ед., находится в диапазоне 51-200 усл. ед., что, согласно [5], свидетельствует о вегетативном равновесии. Однако по данным других авторов [12] при ИН от 91 до 120 и выше регуляция ритма сердца может оцениваться как симпатикотоническая. Эта градация разработана для подростков (15-18 лет), но поскольку в нашем обследовании участвовали юноши и девушки 18-20 летнего возраста, то такой принцип оценки вегетативного баланса в определенной мере применим и к ним. Поэтому мы отмечаем достаточно высокие симпатические влияния на ритм сердца у всех обследованных нами студентов. Но фактические величины ЧСС, ИН, АМо дают основание говорить, что для туркменских студентов (юношей и девушек) в отличие от российских ровесников характерна меньшая выраженность симпатоадреналовых влияний (особенно для юношей) при более высоких величинах показателей, отражающих активность парасимпатического канала регуляции.

Ортостатическая проба не приводит к избыточным отклонениям ЧСС и параметров ВСР ни у российских, ни у туркменских студентов, но направленность изменений показателей соответствует ожидаемым [1, 13]. Выявленные изменения показателей ВСР справедливо расценивать как нормальную физиологическую реакцию организма на минимальную нагрузку в виде ортостаза. Действительно, по критериям [12] вегетативная реактивность на ортостаз, оцениваемая по степени прироста ИН, у российских юношей и девушек равна 1,53 и 1,37, у туркменских – 1,37 и 1,49 соответственно, расценивается как нормальная.

При детальном сопоставлении степени изменения и фактических величин

показателей ВСР становится очевидным, что в отличие от российских туркменские юноши реагируют на ортостаз меньшим приростом ЧСС, АМо, ИН, ІС и мощности LF-волн, а также меньшим снижением индексов вариабельности ритма и мощности HF-волн, которые остаются достаточно высокими, указывая на поддержание достаточной активности парасимпатического канала и доминирование автономного контура в формировании ВСР.

Туркменские девушки демонстрируют такой же прирост ЧСС и ИН на ортостаз, как и россиянки, кроме того у них в большей мере снижаются индексы вариабельности ритма и мощность HF-волн, однако величины этих показателей остаются достаточно высокими и даже несколько превышают соответствующие величины у россиянок. При этом у туркменских девушек сильно снижена реактивность сосудодвигательного центра на ортостаз, поскольку мощность LF-волн почти не изменяется.

Таким образом, и в положении лежа, и при ортостазе у туркменских студентов отмечается больший вклад автономного контура и парасимпатического канала в регуляцию ритма сердца при меньшем возбуждении симпатоадреналовой системы и структур центрального контура регуляции (сосудодвигательного центра, согласно [5]. Очевидно, система регуляции ритма сердца у туркменских студентов, в сравнении с российскими ровесниками, на момент обследования функционирует более оптимально и реагируют на ортостаз без избыточного усиления симпатоадреналовых и надсегментарных влияний. Это говорит о том, что организм туркменских студентов имеет достаточно высокие функциональные возможности системы регуляции ритма сердца, позволяющие ей эффективно изменять параметры работы сердца при нарастающих нагрузках. У российских студентов, напротив, отмечаются признаки повышенной активности симпатоадреналовых механизмов регуляции, у них в большей степени активируется сосудодвигательный центр и повышается централизация управления ритмом сердца при ортостазе.

Выявленные особенности ВСР не совпадают с выводами некоторых авторов [11, 14] о том, что иностранные студенты в отличие от местных имеют высокие значения ИН, повышенный уровень симпатоадреналовых влияний, свидетельствующий о том, что их организм испытывает стресс в связи с пребыванием в новых условиях и под действием значительной учебной нагрузки. Вполне допускаем такие особенности регуляции ритма сердца у иностранных студентов, они вполне логичны и ожидаемы. Но такие изменения могут развиваться не всегда. Так, в работе [15] показано, что студенты из Азии отличаются заметным участием парасимпатических механизмов в регуляции ритма сердца, хорошим энергообеспечением миокарда и эффективной адаптацией к условиям обучения. К сходным выводам пришли мы при работе с туркменскими студентами, выявив у них особенности ВСР, указывающие на высокий уровень функциональных возможностей системы регуляции ритма сердца, отсутствие значительного напряжения симпатоадреналовых механизмов, большую вариабельность сердечного ритма, меньшее снижение мощности HF-волн и слабое повышение мощности LF-волн на ортостаз. Важно отметить, что выявленные особенности хорошо выражены у туркменских юношей, но в определенной мере проявляются и у девушек, которые так же имеют более высокую вариабельность ритма и демонстрируют меньшую реактивность сосудодвигательного центра на ортостаз. Это подтверждает, что нам удалось выявить особенности регуляции и реактивности сердечного ритма, присущие студентам – выходцам из Туркменистана. Возможной причиной меньшей реактивности сосудодвигательного центра на ортостаз стали особенности механизмов поддержания артериального давления у жителей регионов с жарким климатом. При проведении ортостатической пробы это может проявляться в меньшем снижении систолического давления и меньшем повышении диастолического давления, соответственно в меньшей активации вегетативной нервной системы и, как следствие, слабых изменениях мощности HF и LF-волн ВСР.

В целом, полученные результаты свидетельствуют о более высоких функциональных резервах системы регуляции сердечного ритма у туркменских студентов в сравнении с российскими ровесниками. Следовательно, организм выходцев из Туркменистана достаточно успешно справляется с адаптацией к условиям обучения и проживания в Астраханском регионе.

Заключение. В исходном состоянии у туркменских студентов отмечается больший вклад автономного контура и парасимпатического канала в регуляцию ритма сердца при меньшей активности симпатоадреналовой системы в сравнении с российскими студентами, для которых характерен более высокий уровень симпатических влияний.

Туркменские юноши, в отличие от российских, реагируют на ортостаз меньшим приростом ЧСС, ИН, ІС и мощности LF-волн, а также меньшим снижением мощности HF-волн, вариабельность ритма у них остается достаточно высокой, что говорит о достаточно высокой роли парасимпатического канала и автономного контура в формировании ВСР.

Туркменские девушки демонстрируют такой же прирост ЧСС и ИН на ортостаз, как и россиянки, но индексы вариабельности ритма и мощность HF-волн остаются достаточно высокими, а мощность LF-волн повышается незначительно, что указывает на низкую реактивность сосудодвигательного центра на ортостаз.

Система регуляции ритма сердца у туркменских студентов, в сравнении с российскими, функционирует более экономично, реагирует на ортостаз умеренным усилением симпатоадреналовых влияний. Следовательно, организм туркменских студентов имеет достаточно высокие функциональные возможности системы регуляции ритма сердца, позволяющие эффективно изменять параметры работы сердца при нарастающих нагрузках и успешно справляться с адаптацией к условиям обучения и проживания в Астраханском регионе.

Приведенные в работе данные имеют значение для адекватной оценки адаптивных возможностей организма иностранцев, прибывающих для обучения и работы в Российскую Федерацию. Кроме того, эти сведения требуют обратить более пристальное внимание на состояние здоровья и функциональные возможности регуляторных систем российских юношей и девушек, поскольку у них выявляются отчетливые признаки повышенной активности симпатоадреналовых механизмов регуляции и большей реактивности сосудодвигательного центра при ортостазе.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследования проведены при поддержке конкурса грантов государственной программы поддержки «Приоритет 2030».

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

Financing. The research was supported by a grant competition of the state support program “Priority 2030”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горст, В.Р. Формирование ритма сердца и адаптационные возможности организма при различных функциональных состояниях: дис. ... доктора биологических наук: 03.00.13 / Виктор Рудольфович Горст. – Астрахань, 2009. – 230 с.

2. Максимов, А.Л. Особенности гемодинамики и вариабельности сердечного ритма у юношей-европеоидов при проведении активной ортостатической пробы / А.Л. Максимов, И.В. Аверьянова // Экология человека.–2021.–№1.–С. 22–31.

3. Новоселова, А.А. Оценка функциональных резервов организма первокурсников северного педагогического вуза по результатам ортостатической пробы / А.А. Новоселова, А.А. Говорухина // Журнал медико-биологических исследований. – 2022. – № 10 (4). – С. 317–328.

4. Николаева, Т.М. Влияние физической нагрузки на вариабельность сердечного ритма при умственной деятельности в зависимости от реактивности симпатических центров у студентов / Т.М. Николаева, Е.К. Голубева, Л.Л. Ярченкова // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – № 8 (2). – С. 1–8.

5. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардио-

графических систем (методические рекомендации) / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов, Л.В. Чирейкин [и др.] // Вестник аритмологии. – 2002. – № 24. – С. 65–87.
6. Снежицкий, В.А. Методические аспекты проведения ортостатических проб для оценки состояния вегетативной нервной системы и функции синусового узла / В.А. Снежицкий // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. – 2006. – № 1. – С. 3–6.
7. Морозова, Д.О. Взаимосвязь состояния вегетативной нервной системы и уровня стресса у студентов Кировского ГМУ / Д.О. Морозова // Вятский медицинский вестник. – 2022. – № 75 (3). – С. 41–44.
8. Кулаичев, А.П. Статистическое исследование диагностической информативности показателей вариабельности сердечного ритма / А.П. Кулаичев // Функциональная диагностика. – 2012. – № 1. – С. 56–64.
9. Шлык, Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов / Н.И. Шлык. – Ижевск, 2009. – 259 с.
10.Бабунц, И.В. Азбука анализа вариабельности сердечного ритма / И.В. Бабунц, Ю.А. Мираджанян, Э.М Машаех. – Ставрополь, 2002. – 112 с.
11.Аль-Шаммари, М.Я.И. Спектральный анализ вариабельности сердечного ритма у студентов-иностранцев / М.Я.И. Аль-Шаммари // Научный результат. – 2016. – № 2 (3). – С. 26–31.
12.Диагностика синдрома вегетативной дистонии у подростков: учебное пособие / Э.Л. Чупак, А.Ф. Бабцева, Л.И. Моногарова, [и др.]. – Благовещенск, 2009. – 18 с.
13.Лоскутова, А.Н. Влияние ортостатической пробы на перестройки вариабельности кардиоритма у аборигенов Магаданской области / А.Н. Лоскутова, А.Л. Максимов // Росс. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 2014. – № 100 (9). – С. 1098–1112.
14.Сатаркулова, А.М. Вариабельность сердечного ритма у иностранных студентов в процессе учебной деятельности / А.М. Сатаркулова, А.С. Шаназаров // Известия вузов. – 2017. – № 8. – С. 14–17.
15.Самаров, В.В. Особенности функционального состояния сердечно-сосудистой системы организма учащихся из стран Юго-Восточной Азии и Африки в процессе адаптации к процессу обучения в вузе / В.В. Самаров, А.В. Гулин, К.И. Засядько // Вестник ТГУ. – 2012. – № 17 (4). – С. 1303–1305.

REFERENCES

1. Gorst V.R. Heart rhythm formation and body adaptive capabilities in different functional states: an author's dissertation. Astrakhan, 2009. 230 p. (in Russ.)
2. Maksimov A.L., Averyanova I.V. Hemodynamics and Heart Rate Variability under Orthostatic Challenge Test in Young Caucasian Men. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*, 2021, no. 1, pp. 22–31. (in Russ.)
3. Novoselova A.A., Govorukhina A.A. Assessment of the body's functional reserves in first-year students of a northern pedagogical university based on the results of an orthostatic test. *Journal of Medical and Biological Research*, 2022, no. 10 (4), pp. 317–328. (in Russ.)
4. Nikolaeva T.M., Golubeva E.K., Yarchenkova L.L. Effect of physical activity on heart rate variability during mental activity depending on the sensitivity of sympathetic centers in students. *Modern Issues of Biomedicine*, 2024, vol. 8, no. 2, pp. 1–8. (in Russ.)
5. Baevskij R.M., Ivanov G.G., Chirejkin L.V., Gavrilushkin A.P., Dovgalevskij P.Ya., Kukushkin Yu.A., Mironova T.F., Prilutskij D.A., Semenov A.V., Fedorov V.F., Fleishman A.N., Medvedev M.M. Analysis of heart rate variability in application of different electrocardiographic systems. *Journal of Arrhythmology*, 2002, no. 24, pp. 65–87. (in Russ.)
6. Snezhitskij V.A. Methodological aspects of performing orthostatic tests for assessment of the state of vegetative nervous system and function of the sinus node. *Journal of the Grodno State Medical University*, 2006, no. 1, pp. 3–6. (in Russ.)
7. Morozova D.O. How the stress level of students at Kirov State Medical University depends on the state of the autonomic nervous system. *Medical Newsletter of Vyatka*, 2022, no. 75 (3), pp. 41–44. (in Russ.)
8. Kulaichev A.P. Statistical Investigation of Diagnostic Informativeness of Heart Rate Variability Indexes. *Funktsional'naya diagnostika*, 2012, no. 1, pp. 56–64. (in Russ.)
9. Shlyk N.I. Heart rate and type of regulation in children, adolescents and athletes. Izhevsk, 2009. 259 p. (in Russ.)
10.Babunts I.V., Miradzhanyan Yu.A., Mashaekh E.M. ABCs of the heart rate variability analysis. Stavropol, 2002. 112 p.
11.Al-Shammari M.J.I. Spectral analysis of foreign students' heart rate variability. *Research Result*, 2016, no. 2 (3), pp. 26–31. (in Russ.)
12.Chupak E.L., Babtseva A.F., Monogarova L.I. et al. Diagnosis of dysautonomia in adolescents: a learning guide.Blagoveshchensk,2009.18p. (in Russ.)
13.Loskutova A.N., Maksimov A.L. Effect of the orthostatic test on rearrangements in heart rate variability among indigenous inhabitants of the

Magadan Oblast. R*ussian Journal of Physiology*, 2014, no. 100 (9), pp. 1098–1112. (in Russ.)
14.Satarkulova A.M., Shanazarov A.S. Heart rate variability in foreign students during education process. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedeniy Kyrgyzstana*, 2017, no. 8, pp. 14–17. (in Russ.)
15.Samarov, V.V. Gulin A.V., Zasyadko K.I. Features of functional state of cardiovascular system of students' organism from South-East Asia and Africa in process of adaptation to process of education in university. *Tomsk State University Journal*, 2012, no. 17 (4), pp. 1303–1305. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Виктор Олегович Ступин – старший преподаватель кафедры фундаментальной биологии, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева», Астрахань, e-mail: neverforgettoday@bk.ru.
Андрей Валерьевич Трясучев – доцент кафедры фундаментальной биологии, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева», Астрахань, e-mail: tryandval@mail.ru.
Евгения Владимировна Курьянова – профессор кафедры фундаментальной биологии, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева», Астрахань, e-mail: teplyconf@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Viktor O. Stupin – Senior Lecturer of the Department of Fundamental Biology, Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev, Astrakhan, e-mail: neverforgettoday@bk.ru.
Andrej V. Tryasuchev – Associate Professor of the Department of Fundamental Biology, Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev, Astrakhan, e-mail: tryandval@mail.ru.
Evgenia V. Kur'yanova – Professor of the Department of Fundamental Biology, Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev, Astrakhan, e-mail: teplyconf@yandex.ru.

Для цитирования: Ступин, В.О. Особенности регуляции и ортостатической реактивности сердечного ритма у российских и туркменских студентов / О.В, Ступин, А.В. Трясучев, Е.В. Курьянова // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_16

For citation: Stupin V.O., Tryasuchev A.V., Kur'yanova E.V. Features of heart rate regulation and orthostatic reactivity of Russian and Turkmen students. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_16

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_17
УДК 159.9; 611.81

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_17
UDC 159.9; 611.81

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ УМСТВЕННОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ У ЛИЦ С ВАГОТОНИЧЕСКИМ И СИМПАТИКОТОНИЧЕСКИМ ВАРИАНТОМ ИСХОДНОГО ВЕГЕТАТИВНОГО ТОНУСА В УСЛОВИЯХ СТРЕССА

В.В. Трифонов[1], А.И. Каранкевич[2]
[1]Учреждение образования «Могилевский институт Министерства внутренних дел Республики Беларусь», г. Могилев, Беларусь
[2]Учреждение образования «Могилевский государственный университет имени А.А. Кулешова», г. Могилев, Беларусь

Аннотация. Изучались особенности проявления умственной работоспособности у лиц с ваготоническим и симпатикотоническим вариантом исходного вегетативного тонуса в условиях стрессового воздействия психологического характера. В исследовании принимало участие 35 человек, которые по результатам регистрации исходного вегетативного тонуса были разделены на две группы. В первую группу (25 человек) были включены испытуемые с ваготоническим вариантом исходного вегетативного тонуса, во вторую группу (10 человек) вошли испытуемые с симпатикотоническим вариантом исходного вегетативного тонуса. Выявлено, что выполнение корректурной пробы у симпатикотоников сопровождалось стрессовой реакцией, в то время как у ваготоников стресса не возникало. При этом показатели умственной работоспособности у ваготоников были выше, чем у симпатикотоников. Оценка умственной работоспособности и вариабельности ритма сердца в стрессогенных условиях дает возможность подойти к научному прогнозированию стрессоустойчивости сотрудников органов внутренних дел, решать вопросы их профессионального отбора, а также контролировать функциональное состояние их организма.
Ключевые слова: корректурная проба, умственная работоспособность, стресс, исходный вегетативный тонус, вегетативная нервная система.

FEATURES OF MENTAL PERFORMANCE IN INDIVIDUALS WITH VAGOTONIC AND SYMPATHETIC TONIC VARIANT OF THE INITIAL VEGETATIVE TONE UNDER STRESS

V.V. Trifonov[1], A.I. Karankevich[2]
[1]Mogilev Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Belarus, Mogilev, Belarus
[2]Mogilev State University named after A.A. Kuleshov, Mogilev, Belarus

Abstract. The features of mental performance in individuals with vagotonic and sympathicotonic variants of the initial vegetative tone under psychological stress were studied. The study involved 35 test subjects, who according to the initial vegetative tone registration were divided into two groups. The first group (25 people) included test subjects with the vagotonic variant of the initial vegetative tone; the second group (10 people) included test subjects with the sympathicotonic variant. It was revealed that the performance of the correction test in sympathicotonics was accompanied by a stress reaction, while stress did not occur in vagotonics. At the same time, the indicators of mental performance in vagotonics were higher than those in sympathicotonics. Assessment of mental performance and heart rate variability in stressful conditions allows the researchers to approach scientific prediction of stress tolerance among internal affairs officers, solve the issues in their occupational selection, and control functional state of the body.
Keywords: correction test, mental performance, stress, initial vegetative tone, autonomic nervous system.

Введение. При исполнении служебных обязанностей сотрудникам правоохранительных органов часто приходится сталкиваться с конфликтными ситуациями, которые требуют от них применения мер принудительного силового воздействия. В отдельных случаях такие ситуации оказывают стрессовое воздействие на сотрудника органов внутренних дел (ОВД) как одного из участников этой ситуации.

Состояние стресса, сопровождающееся сильным эмоциональным возбуждением, отрицательно сказывается на оценке конфликтной ситуации и, следовательно, на эффективности действий сотрудника ОВД. В проводимом нами ранее исследовании показано, что стрессовое воздействие экстремальных ситуаций может вызвать нарушение когнитивных функций – ухудшение памяти, концентрации внимания, процессов восприятия на фоне раздражительности, а также эмоциональной лабильности и неустойчивости настроения» [1]. В исследованиях Марищук В.Л. [2], Нартова-Бочавер С.К. [3] отмечается нарушение сложных форм целенаправленного поведения, восприятия и других когнитивных функций. По мнению Л.Д. Гиссен: «... не сама ситуация является стрессором, а отношение к ней может сделать ее таковой» [4].

Таким образом, конфликтная ситуация в результате значения, придаваемого ей человеком, может вызывать психологический стресс, сопровождающийся нарушением качества восприятия окружающей действительности и других когнитивных функций [5].

Вышеприведенные данные свидетельствуют о том, что субъективные факторы оказывают значительное влияние на оценку и, следовательно, на эффективность действий сотрудника в стрессовой ситуации. Одним из таких факторов является степень его стрессоустойчивости. Также С.Н. Баркалов [6] отмечает, что для эффективной деятельности сотрудника ОВД кроме владения боевыми приемами борьбы, отличной физической подготовки он должен обладать определенными важными профессиональными качествами, одним из таких качеств является стрессоустойчивость.

В настоящее время не вызывает сомнения, что главный критерий, определяющий стрессоустойчивость – эффективность деятельности в стрессовой ситуации [7].

Учитывая вышеизложенное, вопросы прогнозирования и оценки стрессоустойчивости сотрудника ОВД в настоящее время являются актуальными и не вызывают сомнения.

Как отмечалось нами ранее [8], в развитии стрессоустойчивости выделяют два компонента: физиологический и психологический. Одним из системообразующих факторов, объединяющих эти два компонента, является центральная нервная система, которая обеспечивает реактивность организма как единого целого.

В современных исследованиях с целью адекватной оценки вегетативной реактивности используются показатели исходного вегетативного тонуса (ИВТ) – одного из интегральных показателей вегетативной нервной системы (НС), характеризующего ее состояние [1].

В настоящее время вопрос о влиянии стресс-факторов психологического характера на умственные способности у лиц с различным вариантом исходного вегетативного тонуса остается малоизученным.

Цель исследования – изучить особенности умственной работоспособности у лиц с ваготоническим и симпатикотоническим вариантом исходного вегетативного тонуса в стрессогенных условиях психологического характера.

Методы и организация исследования. В исследовании принимало участие 35 человек, которые по результатам регистрации ИВТ были разделены на две группы. В первую группу (25 человек) были включены испытуемые с ваготоническим вариантом ИВТ, во вторую группу (10 человек) вошли испытуемые с симпатикотоническим вариантом ИВТ.

При анализе ИВТ ориентировались на индекс напряжения (ИН), который является интегральным показателем состояния вегетативной нервной системы [9].

Для определения умственной работоспособности испытуемые выполняли корректурную пробу Б. Бурдона, которая вместе с действием дополнительных стресс-факторов, таких как ограничение времени ее выполнения и наличие вербальных помех, применялась в качестве стрессогенного фактора [10].

При определении состояния вегетативной нервной системы у испытуемых регистрировали показатели вариабельности

ритма сердца (ВРС), так как кардиоваскулярная система отражает состояние организма в целом.

Таким образом, изучение ВРС дает возможность определить функциональное состояние организма как единого целого и охарактеризовать симпато-парасимпатический баланс отделов вегетативной нервной системы (ВНС) [11].

Показатели ВРС: вегетативный показатель ритма (ВПР), ИН и индекс вегетативного равновесия (ИВР) регистрировали до и сопряженно с выполнением теста Б. Бурдона при помощи аппаратно-программного комплекса психофизиологической диагностики фирмы «Нейрософт».

Рассчитывались следующие показатели умственной работоспособности:

– объем зрительной информации и скорость переработки информации;

– точность внимания и коэффициент умственной продуктивности.

Объем зрительной информации рассчитывался по формуле:

$$Q = 0{,}5936 \times N, \quad (1)$$

где Q – объем зрительной информации, бит;

0,5936 – средний объем информации, приходящейся на один знак;

N – количество просмотренных знаков.

Скорость переработки информации рассчитывалась по формуле:

$$S = Q - 2{,}807 \times n / T, \quad (2)$$

где S – скорость переработки информации, бит/с;

2,807 бита – потеря информации, приходящейся на один пропущенный знак;

n – количество пропущенных букв;

T – время выполнения задания, с.

Точность внимания (А) и коэффициент умственной продуктивности (Е) рассчитывались по следующим формулам [12]:

$$A = M/(M+O), \quad (3)$$

где M – количество правильно зачеркнутых знаков;

O – число пропущенных.

$$E = S*A, \quad (4)$$

где S – число всех просмотренных знаков;

A – точность внимания.

Статистическая обработка результатов исследования выполнялась при помощи программы STATISTICA 10.0. При определении достоверности различий между средними значениями изучаемых показателей двух независимых групп (ваготоники и симпатикотоники) применялась непараметрическая статистика для независимых выборок – критерий Манна-Уитни.

При определении достоверности различий между средними значениями изучаемых показателей двух зависимых групп (ваготоники до и во время выполнения пробы, а также симпатикотоники до и во время выполнения пробы) применялась непараметрическая статистика для зависимых выборок – критерий Уилкоксона.

Результаты исследования и их обсуждение. Как отмечалось выше, по результатам регистрации ИН все испытуемые были разделены на две группы. Первая группа – испытуемые с ваготоническим вариантом ИВТ, среднее значение которого у них составило 27,2±9,2 условных единиц (усл.ед.), у испытуемых второй группы с симпатикотоническим вариантом ИВТ его величина была равна 108,5±13,3 усл.ед.

Остальные изучаемые показатели ВРС, зарегистрированные до выполнения теста Б. Бурдона, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели ВРС, зарегистрированные до выполнения теста Б. Бурдона ($\overline{X} \pm SD$)

Вариант ИВТ	ЧСС, уд/мин	ИВР, усл.ед.	ВПР, усл.ед.
Ваготонический	67,8±6,5	47,9±16,4	2,16±0,6
Симпатикотонический	84,7±6,9*	153,1±15,1*	5,1±0,56*

Примечание: ВРС – вариабельность ритма сердца; ИВТ – исходный вегетативный тонус; ЧСС – частота сердечных сокращений; ИВР – индекс вегетативного равновесия; ВПР – вегетативный показатель ритма; * – значения показателей достоверно ($p<0{,}001$) отличающиеся от величин, зарегистрированных у лиц с ваготоническим вариантом ИВТ.

Как видно из таблицы 1, величина ЧСС отмеченная у представителей с симпатикотоническим вариантом ИВТ превышала значение соответствующего показателя, отмеченного у представителей с ваготоническим вариантом ИВТ на 24,9% (p<0,001), а также была выше верхней границы физиологической нормы для состояния покоя, в то время как у лиц первой группы значение ЧСС находилось в пределах этой нормы (60-80 уд/мин).

Такое превышение ЧСС у симпатикотоников обусловлено преобладанием влияний на сердце симпатического отдела вегетативной нервной системы по сравнению с ваготониками.

На более высокую активность симпатического отдела ВНС у представителей второй группы по сравнению с лицами первой группы также свидетельствуют превышение значения показателей ВРС – ИВР и ВПР зарегистрированные у симпатикотоников, значения которых больше величины соответствующих показателей отмеченных у ваготоников на 76,8% и 136,1% (p<0,001). Так как известно, что показатели ИВР и ВПР отражают состояние симпатическо-парасимпатического баланса ВНС. Так динамика ВПР дает представление о парасимпатических сдвигах вегетативного баланса. Чем больше значение этого показателя, тем больше вегетативный баланс смещен в симпатическую сторону. Также возрастание ИВР указывает на увеличение активности симпатического отдела ВНС.

Вышеизложенный сравнительный анализ показателей ВРС, а также поддержание ЧСС у лиц второй группы выше физиологической нормы дает основание считать, что ожидание выполнения теста Б. Бурдона сопровождалось у лиц с симпатикотоническим вариантом ИВТ стрессовым состоянием. В пользу такого заключения также свидетельствует тот факт, что трансформации вегетативного баланса, сопровождающиеся возрастанием активности симпатического отдела ВНС, оцениваются как неспецифический компонент адаптационной реакции в ответ на воздействие различных стресс-факторов [11].

Таким образом, до начала выполнения пробы у лиц с симпатикотоническим вариантом ИВТ по сравнению с ваготониками регуляция физиологических функций осуществлялась с большим напряжением нервных процессов и сопровождалась стрессовым состоянием.

Выполнение корректурного теста Б. Бурдона сопровождалось увеличением значения всех изучаемых показателей ВРС как у ваготоников (p<0,0002), так и у симпатикотоников (p<0,03) по сравнению с соответствующими величинами, зарегистрированными до выполнения пробы.

Динамика показателей ВРС представлена в таблице 2.

Таблица 2

Показатели ВРС, зарегистрированные до и во время выполнения теста Б.Бурдона ($\overline{X} \pm SD$)

Показатель ВРС	Ваготоники		Симпатикотоники	
	До выполнения пробы	Во время выполнения пробы	До выполнения пробы	Во время выполнения пробы
ЧСС уд/мин	67,8±6,5	77,7±9,3	84,7±6,9	91,2±11,3*
ИВР, усл.ед.	47,9±16,4	99,7±55	153,1±15,1	258,8±144,3**
ИН, усл.ед.	27,2±9,2	66,4±39,1	108,5±13,3	199,4±104,1**
ВПР, усл.ед.	2,16±0,6	3,8±1,3	5,1±0,56	7,4±2,6**

Примечание: ВРС – вариабельность ритма сердца; ИВТ – исходный вегетативный тонус; ЧСС – частота сердечных сокращений; ИВР – индекс вегетативного равновесия; ИН – индекс напряжения; ВПР – вегетативный показатель ритма; * – значения показателей достоверно (p<0,025) отличающиеся от соответствующих величин, зарегистрированных у лиц с ваготоническим вариантом ИВТ во время выполнения пробы; ** – значения показателей достоверно (p<0,001) отличающиеся от соответствующих величин, зарегистрированных у лиц с ваготоническим вариантом ИВТ во время выполнения пробы.

Из результатов, представленных в таблице 2, видно, что значения показателей ВРС отмеченные у лиц второй группы во время выполнения теста достоверно превышали величины аналогичных показателей, которые были зарегистрированы у лиц первой группы. Так ЧСС была больше на 17,3%, ИВР на 159,7%, ИН на 200% а ВПР на 94,7%. При этом значения ЧСС, отмеченные при выполнении пробы у лиц первой группы, хотя и возросли на 14,6% (p=0,00018) по сравнению с исходной величиной поддерживались в пределах физиологической нормы, в то время как у представителей второй группы величина этого показателя превышала верхнюю границу нормы (80 уд/мин) на 14%, а свое исходное значение (до выполнения пробы) на 7,6% (p=0,016).

Вышеприведенный анализ динамики ЧСС дает основание полагать, что выполнение корректурного теста Б. Бурдона не вызывало стрессовой реакции у ваготоников, в то время как такая реакция отмечалась у симпатикотоников. При этом само выполнение корректурного теста Б. Бурдона оказывало на симпатикотоников более сильное стрессовое воздействие чем на ваготоников.

В пользу данного заключения свидетельствует сравнительный анализ трансформации показателей ИН у лиц первой и второй группы, величина которого отражает степень централизации управления сердечным ритмом, «чем сильнее воздействие на организм, тем более высокий уровень участвует в управлении» [11]. В нашем случае выполнение корректурного теста Б. Бурдона сопровождалось увеличением ИН у представителей с ваготоническим вариантом ИВТ на 144% (p=0,00004), а у лиц с симпатикотоническим типом ИВТ на 83%, p=0,016. Однако при этом величина ИН у симпатикотоников была значительно больше (на 159,5%, p<0,005) значения соответствующего показателя отмеченного у ваготоников.

Также изменение показателей ВПР и ИВР свидетельствует о том, что у симпатикотоников выполнение корректурной пробы осуществлялось на фоне большей активности симпатического отдела ВНС чем у ваготоников.

Показатели умственной работоспособности, отмеченные при выполнении теста Б. Бурдона представлены в таблице 3.

Таблица 3

Показатели умственной работоспособности, отмеченные при выполнении теста Б. Бурдона ($\overline{X} \pm SD$)

Вариант ИВТ	Показатель умственной работоспособности		
	Скорость переработки информации	Коэффициент умственной продуктивности	Объем зрительной информации
Ваготонический	0,98±0,17	524,5±88,7	324,5±57
Симпатикотонический	0,79±0,18*	453,5±94,3*	287,5±56,1*

Примечание: ИВТ – исходный вегетативный тонус; * – значения показателей, достоверно (p<0,05) отличающихся от соответствующих величин, зарегистрированных у лиц с ваготоническим вариантом ИВТ во время выполнения пробы.

Как видно из таблицы 3 у испытуемых с ваготоническим вариантом ИВТ значения изучаемых показателей умственной работоспособности были достоверно выше, чем у представителей с симпатикотоническим вариантом ИВТ.

Заключение. Выполнение корректурного теста Б. Бурдона в стрессогенных условиях психологического характера у симпатикотоников сопровождалось стрессовой реакцией, в то время как у ваготоников стресса не возникало. При этом изучаемые показатели умственной работоспособности у ваготоников были выше, чем у симпатикотоников. Данное обстоятельство дает основание предположить, что при экстремальном стрессовом воздействии у симпатикотоников следует ожидать

появления третьей когнитивной фазы развития стресса, сопровождающейся ухудшением (или нарушением) показателей умственной работоспособности, что может отрицательно сказаться на эффективности их действий в экстремальных ситуациях по сравнению с ваготониками.

Оценка умственной работоспособности и ВРС в стрессогенных условиях дает возможность подойти к научному прогнозированию стрессоустойчивости сотрудников ОВД, решать вопросы их профессионального отбора, а также контролировать функциональное состояние их организма.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трифонов, В.В. Вегетативная реактивность у лиц с разным типом исходного вегетативного тонуса при умственной нагрузке в условиях стресса / В.В. Трифонов // Современные вопросы биомедицины – 2023. – Т. 7 (3).
2. Марищук, В.Л. Напряженность в полете / К.К. Платонов, Е.А. Плетницкий – М.: Воениздат, 1969. – 156 с.
3. Нартова-Бочавер, С.К. «Coping behavior» в системе понятий психологии личности / С.К. Нартова-Бочавер // Психологический журнал. – 1997. – № 5. – С. 20–30.
4. Гиссен, Л.Д. Психология и психогигиена в спорте / Л.Д. Гиссен. – Москва: Физкультура и спорт, 1973. – 149 с.
5. Марютина, Т.М. Введение в психофизиологию / Т.М. Марютина, О.Ю. Ермолаев – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Московский психолого-социальный институт: Флинта, 2001. – 400 с.
6. Баркалов, С.Н. Задачи и содержание физической подготовки с учетомособенностей служебно-боевой деятельности сотрудников органов внутренних дел / С.Н. Баркалов // Наука и практика: Орловский юридический институт МВД России им. В.В. Лукьянова. – 2012. – № 3. – С. 121–125.
7. Саракул, А.Г. Психологическая подготовка личного состава подразделений специального назначения путем применения физических упражнений, сочетаемых с приемами психоэмоционального самоуправления : автореферат дис. ... кандидата психологических наук : 13.00.04 / Рос. гос. пед. ун-т им. А.И. Герцена. – Санкт-Петербург, 2005. – 22 с.
8. Трифонов, В.В. Стрессоустойчивость как элемент готовности сотрудника органов внутренних дел к эффективной реализации специальных мер административного принуждения (силового воздействия) / В.В. Трифонов, А.И. Каранкевич // Вестник Сибирского юридического института МВД России. – 2017 – № 1(26). – С. 59–64.
9. Влияние исходного вегетативного тонуса на состояние гемодинамики младших школьников / М.В. Шайхелисламова, А.А. Ситдикова, Ф.Г. Ситдиков, Г.Г. Каюмова // Физиология человека. – 2012. – Т. 38. − № 4. − С. 89–95.
10.Трифонов, В.В. Особенности реакции организма на выполнение корректурной пробы в стрессогенных условиях у лиц с разным типом нервной системы / В.В. Трифонов // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6. – №3.
11.Зуйкова, А.А. Методология и теоретические основы комплексного анализа адаптационных возможностей организма человека при стрессовых ситуациях различного генеза: дис. … доктора медицинских наук: 05.03.11 / Анна Александровна Зуйкова. – Воронеж, 2006. – 298 с.
12.Баскакова, И.Л. Некоторые возможности обработки экспериментальных данных устойчивости внимания по методу корректурной пробы // Вопросы психологии. –1968.–№3.–С. 161–167.

REFERENCES

1. Trifonov V.V. Vegetative reactivity in persons with different types of initial vegetative tone under mental stress. *Modern Issues of Biomedicine*, 2023, vol. 7(3). (in Russ.)
2. Marishchuk V.L., Platonov K.K., Pletnitsky E.A. Tension in flight. Moscow: Voenizdat, 1969. 156 p. (in Russ.)
3. Nartova-Bochaver S.K. “Coping behavior” in the system of concepts of personality psychology. *Psychological Journal*, 1997, no. 5, pp. 20–30. (in Russ.)
4. Giessen L.D. Psychology and psychohygenism in sports. Moscow: Physical culture and Sport, 1973. 149 p. (in Russ.)
5. Maryutina T.M., Ermolaev O.Y. Introduction to psychophysiology. M.: Moscow Psychological and Social Institute: Flint, 2001. 400 p. (in Russ.)
6. Barkalov S.N. Tasks and content of physical training, taking into account the peculiarities of service and combat activities of employees of internal affairs bodies. *Science and practice: Oryol*

Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia named after V.V. Lukyanov, 2012, no. 3, pp. 121–125. (in Russ.)
7. Sarakul A.G. Psychological training of personnel of special purpose units through the use of physical exercises combined with techniques of psycho-emotional self-regulation: an author's abstract. St. Petersburg: A.I. Herzen University, 2005. 22 p. (in Russ.)
8. Trifonov V.V., Karankevich A.I. Stress resistance as an element of readiness of an employee of internal affairs bodies for the effective implementation of special measures of administrative coercion (forceful influence). *Bulletin of the Siberian Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia*, 2017, vol. 1, no. 26, pp. 59–64. (in Russ.)
9. Shaikhelislamova M.V., Sitdikova A.A., Sitdikov F.G., Kayumova G.G. The influence of the initial vegetative tone on the state of hemodynamics of younger schoolchildren. *Human Physiology*, 2012, vol. 38, no. 4, pp. 89–95. (in Russ.)
10.Trifonov V.V. Features of the body's reaction to performing a correction test under stressful conditions in persons with different types of nervous system. *Modern Issues of Biomedicine*, 2022, vol. 6, no. 3. (in Russ.)
11.Zuikova A.A. Methodology and theoretical foundations of a comprehensive analysis of the adaptive capabilities of the human body in stressful situations of various genesis: an author's dissertation. Voronezh, 2006. 298 p. (in Russ.)
12.Baskakova I.L. Some possibilities of processing experimental data on attention stability by the method of proof-reading test. *Voprosy Psychologii*, 1968, no. 3, pp. 161–167. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Владимир Васильевич Трифонов – доцент, Учреждение образования «Могилевский институт Министерства внутренних дел Республики Беларусь», Могилев, e-mail: Trif_WW@tut.by.
Александр Игоревич Каранкевич – доцент, Учреждение образования Могилевский государственный университет имени А.А. Кулешова», Могилев, e-mail: Karankevich2010@rambler.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Vladimir V. Trifonov – Associate Professor, Mogilev Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Belarus, Mogilev, e-mail Trif_WW@tut.by.
Aleksandr I. Karankevich – Associate Professor, Mogilev State University named after A.A. Kuleshov, Mogilev, e-mail Karankevich2010@rambler.ru.

Для цитирования: Трифонов, В.В. Особенности проявления умственной работоспособности у лиц с ваготоническим и симпатикотоническим вариантом исходного вегетативного тонуса в условиях стресса / В.В. Трифонов, А.И. Каранкевич // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_17

For citation: Trifonov V.V., Karankevich A.I. Features of mental performance in individuals with vagotonic and sympathetic tonic variant of the initial vegetative tone under stress. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_17

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_18
УДК 616-007.1

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_18
UDC 616-007.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЕРИНАТАЛЬНОЙ ГИПОКСИИ НА ФИЗИЧЕСКОЕ И СЕНСОМОТОРНОЕ РАЗВИТИЕ КРЫСЯТ

Н.Н. Федотова[1], О.Н. Павлова[2], О.Н. Гуленко[2], В.В. Леонов[2], Е.В. Лукенюк[3]
[1]Филиал частного учреждения образовательной организации высшего образования «Медицинский университет «Реавиз», г. Саратов, Россия
[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Самара, Россия
[3]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Приволжский государственный университет путей сообщения», г. Самара, Россия

Аннотация. Перинатальная гипоксия определяется как состояние, при котором наблюдается недостаток кислорода в организме плода или новорожденного, что может оказывать как краткосрочные, так и долгосрочные негативные последствия для здоровья. Цель – изучение влияния перинатальной гипоксии на физическое и сенсомоторное развитие крысят. Работа проводилась на крысах обоих полов линии «Wistar» (20 половозрелых самок и 10 половозрелых самцов, которые поровну по принципу рандомизации были разделены на 2 группы, и от них было получено потомство). 1 группа – контроль, а животным 2 группы моделировали состояние недоношенной беременности человека: воздействие острой нормобарической гипоксии на крысят на вторые постнатальные сутки. Впоследствии оценивали физическое и сенсомоторное развитие. Установлено, что острая нормобарическая гипоксия приводит к задержке физического и сенсомоторного развития крыс, выражающейся у самок в замедлении набора массы тела и замедленном формировании рефлексов «Избегание обрыва», «Удержание на вращающемся цилиндре» и мышечной силы, а у самцов – рефлекса «Переворачивание на плоскости».

Ключевые слова: перинатальная гипоксия, крысы, острая нормобарическая гипоксия, рефлекс, физическое развитие, сенсомоторное развитие.

EFFECT OF PERINATAL HYPOXIA ON PHYSICAL AND SENSORIMOTOR DEVELOPMENT OF RATS

N.N. Fedotova[1], O.N. Pavlova[2], O.N. Gulenko[2], V.V. Leonov[2], E.V. Lukenyuk[3]
[1]Branch of the Reaviz Medical University, Saratov, Russia
[2]Samara State Medical University, Samara, Russia
[3]Volga State Transport University, Samara, Russia

Abstract. Perinatal hypoxia is defined as a condition in which there is a lack of oxygen in the body of a fetus or a newborn that can have both short-term and long-term negative health effects. The objective – to study the effect of perinatal hypoxia on physical and sensorimotor development of rats. The work was carried out on the Wistar rats of both genders (20 sexually mature females and 10 sexually mature males, which were equally divided into 2 groups according to the principle of randomization, the offspring were obtained from them). Group 1 was the control group, and the Group 2 animals undergone a state of premature human pregnancy: exposure of rats to acute normobaric hypoxia on the second postnatal day. Then physical and sensorimotor development was assessed. The authors have found that acute normobaric hypoxia leads to a delay in the physical and sensorimotor development of rats, expressed in a delayed weight gain and formation of reflexes in the cliff avoidance, rotarod and muscle strength tests in females, and in delayed formation of the righting reflex in males.

Keywords: perinatal hypoxia, rats, acute normobaric hypoxia, reflex, physical development, sensorimotor development.

Введение. Перинатальная гипоксия определяется как состояние, при котором наблюдается недостаток кислорода в организме плода или новорожденного, и это может происходить на различных этапах: во время беременности, в процессе родов или в первые минуты и часы после рождения [1, 2].

Различают две основные формы перинатальной гипоксии: хроническую и острую. Хроническая гипоксия плода относится к состоянию длительного и постоянного дефицита кислорода, которое часто связывается с фетоплацентарной недостаточностью [3, 4]. Острая гипоксия обычно связана с временным снижением доступности кислорода, особенно в критические моменты родов. Это состояние является распространенным неонатальным стрессором, особенно у недоношенных детей, которые могут испытывать легочные и сердечные дисфункции [5-7].

По данным литературы, перинатальная гипоксия встречается у 1-6 детей на 1000 новорожденных и является одной из ведущих причин как перинатальной смертности, так и долгосрочных неврологических нарушений [3]. Неврологические расстройства, возникающие в результате перинатальной гипоксии, могут быть разнообразными и включать: умственное отставание; двигательные нарушения, включая детский церебральный паралич; когнитивные и поведенческие расстройства. Исходя из этого, понимание факторов риска перинатальной гипоксии имеет критическое значение для снижения заболеваемости и улучшения исходов для новорожденных [4].

Исследования пренатального и раннего постнатального развития мозга у человека и грызунов (крысы и мыши) показывают значительные различия, однако также можно наблюдать важные сходства, особенно касающиеся периодов нейрогенеза и синаптогенеза. Важную роль в этих исследованиях играют модельные системы на основе грызунов благодаря их короткому сроку беременности и общим принципам развития нервной системы [8].

Сравнение скорости роста мозга и функционального созревания различных его структур между грызунами и людьми позволяет проводить некоторые аналогии. Согласно литературным данным, первый день жизни крысы сопоставим с 20-ой неделей беременности у человека по степени зрелости нервной системы. Третий день жизни крысы соответствует развивающемуся плоду на 24-28 неделе, либо недоношенному новорожденному. Седьмой день жизни крысы может быть сопоставлен с недоношенным новорожденным, развивающимся на 32-34 неделях беременности, в то время как в возрасте 10-12 дней крыса достигает уровня зрелости, аналогичного доношенному новорожденному (38-40 недель) [9].

Таким образом, эти исследования позволяют использовать крыс как модель для изучения механизмов, лежащих в основе гипоксии у человека. Острая гипоксия, возникающая у недоношенных детей, а также плацентарная недостаточность негативно сказываются на развитии мозга. Исследования на крысах, подвергавшихся неонатальной гипоксии, предоставляют важные данные о нейропатологических последствиях, связанных с перинатальной гипоксией у человека.

Основания для сравнительного анализа созревания нервной системы в различных видах подчеркивают предпосылки для дальнейших исследований, направленных на улучшение понимания неврологических заболеваний и состояний, связанных с нарушениями в перинатальном и раннем постнатальном развитии. Исследования на грызунах служат важным инструментом для выявления методов вмешательства, которые могут помочь улучшить исходы для новорожденных, подверженных риску гипоксии или других неблагоприятных факторов.

Цель – изучение влияния перинатальной гипоксии на физическое и сенсомоторное развитие крысят.

Методы и организация исследования. Работа проводилась на крысах обоих полов линии «Wistar» (20 половозрелых самок и 10 половозрелых самцов, которые поровну по принципу рандомизации были разделены на 2 группы). Животных содержали в стандартных условиях вивария со свободным доступом к пище и воде и соблюдением 12-часового светового режима дня. От взрослых крыс были получены крысята, и каждый выводок содержался в отдельной клетке вместе с матерью до достижения месячного возраста, а затем крысят отсаживали от матери. В первой группе от них было получено 122 крысенка (69 самцов и 53 самки), а во второй – 128 крысят (59 самцов и 69 самок).

Исследование выполнено на модели недоношенной беременности человека: воздействие острой нормобарической гипоксии (ОНГ) на крысят на вторые постнатальные сутки [10]. Гипоксические и контрольные условия были воссозданы в инкубаторе New Brunswick Scientific «Innova CO-48 CO_2» (США). Параметры гипоксии (8% O_2, 92% N_2, 37 ºС, 2 ч) были подобраны экспериментально и основаны на литературных данных.

День рождения крысят принимали за нулевой день жизни. На второй день жизни животных взвешивали, и каждый выводок делили на равные группы:

1 группа – контроль, крысята обоих полов, не подвергавшиеся действию гипоксии, но на второй день жизни они находились в инкубаторе при 37 ºС в течение 2-х часов при атмосферном содержании кислорода в воздухе.

2 группа – экспериментальная, крысята обоих полов подергались действию острой нормобарической гипоксии путем помещения в инкубатор с пониженным содержанием кислорода (8% O_2) и температурой 37 ºС на 2 часа.

У животных первоначально оценивали формирование рефлекса переворачивания на плоскости на 6 сутки жизни, рефлекса «Избегание обрыва» – на 9 сутки жизни, рефлекса ползания – на 10 сутки жизни, рефлекса «Отрицательный геотаксис» – на 12 сутки развития, реакцию на акустический стимул – на 13 сутки жизни, обонятельную реакцию – на 11 сутки жизни. Мышечную силу крысят оценивали на 15 сутки жизни, переворачивание в свободном падении – на 18 сутки, удержание на вращающемся цилиндре – на 20 сутки жизни.

Цифровой материал всех экспериментов подвергали статистической обработке с помощью пакета программ STATISTICA Application 10.0.1011.0. Оценку нормальности распределения данных проводили с помощью критерия Шапиро-Уилка. Так как характер распределения данных соответствовал нормальному, результаты эксперимента оценивали с помощью методов дисперсионного анализа (ANOVA/MANOVA). В случае достоверного влияния выбранных факторов или их взаимодействия проводили последующий post hoc анализ с использование критерия Фишера (Fisher LSD test). Межгрупповые различия динамических показателей (прибавка веса) оценивались с помощью ANOVA для повторных измерений.

Результаты исследования и их обсуждение. При исследовании острых эффектов ОНГ среди крысят экспериментальной группы зафиксированы потери: общая смертность от гипоксии составила 5,46±0,19% (7 крысят), при этом среди самок смертность составила 5,79±0,14% (4 самки), а среди самцов – 5,08±0,16% (3 самца). У всех животных экспериментальной группы был отмечен цианоз по окончании сеанса гипоксии.

При оценке физического развития крысят на 2 сутки постнатального развития различий по массе тела в подгруппе самцов и самок контрольной и экспериментальной групп выявлено не было (рис. 1).

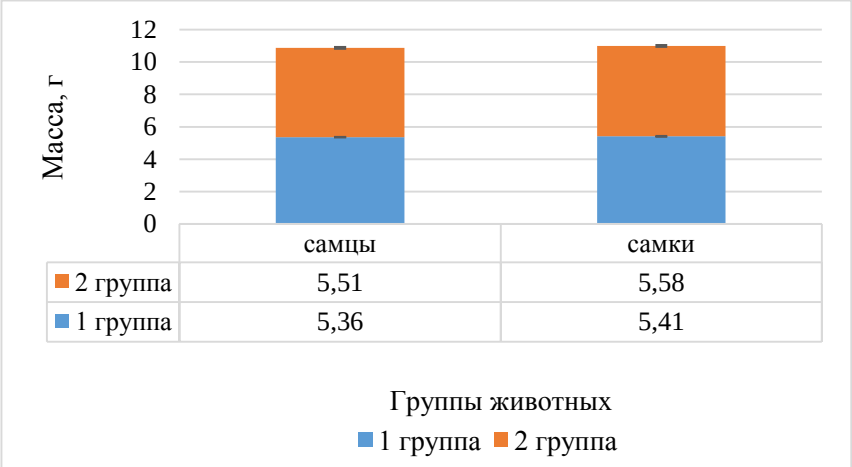
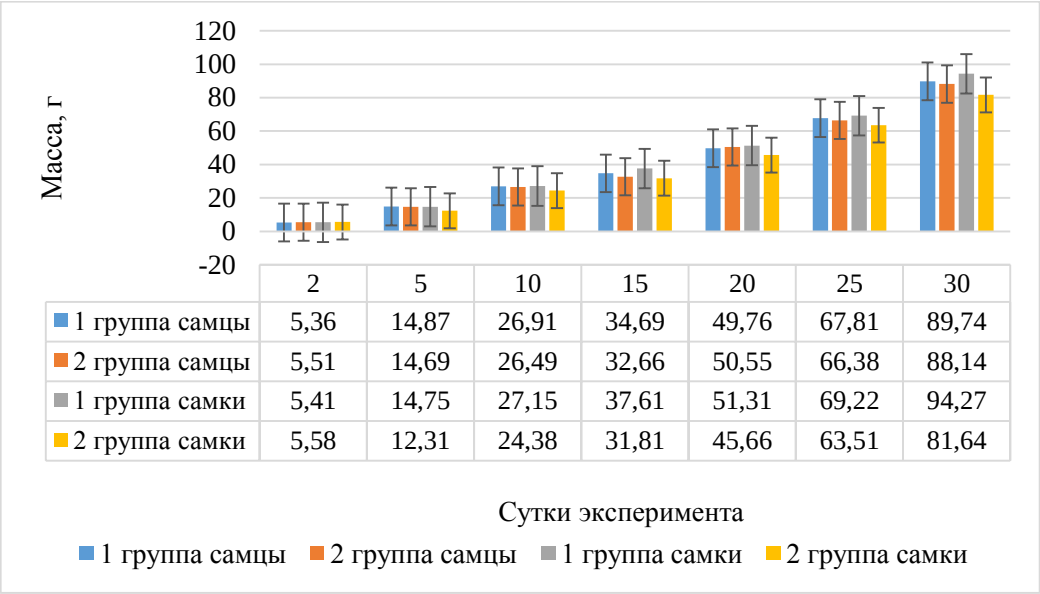


Рис. 1. Масса крысят 1 и 2 группы на 2 сутки жизни

После моделирования ОНГ также проводили оценку прироста массы тела у крысят до 30 суток жизни и было установлено, что самки, подвергшиеся ОНГ, отставали по приросту массы тела от самок контрольной группы ($p<0,001$).



	2	5	10	15	20	25	30
1 группа самцы	5,36	14,87	26,91	34,69	49,76	67,81	89,74
2 группа самцы	5,51	14,69	26,49	32,66	50,55	66,38	88,14
1 группа самки	5,41	14,75	27,15	37,61	51,31	69,22	94,27
2 группа самки	5,58	12,31	24,38	31,81	45,66	63,51	81,64

Рис. 2. Динамика массы крысят 1 и 2 группы со 2 по 30 сутки эксперимента

Согласно представленным данным, первоначальная масса самцов 1 и 2 групп и масса самок 1 группы на протяжении эксперимента были примерно одинаковыми, однако масса самок 2 группы, начиная с 5 суток эксперимента, была достоверно ниже, чем самок 1 группы: на 5 сутки – ниже на 16,5%, на 10 сутки – на 10,2%, на 15 сутки – на 15,4%, на 20 сутки – на 11,0%, на 25 сутки – на 9,7%, на 30 сутки – на 13,4%.

Также произведена оценка влияния ОНГ на показатели физического развития крысят (табл. 1).

Таблица 1

Показатели физического развития крысят в норме и после воздействия острой нормобарической гипоксии

Показатель	Норма	Группа 1		Группа 2	
		Самцы	Самки	Самцы	Самки
Отлипание ушной раковины, сут.	2 сутки	2,7±0,09	2,8±0,08	2,9±0,09	2,8±0,08
Появление первичного волосяного покрова, сут.	5 сутки	5,4±0,17	5,9±0,21	5,7±0,18	5,8±0,19
Прорезывание резцов, сут.	8 сутки	10,3±0,37	9,4±0,31	10,7±0,35	9,8±0,29
Открытие глаз, сут.	14 сутки	15,5±0,53	14,6±0,46	15,8±0,55	15,1±0,49
Опускание семенников, сут.	25 сутки	26,9±0,99	-	27,8±0,97	-
Открытие влагалища, сут.	30 сутки	-	31,4±1,13	-	33,5±1,21

Согласно представленным данным, отлипание ушной раковины и появление волосяного покрова у самцов 1 группы произошло раньше на 7,4% и 5,6% соответственно по сравнению с самцами 2 группы, а у самок обеих групп – практически одновременно. Прорезывание резцов и открытие глаз у самцов и самок обеих групп произошло почти одновременно (различия не превышали 4,5%). Опускание семенников у самцов в обеих группах также произошло почти одновременно, а открытие влагалища у самок 1 группы произошло раньше на 6,9% по сравнению с самками 2 группы.

В результате оценки сенсомоторного развития крысят и влияния на него ОНГ выявлены некоторые особенности (табл. 2).

Таблица 2

Показатели сенсомоторного развития крысят в норме и после воздействия острой нормобарической гипоксии

Показатель	Группа 1		Группа 2	
	Самцы	Самки	Самцы	Самки
Рефлекс переворачивания на плоскости, с	1,224±0,044	1,385±0,051[2]	1,698±0,054[1]	1,412±0,049
Рефлекс «Избегание обрыва», % крысят	93,73±3,281	91,67±3,483	85,41±2,990	76,49±2,941[1]
Рефлекс ползания, с	60,513±2,118	58,358±1,984	62,445±2,291	63,643±2,435[1]
Рефлекс отрицательный геотаксис, с	9,953±0,348	12,691±0,444[2]	14,789±0,547[1]	18,543±0,649[1,2]
Реакция на акустический стимул, % крысят	88,67±3,192	92,54±3,423	79,13±2,921[1]	80,61±2,726[1]
Обонятельная реакция, % крысят	93,33±3,173	92,74±3,246	82,65±3,141[1]	80,24±2,728[1]
Мышечная сила, % крысят	91,68±3,302	89,75±3,052	90,28±3,069	77,31±2,474[1,2]
Переворачивание в свободном падении, % крысят	93,28±3,358	92,81±3,434	94,33±3,302	94,55±3,593
Удержание на вращающемся цилиндре, % крысят	82,43±2,967	83,94±2,854	84,25±2,612	71,31±2,495[1,2]

Примечание: различия достоверны при $p<0,05$: 1 – по сравнению с показателями животных 1 группы того же пола; 2 – по сравнению с показателями самцов внутри группы.

Самки 1 и 2 группы переворачивались на плоскости примерно с одинаковой скоростью, при этом самцы 2 группы переворачивались на плоскости на 38,7% медленнее, чем самцы 1 группы. В 1 группе крыс самки переворачивались медленнее, чем самцы на 13,2%, а во 2 группе – на 16,8% быстрее, чем самцы. Применение ДДА (двухфазного дисперсионного анализа) выявило значимый эффект воздействия ОНГ ($F1,243=7,31$; $p=0,002$) и отсутствие влияния пола крыс ($F1,243=0,33$; $p=0,781$), но сочетанное действие этих факторов оказалось значимым ($F1,243=6,01$; $p=0,003$). Таким образом, было установлено, что ОНГ оказала влияние на самцов, а не на самок, и самцы, перенесшие гипоксию, выполняли рефлекс переворачивания на плоскости значимо дольше, чем самцы 1 группы.

Формирование рефлекса «Избегание обрыва» у крысят в норме формируется к 9 суткам жизни, и в группе 1 он был сформирован у 93,73% самцов и у 91,67% самок, что было больше, чем у крыс 2 группы, на 8,9% и 13,3% соответственно. При этом самцов во 2 группе, выполняющих данный рефлекс, было больше, чем самок, на 6,9%. Применение ДДА выявило значимый эффект воздействия ОНГ ($F1,243=7,31$; $p=0,012$) и отсутствие влияния пола крыс ($F1,243=0,26$; $p=0,691$), но значимое сочетание этих факторов ($F1,243=5,39$; $p=0,034$). Таким образом, было установлено, что ОНГ оказала влияние на самок, а не на самцов, и у самок, перенесших гипоксию, рефлекс «Избегание обрыва» формировался значимо медленнее, чем у самок 1 группы.

Внутри каждой изучаемой группы самцы и самки ползали примерно одинаковое время (различия не превышали 3,0%), но при этом самки 2 группы ползали дольше самок 1 группы на 9,1%. Анализ результатов с помощью ДДА показал отсутствие значимого влияния ОНГ ($F1,243=0,69$; $p=0,461$), пола крыс ($F1,243=0,17$; $p=0,883$) и сочетанного действия этих факторов ($F1,243=0,23$; $p=0,627$).

Выполнение рефлекса «Отрицательный геотаксис» самками обеих групп происходило медленнее, чем у самцов: в 1 группе – на 27,5%, а во 2 группе – на 25,4%. При этом самцы 1 группы выполняли данный рефлекс быстрее на 48,6% по сравнению с самцами 2 группы, а самки 1 группы – на

46,1% по сравнению с самками 2 группы. По результатам использования ДДА установлено значимое влияние ОНГ (F1,243=7,42; p=0,001) и незначимое влияние пола крыс (F1,243=0,03; p=0,763), а также незначимое влияние их совместного взаимодействия (F1,243=0,11; p=0,819). Установлено, что время выполнения отрицательного геотаксиса у крыс, подвергшихся гипоксии, было больше по сравнению с крысами 1 группы.

Формирование реакции на акустический стимул у крысят в норме формируется к 13 суткам жизни, и в группе 1 к этому времени он был сформирован у 88,67% самцов и у 92,54% самок, что было больше, чем у крыс 2 группы, на 10,8% и 12,9% соответственно. При этом внутри каждой группы количество самцов и самок, выполняющих данный рефлекс было примерно одинаковым. ДДА выявил значимый эффект воздействия ОНГ (F1,243=6,24; p=0,001), отсутствие влияния пола крыс (F1,243=0,39; p=0,571) и совместного сочетания этих факторов (F1,243=0,66; p=0,739).

Формирование обонятельной реакции у крысят в норме формируется к 12 суткам жизни, и в группе 1 к этому времени он был сформирован у 93,33% самцов и у 92,74% самок, что было больше, чем у крыс 2 группы, на 11,4% и 13,5% соответственно. При этом внутри каждой группы количество самцов и самок, выполняющих данный рефлекс, было примерно одинаковым. Согласно ДДА установлен значимый эффект воздействия ОНГ (F1,243=6,12; p=0,001), отсутствие влияния пола крыс (F1,243=0,51; p=0,538) и совместного сочетания этих факторов (F1,243=0,73; p=0,061).

Формирование мышечной силы для удержания на сетке не менее 15 секунд у крысят в норме происходит к 15 суткам жизни, и у самцов 1 и 2 группы процент крысят с сформированной реакцией был примерно одинаков, но при этом самок в группе 1 с сформированной реакцией на 15 сутки было больше на 13,9% по сравнению с показателями 2 группы. Также в группе 2 на 15 сутки количество самцов с сформированной мышечной силой было больше, чем самок, на 14,4%. Применение ДДА выявило значимый эффект воздействия ОНГ (F1,243=6,88; p=0,001), отсутствие влияния пола крыс (F1,243=0,33; p=0,644) и значимый эффект совместного сочетания этих факторов (F1,243=5,39; p=0,038).

Рефлекс переворачивания в свободном падении у крысят формируется к 18 суткам жизни и было установлено, что в обеих группах количество самцов и самок с сформированным рефлексом на 18 сутки было примерно одинаковым (различия не превышали 3,0%). Применение ДДА показало отсутствие значимого влияния ОНГ (F1,243=0,93; p=0,463), пола крыс (F1,243=0,19; p=0,819) и сочетанного действия этих факторов (F1,243=0,18; p=0,271).

Формирование реакции удержания на вращающемся цилиндре в течении трех минут формируется в среднем к 20 суткам жизни и у самцов 1 и 2 группы процент крысят, с сформированной к этому времени реакцией был примерно одинаков, но при этом в 1 группе самок с сформированной реакцией на 20 сутки было больше на 15,1% по сравнению с показателями 2 группы. Также в группе 2 на 20 сутки количество самцов с сформированной мышечной силой было больше, чем самок на 15,4%. Применение двухфакторного ANOVA выявило значимый эффект воздействия ОНГ (F1,243=5,82; p=0,001), отсутствие влияния пола крыс (F1,243=0,51; p=0,167) и значимый эффект совместного сочетания этих факторов (F1,243=6,01; p=0,024).

Согласно представленным данным, острая нормобарическая гипоксия приводит к отставанию физического и сенсомоторного развития крысят. Установлено, что набор массы самцами после ОНГ не отличался от контрольной группы, а у самок, перенесших гипоксию отмечено отставание в наборе массы по сравнению с самками контрольной группы. Не исключено, что различия в наборе массы тела после гипоксии у самцов и самок могут быть связаны с нарушением сосательно-глотательного рефлекса, вызванным нейромоторными, нейроэндокринными или поведенческими нарушениями, что часто

наблюдается у новорожденных к клинической практике [11]. Таким образом, результаты свидетельствуют о ползависимом характере нарушений физического развития, вызванных ОНГ.

При оценке созревания сенсомоторных рефлексов крысят на фоне ОНГ в период вскармливания установлено, что гипоксия приводит к пол-зависимой задержке сенсомоторного развития. Так, оценка рефлекса «Переворачивание на плоскости» показала большее влияние ОНГ на самцов, но не на самок, а рефлекса «избегание обрыва», теста на мышечную силу и удержание на вращающемся цилиндре – наоборот, при этом анализ формирования рефлексов ползания, «Отрицательный геотаксис», переворачивание в свободном падении, реакция на акустический стимул, обонятельная реакцию показал одинаковое влияние ОНГ на самцов и самок.

Рефлекс «Переворачивание на плоскости» отражает степень подкоркового созревания, а «отрицательный геотаксис» оценивает интеграцию сенсорного входа и двигательного ответа. На основании полученных данных можно сделать вывод, что у крыс на фоне гипоксии нарушается формирование двигательных актов, требующих координации работы конечностей и интегративный сенсомоторный ответ [12].

Полученные результаты согласуются с клиническими данными и подтверждают связь между асфиксией при родах и последующими неврологическими нарушениями у новорожденных.

Согласно исследованиям [13] установлено, что нарушения на фоне асфиксии ранних неонатальных рефлексов, таких как рефлекс Моро, хватательный и сосательный являются важными маркерами риска развития церебрального паралича и задержек в умственном развитии новорожденных в будущем. Дети, перенесшие ПГ, характеризуются нарушением двигательных функций, сниженной способностью к обучению, невнимательностью, гиперактивностью и другими когнитивными нарушениями

В исследованиях Lubics и соавторов на моделях на грызунах выявлены краткосрочные нейрофункциональные последствия перинатальной гипоксии, измеренные в тестах переворачивания и отрицательного геотаксиса, которые коррелируют с долговременным функциональным и когнитивным дефицитом [14].

Согласно исследованиям [15], в экспериментах на грызунах установлено, что неонатальная гипоксия вызывает у них гиперактивность и нарушение пространственного обучения, а также другие когнитивные нарушения.

Корреляция между краткосрочными нейрофункциональными последствиями в моделях на грызунах и их долговременным когнитивным и функциональным дефицитом показывает, что тщательное изучение поведения после гипоксии может дать представление о возможных последствиях у людей.

В связи с этим, необходимо продолжать исследования в данной области для разработки более эффективных методов диагностики и лечения, а также для получения новых данных, которые помогут создать надежные прогнозы и стратегии реабилитации для детей, перенесших гипоксию.

Заключение. Острая нормобарическая гипоксия приводит к задержке физического и сенсомоторного развития крыс, выражающейся у самок в замедлении набора массы тела и замедленном формировании рефлексов «избегание обрыва», теста на мышечную силу и удержание на вращающемся цилиндре; а у самцов – в замедленном формировании рефлекса «Переворачивание на плоскости».

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bratek, E. Pretreatment with group II metabotropic glutamate receptor agonist LY379268 protects neonatal rat brains from oxidative stress in an experimental model of birth asphyxia / E. Bratek, A. Ziembowicz, E. Salinska // Brain Sci. – 2018. – № 8(3). – P. 1-11.
2. Отдаленные последствия воздействия гипоксии в перинатальный период развития на структурно-функциональные характеристики мозга у

крыс / В.А. Отеллин, Л.И. Хожай, Л.А. Ватаева, Т.Т. Шишко // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 2011. – № 97(10). – С. 1092–1100.
3. Kurinczuk, J.J. Epidemiology of neonatal encephalopathy and hypoxic-ischaemic encephalopathy / J.J. Kurinczuk, M. White-Koning, N. Badawi // Early Hum. Dev. – 2010. – № 86(6). – P. 329-338.
4. Miller, S.L. The consequences of fetal growth restriction on brain structure and neurodevelopmental outcome / S.L. Miller, P.S. Huppi, C. Mallard // J. Physiol. – 2016. – № 594(4). – P. 807-823.
5. Суханова, Ю.А. Влияние острой нормобарической неонатальной гипоксии на моторное развитие и состояние глутатионовой системы тканей мозга крыс: исследование эффектов введения N-арахидоноилдофамина / Ю.А. Суханова, М.Ю. Бобров, Н.Г. Левицкая. // Материалы XXIII съезда физиологического общества им. И. П. Павлова. – Воронеж, 2017. – С. 572-573.
6. Журавин, И.А. Постнатальное физиологическое развитие крыс после острой пренатальной гипоксии / И.А. Журавин, Н.М. Дубровская, Н.Л. Туманова // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 2003. – № 89(5). – С. 522–532.
7. Влияние однократной нормобарической гипоксии у крыс в возрасте 10 дней на сенсомоторное развитие и поведение животных/ Д.Д. Хухарева, Ю.А. Суханова, Е.А. Себенцова, Н.Г. Левицкая // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 2021. – № 107(2). – С. 187–202.
8. Timetables of neurogenesis in the human brain based on experimentally determined patterns in the rat / S.A. Bayer, J. Altman, R.J. Russo, X. Zhang // Neurotoxicology. – 1993. – № 14(1). – P. 83-144.
9. Graaf-Peters, V.B. Ontogeny of the human central nervous system: What is happening when? / V.B. Graaf-Peters, M. de Hadders-Algra // Early Hum. Dev. – 2006. – № 82(4). – P. 257-266.
10.Development of a postnatal 3-day-old rat model of mild hypoxic-ischemic brain injury / A. Stadlin, A. James, R. Fiscus, Y.F. Wong [et al] // Brain Res. – 2003. – № 993(1-2). – P. 101-110.
11.Therapeutic hypothermia provides variable protection against behavioral deficits after neonatal hypoxia-ischemia: a potential role for brain-derived neurotrophic factor / J. Diaz, S. Abiola, N. Kim [et al] // Dev. Neurosci. –2017.–№39(1-4).–P.257-272.
12.Hypoxia-ischemia induced neurological dysfunction and brain injury in the neonatal rat / L. Fan, S. Lin, Y. Pang [et al] // Behav. Brain Res. – 2005. – № 165(1). – P. 80-90.
13.Brain injury and neurofunctional deficit in neonatal mice with hypoxic-ischemic encephalopathy / V.S. Ten, M. Bradley-Moore, J.A. Gingrich [et al] // Behav. Brain Res. – 2003. – № 145(1-2). – P. 209-219.
14.Neurological reflexes and early motor behavior in rats subjected to neonatal hypoxic-ischemic injury / A. Lubics, D. Reglodi, A. Tamás [et al] // Behav. Brain Res. – 2005. – № 157(1). – P. 157-165.
15.Sodium hydrosulfide prevents hypoxia-induced behavioral impairment in neonatal mice / Z. Wang, J. Zhan, X. Wang [et al] // Brain Res. – 2013. – № 1538. – P. 126-134.

REFERENCES

1. Bratek E., Ziembowicz A., Salinska E. Pretreatment with group II metabotropic glutamate receptor agonist LY379268 protects neonatal rat brains from oxidative stress in an experimental model of birth asphyxia. *Brain Sci*, 2018, no. 8(3), pp. 1–11.
2. Otellin V.A., Hozhaj L.I., Vataeva L.A., Shishko T.T. The remote consequences of hypoxia influence in perinatal development period on structurally functional characteristics of the rat brain. *Russian Journal of Physiology*, 2011, no. 97(10), pp. 1092–1100. (in Russ.)
3. Kurinczuk, J.J., White-Koning M., Badawi N. Epidemiology of neonatal encephalopathy and hypoxic-ischaemic encephalopathy. *Early Hum. Dev*, 2010, no. 86(6), pp. 329–338.
4. Miller S.L., Huppi P.S., Mallard C. The consequences of fetal growth restriction on brain structure and neurodevelopmental outcome. *J. Physiol*, 2016, no. 594(4), pp. 807–823.
5. Sukhanova Yu.A., Bobrov M.Y., Levitskaya N.G. Effect of acute normobaric neonatal hypoxia on motor development and the state of the glutathione system of rat brain tissue: study of the effects of N-arachidonoyldophamine administration. Proceedings of the XXIII Congress of the I.P. Pavlov Physiological Society. Voronezh, 2017. pp. 572–573. (in Russ.)
6. Zhuravin, I.A. Dubrovskaya N.M., Tumanova N.L. Postnatal physiological development of rats after acute prenatal hypoxia. *Russian Journal of Physiology*, 2003, no. 89(5), pp. 522–532. (in Russ.)
7. Khukhareva D.D., Sukhanova Yu.A., Sebentsova E.A., Levitskaya N.G. Impact of Acute Normobaric Hypoxia in 10-Day-Old Rats on Sensorimotor Development and Behaviour of Animals. *Russian Journal of Physiology*, 2021, no. 107(2), pp. 187-202. (in Russ.)
8. Bayer S.A., Altman J., Russo R.J., Zhang X. Timetables of neurogenesis in the human brain based on experimentally determined patterns in the rat. *Neurotoxicology*, 1993, no. 14(1), pp. 83–144. (in Russ.)
9. Graaf-Peters V.B., de Hadders-Algra, M. Ontogeny of the human central nervous system: What is happening when? *Early Hum. Dev*, 2006,

no. 82(4), pp. 257–266.
10.Stadlin A., James A., Fiscus R., Wong Y.F., Rogers M., Haines C. Development of a postnatal 3-day-old rat model of mild hypoxic-ischemic brain injury. *Brain Res*, 2003, no. 993(1-2), pp. 101–110.
11.Diaz J., Abiola S., Kim N., Avaritt O., Flock D., Yu J., Northington F.J., Chavez-Valdez R. Therapeutic hypothermia provides variable protecttion against behavioral deficits after neonatal hypoxia-ischemia: a potential role for brain-derived neurotrophic factor. *Dev. Neurosci*, 2017, no. 39 (1-4), pp. 257–272.
12.Fan L.W., Lin S., Pang Y., et al. Hypoxia-ischemia induced neurological dysfunction and brain injury in the neonatal rat. *Behav. Brain Res*, 2005, no. 165(1), pp. 80–90.
13.Ten V.S., Bradley-Moore M., Gingrich J.A., Stark R.I., Pinsky D.J. Brain injury and neurofunctional deficit in neonatal mice with hypoxic-ischemic encephalopathy. *Behav. Brain Res*, 2003, no. 145(1-2), pp. 209–219.
14.Lubics A., Reglodi D., Tamás A., Kiss P., Szalai M., Szalontay L., Lengvári I. Neurological reflexes and early motor behavior in rats subjected to neonatal hypoxic-ischemic injury. *Behav. Brain Res*, 2005, no. 157(1), pp. 157–165.
15.Wang Z., Zhan J., Wang X., Gu J., Xie K., Zhang Q., Liu D. Sodium hydrosulfide prevents hypoxia-induced behavioral impairment in neonatal mice. Brain Res, 2013, no. 1538, pp. 126–134.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Наталья Николаевна Федотова – старший преподаватель кафедры медико-биологических дисциплин, филиал ЧУОО ВО «Медицинский университет «Реавиз», Саратов.
Ольга Николаевна Павлова – доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой физиологии ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Самара, e-mail: casiopeya13@mail.ru.
Ольга Николаевна Гуленко – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры физиологии ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Самара, e-mail: gulenko_ol@mail.ru.
Виктор Валериевич Леонов – кандидат медицинских наук, старший преподаватель кафедры физиологии ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Самара, e-mail: v.v.leonov@samsmu.ru.
Елена Викторовна Лукенюк – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и экология», ФГБОУ ВО «Приволжский государственный университет путей сообщения», e-mail: e.v.lukenjuk@samsmu.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Natal'ya N. Fedotova – Senior Lecturer, Department of Medical and Biological Disciplines, Saratov Branch of the Reaviz Medical University, Saratov.
Ol'ga N. Pavlova – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Physiology, Samara State Medical University, Samara, e-mail: casiopeya13@mail.ru.
Ol'ga N. Gulenko – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Department of Physiology, Samara State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, Samara, Russia; gulenko_ol@mail.ru.
Viktor V. Leonov – Candidate of Medical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Physiology, Samara State Medical University, Samara, e-mail: v.v.leonov@samsmu.ru.
Elena V. Lukenyuk – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Life Safety and Ecology Department, Volga Region State University of Railway Transport, e-mail: e.v.lukenjuk@samsmu.ru.

Для цитирования: Исследование влияния перинатальной гипоксии на физическое и сенсомоторное развитие крысят / Н.Н. Федотова, О.Н., Павлова, О.Н. Гуленко [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_18

For citation: Fedotova N.N., Pavlova O.N., Gulenko O.N., Leonov V.V., Lukenyuk E.V. Effect of perinatal hypoxia on physical and sensorimotor development of rats. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_18

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_19
УДК 796.41:37.037.1

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_19
UDC 796.41:37.037.1

АДАПТАЦИОННЫЕ КРАТКОСРОЧНЫЕ РЕАКЦИИ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ ДЕТЕЙ 5-6 ЛЕТ НА ЗАНЯТИЯХ СИНХРОННЫМ ПЛАВАНИЕМ

С.Н. Филиппова[1], А.Н. Корольков[2], В.А. Космачева[2]
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный социальный университет», г. Москва, Россия
[2]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Государственный университет просвещения», г. Москва, Россия

Аннотация. Проведено обследование состояния кардиореспираторной системы у девочек 5-6 лет, в процессе занятий синхронным плаванием с целью оценить реакции краткосрочной адаптации организма к тренировочным двигательным нагрузкам. Выявлена динамика возрастания показателей сердечно-сосудистой системы при противоположно направленной динамике понижения функций дыхательной системы, что можно трактовать как влияние нарастающего утомления и гипоксического состояния организма, а также несформированность волевых процессов у детей 5-6 лет, необходимых для выполнения теста задержки дыхания. Установлено, что для юных синхронисток 5-6 лет определяющим фактором состояния дыхательной системы является возраст, а не антропометрические параметры.
Ключевые слова: дыхательные пробы, жизненная емкость легких, пульсоксиметрия, спирометрия, утомление.

ADAPTIVE SHORT-TERM RESPONSES OF THE CARDIORESPIRATORY SYSTEM OF CHILDREN AGED 5-6 YEARS IN SYNCHRONIZED SWIMMING CLASSES

S.N. Filippova[1], A.N. Korol'kov[2], V.A. Kosmacheva[2]
[1]Russian State Social University, Moscow, Russia
[2]State University of Education, Moscow, Russia

Abstract. The authors have examined the state of the cardiorespiratory system in 5-6-year-old girls during synchronized swimming classes in order to estimate responses of short-term adaptation of a body to training activity. The researchers have discovered the dynamics of increasing indicators of the cardiovascular system with the opposite dynamics of reducing functions of the respiratory system, which may be interpreted as influence of increasing fatigue and hypoxia, as well as underdeveloped volitional processes required for breath holding test in 5-6-year-old children. It has been also found that the identifying factor of the state of the respiratory system for 5-6-year-old synchronized swimmers is age, not anthropometric parameters.
Keywords: respiratory tests, vital capacity of the lungs, pulse oximetry, spirometry, fatigue.

Введение. Реализация спортивной деятельности сопровождается процессом адаптации организма к тренировочным воздействиям и комплексу факторов среды. По временным показателям проявления приспособительных изменений выделяют срочные, долговременные и кумулятивные реакции. Эффективность и своевременность адаптационных изменений определяется функциональными возможностями регуляторных систем организма и влияет на результаты тренировочной и соревновательной деятельности юных спортсменов. Поэтому изучение адаптационных процессов как неотъемлемых составляющих спортивной деятельности, имеющих возрастные особенности у молодых спортсменов, в различных видах спорта остается важной научной проблемой.

Влияние синхронного плавания (СП) на состояние организма и, прежде всего, на кардиореспираторную систему спортсменов является актуальным направлением исследований. Особенности подготовки в этом популярном виде спорта рассматриваются в трудах Е.А. Золотовой, М.Н. Максимовой, В.Л. Ростовцева, Ю.А. Постольник и др. [1-4]. Большинство проведенных исследований посвящено изучению долгосрочных влияний СП на организм спортсменов.

Всеми исследователями отмечается, что регулярные адекватные тренировочные нагрузки в СП приводят к увеличению жизненной емкости легких (ЖЕЛ), экономизации сердечной деятельности, повышению кислородного обмена и уровня гемоглобина, возрастанию тонуса периферических кровеносных сосудов и другим адаптационным реакциям организма спортсменов [3, 5].

При исследовании краткосрочных адаптационных реакций установлено, что нагрузки, связанные с задержкой дыхания, нырятельными рефлексами и совершением движений в условиях гипоксии проявляются в падении парциального давления кислорода и накоплении углекислого газа в крови и тканях, перераспределении кровотока от органов, устойчивых к недостатку кислорода, к сердцу и мозгу [2], рефлекторном снижении ЧСС [3, 4]. Ранее в нашей работе на спортсменах 18-19 лет было установлено, что достижение минимума концентрации кислорода в гемоглобине крови, как и величины ЧСС, зависят от времени задержки дыхания [6].

Вместе с тем необходимо отметить, что подобные исследования влияния занятий СП на функциональное состояние организма, как правило, проводятся на группах спортсменов старше семи лет (в соответствии с требованиями федерального стандарта спортивной подготовки по этому виду спорта). Хотя во многих детских учреждениях и в спортивно-оздоровительных группах ДЮСШ физкультурные занятия с элементами СП регулярно проводятся с детьми более младшего возраста [7, 8]. Это отражает тенденции ранней спортивной специализации и снижение возрастного ценза для дебюта занятий различными видами спорта.

Цель работы: исследовать срочные адаптационные реакции детей 5-6 лет на занятиях синхронным плаванием для определения допустимого объема тренировочных нагрузок в СП для этого возраста.

Методы и организация исследования. Для достижения поставленной цели было осуществлено пилотное исследование на группе из 13-ти девочек 5-6 лет, занимающихся в секции синхронного плавания в фитнес-центре «X-FIT». Занятия проводились 3 раза в неделю, длительность одного занятия – 2 часа. Цели занятий: развитие основных навыков СП, укрепление дыхательной системы, улучшение координации движений, обучение элементам хореографии.

Структура занятия:

1. Разминка на суше (45 минут): бег, прыжки, упражнения на растяжку, суставная гимнастика;

2. Разминка в воде (15 минут): плавание различными стилями (кроль на груди, кроль на спине, брасс);

3. Освоение новых и повторение пройденных элементов, гребков в синхронном плавании (25 минут): «экбите», «группировка», «обратная группировка», «стандартный гребок», «опорный гребок», «обратный гребок», «парус»;

4. Повторение программы и исправление текущих ошибок (30 минут);

5. Заключительная часть в воде (5 минут): расслабление мышц, спокойное плавание брассом;

Суммарное время пребывания в воде составило 1 час 15 минут. Моторная плотность занятия составляла 60-70%, что является примерным значением, зависящим от структуры и интенсивности занятия. Суммарное время нахождения под водой в отдельном занятии составляло 10-15 минут, а суммарное время задержки дыхания – примерно до 12 минут. Средняя продолжительность одного акта задержки дыхания была равна 10-15 секундам, а количество задержек дыхания за занятие – 35-40 повторений, т.е. задержка дыхания осуществлялась с частотой 1 акт в 1,8-1,9 минуты.

Диагностические обследования занимающихся детей проводились в начале и в конце занятия с использованием:

1. Спирометрия – проводилось измерение показателя ЖЕЛ (спирометр ССП ТУ64-1-2267-77);

2. Пульсоксиметрии – измерение частоты сердечных сокращений (ЧСС) и уровня концентрации кислорода в гемоглобине крови (SpO_2) (пульсоксиметр «Little Doctor MD300C23»);

3. Антропометрии – измерение роста и веса, установление возрастных показателей детей, занимающихся СП;

4. Расчетного метода определения индекса массы тела (ИМТ). Показатель определяли, как объемную плотность тела, рассчитывая индекс массы тела:

$$\textbf{ИМТ=1,5 m/L}^3\textbf{,} \quad (1)$$

где m – масса тела (кг);

L – рост испытуемого (м).

5. Экспериментального метода – пробы с задержкой дыхания под водой на вдохе и выдохе, подобные классическим пробам Штанге и Генчи, которые широко используются для качественной оценки уровня адаптационных возможностей организма человека, пропорционально (линейно) повышаясь при возрастании адаптационного потенциала и понижаясь при его уменьшении;

6. Методов математической статистики. Результаты измерений заносились в таблицы Excel и обрабатывались с помощью стандартных пакетов комплексной обработки данных Stadia 8.0/prof и Statistica 10.0.

Для всех измеренных переменных проверялась справедливость гипотезы: «Распределение не отличается от нормального» (критерий Колмогорова). Устанавливались различия выборочных медиан измеренных переменных в начале и в конце проведения занятия, вычислялись коэффициенты корреляции Спирмена, определялись коэффициенты уравнения регрессии (формула Болдуина, Курнана и Ричардсона), связывающего измеренные показатели спирометрии (ЖЕЛ) и антропометрии (рост, вес) испытуемых. Уровень статистической значимости справедливости нулевых гипотез был принят равным 0,05.

Результаты исследования и их обсуждение. На рисунках 1, 2 и 3 приведены сравнения измеренных физиологических показателей в начале и в конце тренировочного занятия. С использованием критерия знаков установлена справедливость гипотезы: «есть различия в медианах выборок». При этом после тренировочного занятия наблюдается возрастание показателей, характеризующих функциональное состояние кардиореспираторной системы организма юных спортсменок: ЧСС, SpO_2 и ЖЕЛ (рис. 1 и 2), а результаты дыхательных проб уменьшаются (рис. 3).

На рисунке 3 приведены результаты произвольных дыхательных тестов в воде проб, значения которых уменьшаются в конце занятия, в отличие от показателей сердечной деятельности (рис. 1, 2).

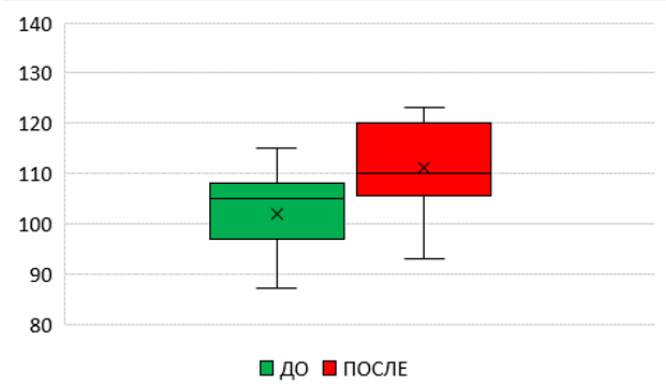


Рис. 1. Величины частоты сердечных сокращений до и после тренировочного занятия

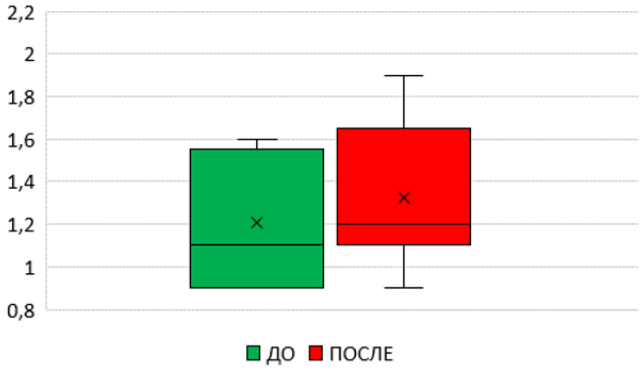


Рис. 2. Величины жизненной емкости легких до и после тренировочного занятия

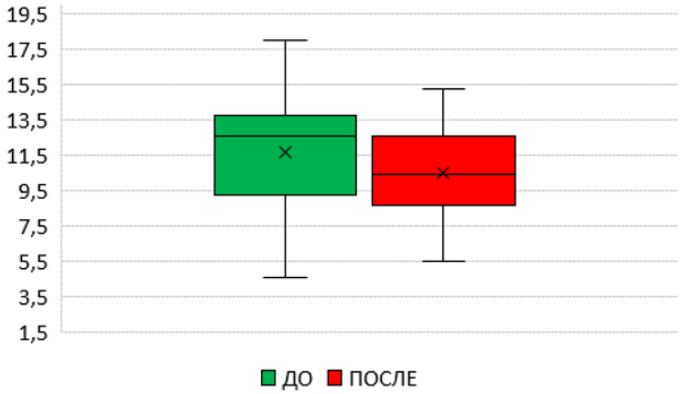


Рис. 3. Время задержки дыхания на вдохе до и после тренировочного занятия

Понижение показателей произвольной задержки дыхания в воде при завершении занятия можно объяснить нарастающим, по мере его проведения, утомлением занимающихся СП детей 5-6 лет. Необходимо отметить значительные нагрузки для начинающих спортсменов на занятии СП, составляющих 75 минут пребывания в воде и интенсивного выполнения упражнений, требующих задержки дыхания с высокой частотой – каждые 1,8-1,9 минуты при общем числе эпизодов задержки 35-40. Поэтому реакция организма на условно «41 задержку дыхания в воде» является закономерной и характеризует дезадаптационные проявления истощения функциональных ресурсов организма на фоне гипоксии в виде понижения временной продолжительности задержки дыхания детьми 5-6 лет. Кроме того, проба Штанге, в данном исследовании – произвольная тестовая задержка дыхания в воде в конце занятия – является психофизиологической, поскольку включает вклад в итоговый временной показатель волевого психологического компонента, а именно умения переносить ощущения дискомфорта при нарастающей гипоксии организма. В отношении контингентов 5-6 лет волевые процессы личности полностью не сформированы, поэтому могут не проявляться при тестировании в состоянии утомления.

Таким образом, большинство измеренных показателей могут служить критериями оперативного контроля величин тренировочных нагрузок при занятиях синхронным плаванием с детьми этого возраста.

В таблице представлены величины коэффициентов корреляции Спирмена между измеренными и вычисленными показателями. Критическое значение коэффициента с поправкой Бонферрони было равно 0,34 (в таблице эти значения выделены).

Таблица

Коэффициенты корреляции (по критерию Спирмена) функциональных показателей девочек 5-6 лет, занимающихся в секции синхронного плавания

	Рост	Вес	Возраст	ЧСС	SpO_2	ЖЕЛ	Проба Генчи	Проба Штанге	ИМТ
Рост	1,00	**0,82**	**0,80**	-0,17	-0,06	0,18	**0,33**	0,26	**-0,34**
Вес		1,00	**0,84**	0,10	0,06	0,06	**0,40**	**0,37**	0,19
Возраст			1,00	0,13	0,11	**0,33**	**0,45**	**0,47**	0,12
ЧСС				1,00	0,03	0,01	-0,26	0,05	**0,46**
SpO_2					1,00	-0,03	0,16	0,02	0,28
ЖЕЛ						1,00	**0,52**	**0,66**	0,12
Проба Генчи							1,00	**0,84**	0,19
Проба Штанге								1,00	0,30
ИМТ									1,00

Примечание: ЧСС – частота сердечных сокращений; SpO_2 – уровень насыщения крови кислородом; ЖЕЛ – жизненная емкость легких; ИМТ – индекс массы тела

Согласно полученным результатам, для этой возрастной группы показатель ЖЕЛ не связан с ростом и весом, а имеет зависимость от возраста и результатов дыхательных тестов. Возраст, в свою очередь, определяет значения параметров роста и веса. Таким образом, для этой возрастной группы определяющим фактором состояния дыхательной системы является возраст юных спортсменок, а не антропометрические параметры. Объемная плотность тела (ИМТ) является весомым фактором, детерминирующим величины ЧСС: чем выше плотность тела девочек в этом возрасте, тем выше ЧСС. А чем выше рост ребенка, тем меньше ИМТ.

По аналогии с формулами Болдуина, Курнана и Ричардсона [9] были определены коэффициенты уравнения нелинейной регрессии для ЖЕЛ в зависимости от веса и роста ребенка:

ДЖЕЛ (мл) = (13,3 – 0,144•m) L, (2)

где m – вес ребенка (кг);

L – рост ребенка (см).

Поскольку ЖЕЛ не имеет тесной зависимости с весом и ростом детей, а имеет лишь обратную зависимость от ИМТ, то точность полученного выражения не очень высокая и составляет ±340 мл, что составляет ≈30% средней ЖЕЛ для этого возраста, в нашем случае равной 1208±293 мл. Таким образом, для построения адекватной модели ЖЕЛ для детей этого возраста в зависимости от их антропометрических параметров при уровне статистической значимости 0,05 необходимо увеличить объем выборки до 65-66 детей.

Заключение:

1. Проведено обследование состояния кардиореспираторной системы у девочек 5-6 лет в процессе занятий СП с целью оценить реакции срочной адаптации организма к тренировочным двигательным нагрузкам;

2. При анализе срочной адаптации на занятиях СП выявлено возрастание показателей сердечно-сосудистой системы при противоположно направленной динамике понижения функций дыхательной системы, что можно трактовать как влияние нарастающего утомления и гипоксического состояния организма, а также несформированность волевых процессов у детей 5-6 лет, необходимых для выполнения теста задержки дыхания.

3. Методами математической статистики доказано, что для юных синхронисток 5-6 лет определяющим фактором состояния дыхательной системы является возраст, а не антропометрические параметры.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Золотова, Е.А. Построение учебно-тренировочного процесса синхронисток младшей возрастной группы с учетом функциональных показателей / Е.А. Золотова // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2013. – Т. 8. – № 2. – С. 216–221.

2. Максимова, М.Н. Теория и методика синхронного плавания: учебник / М. Н. Максимова. – М.: Издательство «Спорт», 2017. – 304 с.

3. Ростовцев, В.Л. Изменение физиологических показателей организма элитных спортсменок под воздействием многолетнего специфического метаболизма физических нагрузок / В.Л. Ростовцев // Теория и практика физической культуры. – 2008. – № 1. – С. 24–28.

4. Формирование выносливости у юных синхронисток на начальном этапе спортивной подготовки / Ю.А. Постольник, Д.В. Мальцев, И.В. Казанова, Т.С. Корженевская // Культура физическая и здоровье. – 2023. – № 2(86). – С. 214–218. DOI: 10.47438/1999-3455_2023_2_214.

5. Реакция сердечно-сосудистой системы на гипоксию у адаптированных к воде спортсменов / Д.Н. Берлов, Л.Б. Заварина, Т.В. Рыбьякова, Т.И. Баранова // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2015. – Т. 10. – № 1. – С. 258–262.

6. Корольков, А.Н. Особенности адаптации и толерантности к гипоксии у студентов-спортсменов различных специализаций по данным гипоксической пробы Генчи и сатурации гемоглобина крови кислородом / А.Н. Корольков, С.Н. Филиппова // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2021. – № 5(195). – С. 178–184. DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2021.5.p178-184.

7. Золотов, В.Н. Эффективность внедрения инновационной программы по синхронному

плаванию «Фламинго» в процесс физического воспитания детей старшего дошкольного возраста / В.Н. Золотов, З.М. Кузнецова // Теория и практика физической культуры. – 2009. – № 4. – С. 91–92.
8. Стафеева, А.В. Особенности плавательной подготовки детей 6-7 лет, занимающихся синхронным плаванием / А.В. Стафеева, Р.В. Дагнер // Физическая культура, спорт и здоровье. – 2018. – № 32-2. – С. 98–100.
9. Корольков, А. Физическая работоспособность в спорте: учебное пособие для вузов / А. Корольков. – М.: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Юрайт», 2022. – 113 с.

REFERENCES

1. Zolotova E.A. Building of synchronized swimmers' training process in younger age groups taking into account functional parameters. *Russian Journal of Physical Education and Sport*, 2013, vol. 8, no. 2, pp. 216-221. (in Russ.)
2. Maksimova M.N. Theory and methodology of synchronized swimming: a textbook. Moscow: Sport, 2017. 304 p. (in Russ.)
3. Rostovtsev V.L. Change of physiological parameters of elite female athletes' organism influenced by long-term specific metabolism of physical loadings. *Theory and Practice of Physical Culture.* 2008. no 1, pp. 24-28. (in Russ.)
4. Postol'nik Yu.A., Mal'tsev D.V., Kazanova I.V., Korzhenevskaya T.S. Formation of endurance in young synchronized female athletes at the initial stage of sports training. *Physical Culture and Health*, 2023, vol. 86, no. 2, pp. 214-218. DOI: 10.47438/1999-3455_2023_2_214. (in Russ.)
5. Berlov D.N., Zavarin L.B., Rybyakova T.V., Baranova T.I. Reaction of cardiovascular systems on hypoxia in sportsmen adapted to water conditions. *HUMANPOTENTIAL-2024: materials of the Congress.* 2015. vol. 10, no. 1. pp. 258-262. (in Russ.)
6. Korol'kov A.N., Filippova S.N. Specificities of adaptation and tolerance for hypoxia of sportsmen-students with different specializations, by the data of Henchy's hypoxic test and of saturation of blood hemoglobin with oxygen. *Scientific notes of the P.F. Lesgaft University*, 2021, vol. 195, no 5, pp. 178-184. DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2021.5. p178-184. (in Russ.)
7. Zolotov V.N., Kuznetsova Z.M. The effectiveness of introducing an innovative synchronized swimming program "Flamingo" in the process of physical education of older preschool children. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2009, no. 4, pp. 91-92. (in Russ.)
8. Stafeeva A.V., Dagner R.V. Features of swimming training for 6-7 years old children engaged in synchronized swimming. *Physical Culture, Sports and Health*, 2018, no. 32-2, pp. 98-100. (in Russ.)
9. Korol'kov A.N. Physical performance in sports: a textbook for universities. Moscow: URAIT, 2022. 113 p. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Светлана Николаевна Филиппова – профессор, Российский государственный социальный университет, Москва, e-mail: svetjar@mail.ru.
Алексей Николаевич Корольков – доцент, Государственный университет просвещения, Москва, e-mail: korolkov07@list.ru.
Вероника Александровна Космачева – соискатель, Государственный университет просвещения, Москва, e-mail: akverona0902@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Svetlana N. Filippova – Professor, Russian State Social University, Moscow, e-mail: svetjar@mail.ru.
Aleksej N. Korol'kov – Associate Professor, State University of Education, Moscow, e-mail: korolkov07@list.ru.
Veronika A. Kosmacheva – Candidate of Science, State University of Education, Moscow, e-mail: akverona0902@mail.ru.

Для цитирования: Филиппова, С.Н. Адаптационные краткосрочные реакции кардиореспираторной системы детей 5-6 лет на занятиях синхронным плаванием / С.Н. Филиппова, А.Н. Корольков, В.А. Космачева // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_19

For citation: Filippova S.N., Korol'kov A.N., Kosmacheva V.A. Adaptive short-term responses of the cardiorespiratory system of children aged 5-6 years in synchronized swimming classes. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_19

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_20
УДК 796.01; 612

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_20
UDC 796.01; 612

ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАСОСНОЙ ФУНКЦИИ СЕРДЦА СПОРТСМЕНОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПОВ КРОВООБРАЩЕНИЯ И НАГРУЗКИ ПОВЫШАЮЩЕЙСЯ МОЩНОСТИ

Р.Р. Хайруллин[1], Ю.С. Ванюшин[1], Д.Е. Елистратов[2], А.Ю. Кочнев[2]
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский университет физической культуры, спорта и туризма», г. Казань, Россия
[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, Россия

Аннотация. Целью исследования явилось выявить изменения показателей насосной функции сердца в зависимости от типов кровообращения и нагрузки повышающейся мощности. Спортсмены с гипокинетическим типом кровообращения характеризовались высокой частотой сердечных сокращений при всех уровнях нагрузки и относительно небольшим увеличением ударного объема крови с ростом мощности. Это может говорить о менее эффективном сердечном сокращении. Спортсмены с эукинетическим типом демонстрировали более эффективную адаптацию, с умеренной частотой сердечных сокращений и значительным увеличением ударного объема крови при начальных нагрузках, что способствовало достижению высоких значений минутного объема кровообращения. В то же время, спортсмены с гиперкинетическим типом отличались низкой частотой сердечных сокращений и эффективной работой сердца, обеспечивающей необходимый минутного объема кровообращения за счет частоты сердечных сокращений и ударного объема крови.
Ключевые слова: насосная функция сердца, минутный объем кровообращения, типы кровообращения, повышающаяся нагрузка.

CHANGES IN THE HEART PUMPING FUNCTION INDICES OF ATHLETES DEPENDING ON THE BLOOD CIRCULATION TYPES AND THE LOAD OF INCREASING POWER

R.R. Khajrullin[1], Yu.S. Vanyushin[1], D.E. Elistratov[2], A.Yu. Kochnev[2]
[1]Volga Region University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, Russia
[2]Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

Abstract. The aim of the study was to identify changes in the heart pumping function indices depending on the blood circulation types and the load of increasing power. Athletes with a hypokinetic type of blood circulation were characterized by a high heart rate at all load levels and a relatively small increase in stroke volume with increasing power. This may indicate a less effective heart contraction. Athletes with a eukinetic type demonstrated more effective adaptation, with a moderate heart rate and a significant increase in stroke volume at initial loads, which contributed to achieving high cardiac output values. At the same time, athletes with a hyperkinetic type were distinguished by a low heart rate and effective heart function, providing the necessary cardiac output at the expense of the heart rate and stroke volume.
Keywords: heart pumping function, cardiac output, types of blood circulation, increasing load.

Введение. Сердечно-сосудистая система является сложной и динамичной сетью, отвечающей за непрерывную циркуляцию крови, обеспечивающую доставку кислорода и питательных веществ к тканям и органам, а также удаление продуктов обмена.

Кровообращение как фундаментальный процесс подразделяется на два основных типа: системное и легочное, каждый из которых выполняет свою специфическую функцию. Системный круг кровообращения обеспечивает поступление насыщенной кислородом крови от левого желудочка сердца ко всем остальным частям тела, в то время как легочный круг отвечает за насыщение крови кислородом в легких и ее возвращение в левое предсердие. Нарушения функционировании любого из этих кругов могут приводить к серьезным патологиям.

В процессе физической активности, особенно при выполнении упражнений с повышающейся мощностью, на сердечно-

сосудистую систему ложится повышенная нагрузка. Сердцу приходится работать интенсивнее, увеличивая частоту сокращений и ударный объем, чтобы удовлетворить возросшую потребность организма в кислороде [1-3]. Адаптация к таким нагрузкам является ключевым моментом в поддержании здоровья и физической работоспособности [4, 5]. Изучение взаимосвязи между типами кровообращения и реакцией сердечно-сосудистой системы на повышение мощности имеет важное значение для понимания механизмов адаптации к физическим нагрузкам, разработки эффективных тренировочных программ и профилактики сердечно-сосудистых заболеваний [6]. Данная статья посвящена исследованию этих взаимосвязей и анализу физиологических изменений, происходящих в организме при увеличении нагрузки.

Цель исследования – выявить изменения показателей насосной функции сердца в зависимости от типов кровообращения и нагрузки повышающейся мощности.

Методы и организация исследования. Настоящее исследование было проведено с участием 59 мужчин-спортсменов в возрасте 18-35 лет.

В наших исследованиях для оценки кровообращения был использован неинвазивный метод тетраполярной грудной реографии, предложенный W. Kubicek et al. (1966) и усовершенствованный Ю.Т. Пушкарем с соавт. (1977). Этот метод основан на регистрации изменений электрического сопротивления грудной клетки при пропускании слабого высокочастотного тока.

Ударный объем (УОК) рассчитывался по формуле, предложенной Ю.Т. Пушкарь с соавт. (1980):

УОК=0,45*л*((Д1+Д2)2/4)/(Z²*Ad*Tu), (1)

где L – расстояние между электродами (см);

Z – базовый импеданс (Ом);

Ad – амплитуда дифференциальной реограммы (Ом/с);

Tu – время изгнания крови из сердца (с).

Для учета конституционных особенностей в формулу вводился параметр усредненного периметра грудной клетки, рассчитываемый как:

(Д1+Д2)2/4 (2)

Физическая нагрузка дозировалась с помощью велоэргометра. Протокол исследования предусматривал ступенчатое увеличение нагрузки от 50 Вт до 200 Вт. Длительность каждой ступени нагрузки составляла 4 минуты.

Под показателями насосной функции сердца мы рассматривали частоту сердечных сокращений (ЧСС), ударный объем крови (УОК) и минутный объем кровообращения (МОК).

Спортсмены были разделены на три группы в зависимости от типов кровообращения: гиперкинетический (ГрТК) (n=12), эукинетический (ЭТК) (n=28), гипокинетический (ГТК) (n=19).

По данным Э.В. Земцовского, значения сердечного индекса (СИ) более 4,2 классифицировались как гиперкинетический тип, от 2,5 до 4,2 – как эукинетический, а менее 2,5 – как гипокинетический. В наших исследованиях значения сердечного индекса составили: в гипокинетическом типе – 2,44±0,047; в эукинетическом – 2,72±0,04; в гиперкенитическом – 3,85±0,08.

Тип кровообращения определялся на основе СИ, рассчитанного по формуле:

СИ = МОК/S (3)

Площадь поверхности тела (S) находиться по формуле Дюбуа и Дюбуа:

S=0,007184*B0,425*P0,725, (4)

где В – масса тела измеряется в килограммах (кг);

Р – длина тела измеряется в сантиметрах (см);

S – площадь поверхности тела измеряется в квадратных метрах (м²).

Минутный объем кровообращения (МОК) вычисляли по формуле:

МОК=ЧСС*УОК (5)

Статистический анализ данных проводили с помощью пакетов программ STATISTICA 13. Для проверки данных на нормальность был использован тест Жарка-Бера. Тест показал, что для некоторых данных гипотеза о нормальности была отклонена на уровне значимости 5%. Были определены и удалены выбросы в этих выборках, при этом выбросом считались те значения, которые более чем на три среднеквадратических отклонения отличались от медианы. После

исключения выбросов повторный тест Жарка-Бера показал, что полученные выборки соответствуют нормальному распределению. Статистический анализ достоверности различий проводился с использованием параметрического метода, основанного на Т-критерии Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение. Из наших исследований в таблице 1 показана динамика изменения ЧСС в трех группах спортсменов с различными типами кровообращения (ГрТК, ЭТК и ГТК) в ответ на ступенчато возрастающую нагрузку на велоэргометре. В состоянии покоя средняя ЧСС была статистически значимо выше у спортсменов ГрТК (77,15±2,40 уд/мин) по сравнению с ЭТК (67,24±1,21 уд/мин) и ГТК (59,72±2,15 уд/мин).

При переходе от состояния покоя к нагрузке в 50 Вт наблюдается статистически значимое увеличение ЧСС во всех группах. ЧСС в группе ГрТК возрастает до 102,57±2,40 уд/мин, в группе ЭТК – до 93,35±1,93 уд/мин, а в группе ГТК – до 87,43±2,71 уд/мин. При этом различия между группами сохраняются, и ЧСС остается самой высокой в группе ГрТК, а самой низкой – в ГТК.

Дальнейшее увеличение нагрузки до 100 Вт также сопровождается статистически значимым ростом ЧСС в каждой группе. В ГрТК ЧСС достигает 118,52±2,49 уд/мин, в ЭТК – 114,27±2,29 уд/мин, в ГТК – 107,92±2,30 уд/мин. При переходе от 100 Вт к 150 Вт, рост ЧСС продолжается, достигая значений 143,38±3,29 уд/мин, 135,57±2,83 уд/мин и 127,76±2,08 уд/мин соответственно. Различия между группами остаются статистически значимыми. Наконец, при увеличении нагрузки до максимальных 200 Вт, ЧСС также демонстрирует статистически значимый прирост, достигая значений 166,78±3,92 уд/мин в ГрТК, 158,30±2,85 уд/мин в ЭТК и 152,58±2,81 уд/мин в ГТК. Вновь, во всех случаях ЧСС в группе ГрТК остается наиболее высокой, а в группе ГТК – наименьшей. Увеличенные функциональные резервы сердечно-сосудистой и дыхательной систем в тренированном организме обеспечивают эффективное снабжение тканей кислородом.

Это достигается за счет повышения максимальных значений УОК и МОК, которые служат объективными показателями эффективности кровоснабжения и насосной функции сердца.

Таблица 1

Показатели частоты сердечных сокращений в группах спортсменов с различными типами кровообращения при нагрузке повышающейся мощности, уд/мин

Типы кровообращения	Исходное состояние	Мощность нагрузки			
		50 Вт	100 Вт	150 Вт	200 Вт
Гиперкинетический (n=12)	77,15±2,40	102,57 ±2,40 ^{o}	118,52 ±2,49$^{\Delta}$	143,38 ±3,29^{x}	166,78 ±3,92$^{\square}$
Эукинетический (n=28)	67,24±1,21*^	93,35 ±1,93*^{o}	114,27 ±2,29$^{\Delta}$	135,57 ±2,83^{x}	158,30 ±2,85$^{\square}$
Гипокинетический (n=19)	59,72±2,15$^{+\wedge}$	87,43 ±2,71 $^{+o}$	107,92 ±2,30 $^{+\Delta}$	127,76 ±2,08$^{+\wedge x}$	152,58 ±2,81$^{+\square}$

Примечание (здесь и далее): * – статистически значимые различия между показателями групп с ГТК и ЭТК; + – статистически значимые различия между показателями групп с ГТК и ГрТК; ^ – статистически значимые различия между показателями групп с ЭТК и ГрТК типом кровообращения; о – статистически значимые различия между показателями в состоянии покоя и при нагрузке 50 Вт; Δ – статистически значимые различия между показателями при нагрузке 50 Вт и 100 Вт; х – статистически значимые различия между показателями при нагрузке 100 Вт и 150 Вт; □ – статистически значимые различия между показателями при нагрузке 150 Вт и 200 Вт.

В таблице 2 наблюдаются изменения ударного объема крови (УОК, мл) у спортсменов с различными типами кровообращения (гипокинетическим – ГТК, эукинетическим – ЭТК и гиперкинетическим – ГрТК) при ступенчато возрастающей нагрузке на велоэргометре. В состоянии покоя, средний УОК статистически значимо

различался между группами, с наибольшими показателями в группе ГрТК (87,40±2,54 мл) и наименьшими в ГТК (74,34±2,03 мл).

Таблица 2

Показатели ударного объема крови в группах спортсменов с различными типами кровообращения при нагрузке повышающейся мощности, мл

Типы кровообращения	Исходное состояние	Мощность нагрузки			
		50 Вт	100 Вт	150 Вт	200 Вт
Гиперкинетический (n=12)	87,40±2,54	114,36 ±4,54 ^{o}	118,20 ±5,43	118,62 ±5,08	117,79 ±8,40
Эукинетический (n=28)	83,04±1,88	107,76 ±3,76 ^{o}	123,18 ±3,29 $^{\Delta}$	127,59 ±4,15	128,90 ±4,65
Гипокинетический (n=19)	74,34±2,03 $^{+\wedge}$	102,60 ±2,73 $^{+o}$	115,62 ±2,08	122,79 ±2,41	126,94 ±3,33

При нагрузке в 50 Вт наблюдается статистически значимое увеличение УОК во всех группах по сравнению со состоянием покоя. В группе ГрТК УОК возрастает до 114,36±4,54 мл, в группе ЭТК – до 107,76±3,76 мл, а в группе ГТК – до 102,60±2,73 мл. Статистически значимые различия между группами при этом сохраняются. В группе с ГрТК при нагрузке в 50 Вт наблюдается порог адекватной гемодинамической реакции [7-9]. При увеличении нагрузки до 100 Вт в группах ГрТК и ГТК наблюдается незначительное изменение УОК, в то время как в группе ЭТК наблюдается статистически значимый рост УОК до 123,18±3,29 мл. В этом случае статистически значимое различие происходит уже между показателями группы ЭТК и группами ГрТК и ГТК. Порог гемодинамической реакции при данной нагрузке наступает в группах с ЭТК и ГТК. При переходе от 100 Вт к 150 Вт в каждой группе наблюдается незначительное изменение УОК, и различия между группами не являются статистически значимыми. Дальнейшее увеличение нагрузки до 200 Вт не вызывает существенных изменений УОК ни в одной из групп. Значения УОК составляют 117,79±8,40 мл в ГрТК, 128,90±4,65 мл в ЭТК и 126,94±3,33 мл в ГТК. Статистически значимых различий на этом уровне нагрузки между группами не обнаружено.

Изменения МОК у спортсменов с различными типами кровообращения в ответ на ступенчато возрастающую нагрузку на велоэргометре представлены в таблице 3. В исходном состоянии средний МОК статистически значимо различается между группами, с наибольшим значением у группы ГрТК (6,70±0,16 л/мин) и наименьшим у ГТК (4,37±0,08 л/мин).

Таблица 3

Показатели минутного объема кровообращения в группах спортсменов с различными типами кровообращения при нагрузке повышающейся мощности, л/мин

Типы кровообращения	Исходное состояние	Мощность нагрузки			
		50 Вт	100 Вт	150 Вт	50 Вт
Гиперкинетический n=12	6,70±0,16	11,71 ±0,49 ^{o}	13,95 ±0,56 $^{\Delta}$	16,98 ±0,66 ^{x}	19,29 ±0,99
Эукинетический n=28	5,54±0,10 *	10,04 ±0,41 ^{*o}	14,00 ±0,36 $^{\Delta}$	17,47 ±0,41 ^{x}	20,09 ±0,47$^{\square}$
Гипокинетический n=19	4,37±0,08 $^{+\wedge}$	8,98 ±0,38 $^{+o}$	12,30 ±0,28 $^{+\wedge\Delta}$	15,66 ±0,36 $^{\wedge x}$	19,29 ±0,47$^{\square}$

При переходе от состояния покоя к нагрузке в 50 Вт наблюдается статистически значимое увеличение МОК во всех группах. В группе ГрТК МОК возрастает до 11,71±0,49 л/мин, в группе ЭТК – до 10,04±0,41 л/мин, а в группе ГТК – до 8,98±0,38 л/мин. Сохраняются значимые различия между группами. При увеличении нагрузки до 100 Вт также отмечается статистически значимый прирост МОК во всех группах. В ГрТК МОК достигает 13,95±0,56 л/мин, в ЭТК – 14,00±0,36 л/мин,

а в ГТК – 12,30±0,28 л/мин. При этом обращает на себя внимание то, что значения в группе ЭТК становятся сопоставимы со значениями в группе ГрТК. Сохраняются значимые различия между группами ГТК и остальными двумя группами. При переходе к нагрузке 150 Вт вновь наблюдается статистически значимое увеличение МОК во всех группах. Показатели становятся равными 16,98±0,66 л/мин, 17,47±0,41 л/мин и 15,66±0,36 л/мин для ГрТК, ЭТК и ГТК соответственно. Сохраняются значимые различия между группой ГТК и двумя другими группами. Наконец, при максимальной нагрузке 200 Вт происходит незначительное увеличение МОК в группах ГрТК и ГТК, в то время как в группе ЭТК отмечается небольшой, но статистически значимый рост МОК. Значения для всех групп становятся сопоставимы.

Заключение. В данном исследовании было изучено влияние возрастающей физической нагрузки на параметры сердечно-сосудистой системы спортсменов с различными типами кровообращения. Анализ показателей ЧСС, УОК и МОК выявил существенные различия в адаптации к нагрузке между группами.

Спортсмены с ГТК характеризовались высокой ЧСС при всех уровнях нагрузки и относительно небольшим увеличением УОК с ростом мощности. Это может говорить о менее эффективном сердечном сокращении. Спортсмены с ЭТК демонстрировали более эффективную адаптацию с умеренной ЧСС и значительным увеличением УОК при начальных нагрузках, что способствовало достижению высоких значений МОК. В то же время спортсмены с ГрТК отличались низкой ЧСС и эффективной работой сердца, обеспечивающей необходимый МОК за счет частоты сердечных сокращений и ударного объема крови.

Результаты проведенного исследования указывают на необходимость учета типа кровообращения при составлении тренировочных планов для спортсменов. Знание индивидуальных особенностей адаптации сердечно-сосудистой системы позволит оптимизировать тренировочный процесс, повысить его эффективность и минимизировать риск перетренированности. Полученные данные также могут быть использованы в разработке рекомендаций по профилактике сердечно-сосудистых заболеваний у спортсменов и людей, ведущих активный образ жизни.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васенков, Н.В. Насосная функция сердца при резко усиленной двигательной активности / Н.В. Васенков, Р.С. Мухаметсафин, Р.И. Сунгатуллин // Успехи современной науки. – 2017. – Т. 5. – № 1. – С. 18–21.
2. Kiryalanis, P.V. Reaction of the cardio-vascular system on the irritation of vestibular vehicle for the representatives of sporting gymnastics / P.V. Kiryalanis // J. Theory and practice of physical culture. – 2002. – № 6. – P. 20–24.
3. Semchenko, A.A. Assessment of the functional capacity of the heart in hurdlers within the system of training-competitive conditioning / A.A. Semchenko, A.V. Nenasheva // Minerva Ortopedica e Traumatologica. – 2018. – Vol.69. – №3. – P. 7–10.
4. Адаптация кардиореспираторной системы спортсменов к двигательной деятельности / Ю.С. Ванюшин, Р.Р. Хайруллин, Д.Е. Елистратов [и др.] // Теория и практика физической культуры. – 2020. – № 2. – С. 30–32.
5. Adaptation of heart to traning: a comparative study using echocardiography impedance cardiography in male female athletes/D.C. Yilmaz, B. Buyukakilli, S. Gurgul, I. Rencuzogullari//Indian J. Med. Res.–2013.– Vol. 137. – № 6. – P. 1111–1120.
6. Grad, C. Heart rate variability and heart rate recovery as prognostic factors / C. Grad // Clujul. Med. – 2015. – Vol. 88 (3). – P. 304–309.
7. Дифференцированный подход к разработке физиологических нормативов и его значение для профилактической кардиологии / Р.Г. Оганов, А.Н. Britов, И.А. Гундаров [и др.] // Кардиология. –1984. – Т. 24. – № 4. – С. 52.
8. Ванюшин, Ю.С. Порог адекватной гемодинамической реакции у спортсменов при физической нагрузке повышающейся мощности / Ю.С. Ванюшин, Р.Р. Хайруллин, М.И. Рахимов // Теория и практика физической культуры. – 2016. – № 9. – С. 53–55.
9. Углов, Ф.Г. Оценка гемодинамической реакции при возрастающей физической нагрузке /

Ф.Г. Углов, В.И. Гавриленков, В.В. Гриценко // Медицинский реф. жур. – 1982. – № 11. – С. 244.

REFERENCES

1. Vasenkov N.V., Mukhametsafin R.S., Sungatullin R.I. Pumping function of the heart during sharply increased motor activity. *Advances in modern science*, 2017, vol. 5, no. 1, pp. 18–21. (in Russ.)
2. Kiryalanis P.V. Reaction of the cardio-vascular system on the irritation of vestibular vehicle for the representatives of sporting gymnastics. J. *Theory & Practice of Physical Culture*, 2002, no. 6, pp. 20-24.
3. Semchenko A.A., Nenasheva A.V. Assessment of the functional capacity of the heart in hurdlers within the system of training-competitive conditioning. *Minerva Ortopedica e Traumatologica*, 2018, vol. 69, no. 3, pp. 7–10.
4. Vanyushin Yu.S., Khajrullin R.R., Elistratov D.E., Fedorov N.A., Ishmukhametova N.F. Adaptation of athletes' cardiorespiratory system to physical loads. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2020, no. 2, pp. 30–32. (in Russ.)
5. Yilmaz D.C., Buyukakilli B., Gurgul S., Rencuzogullari I. Adaptation of heart to traning: a comparative study using echocardiography impedance cardiography in male female athletes. *Indian J. Med. Res*, 2013, vol. 137, no. 6, pp. 1111–1120.
6. Grad C. Heart rate variability and heart rate recovery as prognostic factors. *Clujul. Med*, 2015, vol. 88 (3), pp. 304–309.
7. Oganov R.G., Britov A.N., Gundarov I.A. et al. Differentiated approach to the development of physiological standards and its importance for preventive cardiology. *Kardiologiia*, 1984, vol. 24, no. 4, p. 52. (in Russ.)
8. Vanyushin Yu.S. Khajrullin R.R., Rakhimov M.I. Adequate hemodynamic response threshold in athletes at graduated physical loads. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2016, no. 9, pp. 53–55. (in Russ.)
9. Uglov F.G., Gavrilenkov V.I., Gritsenko V.V. Evaluation of hemodynamic response to increasing physical activity. *Meditsinskij Ref. Zhurnal*, 1982, no. 11, p. 244. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Ранис Рафакатович Хайруллин – кандидат биологических наук, доцент кафедры теории и методики волейбола и баскетбола, ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», Казань, e-mail: hai_ranis81@mail.ru, ORCID: 0000-0001-5407-9269.
Юрий Сергеевич Ванюшин – доктор биологических наук, профессор кафедры теории и методики лыжного спорта, гольфа и стрелкового спорта, ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», Казань, e-mail: professor.vanushin@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-2667-6124.
Дмитрий Евгеньевич Елистратов – кандидат биологических наук, доцент кафедры «Физическое воспитание», ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», Казань, e-mail: dima.yelistratov.87@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9018-1989.
Андрей Юрьевич Кочнев – ассистент кафедры «Физическое воспитание», ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», Казань, e-mail: kochniev2014@mail.ru, ORCID: 0000-0005-9940-2193.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Ranis R. Khajrullin – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Volleyball and Basketball Theory and Methodology, Volga Region University of Physical Culture, Sport and Tourism, Kazan, e-mail: hai_ranis81@mail.ru, ORCID: 0000-0001-5407-9269.
Yurij S. Vanyushin – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Theory and Methodology of Ski Sports, Golf and Shooting Sports, Volga Region University of Physical Culture, Sport and Tourism, Kazan, e-mail: professor.vanushin@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-2667-6124.
Dmitrij E. Elistratov – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Physical Education Department, Kazan State Agrarian University, Kazan, e-mail: dima.yelistratov.87@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9018-1989.
Andrej Yu. Kochnev – Assistant of the Physical Education Department, Kazan State Agrarian University, Kazan, e-mail: kochniev2014@mail.ru, ORCID: 0000-0005-9940-2193.

Для цитирования: Динамика показателей насосной функции сердца спортсменов в зависимости от типов кровообращения и нагрузки повышающейся мощности / Р.Р. Хайруллин, Ю.С. Ванюшин, Д.Е. Елистратов, А.Ю. Кочнев // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_20
For citation: Khajrullin R.R., Vanyushin Yu.S., Elistratov D.E., Kochnev A.Yu. Changes in the heart pumping function indices of athletes depending on the blood circulation types and the load of increasing power. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_20

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_21
УДК 612.886/572.087

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_21
UDC 612.886/572.087

ВЗАИМОСВЯЗЬ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ С УСТОЙЧИВОСТЬЮ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЗЫ У ЭСТЕТИЧЕСКИХ ГИМНАСТОК ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ

С.Д. Шипунов, А.А. Мельников
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», г. Москва, Россия

Аннотация. В работе исследована устойчивость позы у эстетических гимнасток (n=24) и неспортсменок (n=13) с помощью стабилометрии, а также длиннотные и широтные размеры тела и ног с помощью анатомического антропометра и циркуля. Гимнастки-мастера спорта отличались сниженными индексом массы тела, диаметрами бедер и голени ног, а также грудной клетки по сагиттали. Площадь колебаний тела у гимнасток-мастеров спорта в стойке с закрытыми глазами на твердой опоре не отличалась, но была повышена в стойке на опоре, подвижной по фронтали. Сниженная фронтальная устойчивость гимнасток оказалась связана с меньшим индексом массы тела. Кроме того, постуральная неустойчивость связана также с большей длиной ног. Результаты позволяют рекомендовать спортсменкам с дефицитом массы тела уделять внимание тренировке способности к равновесию.
Ключевые слова: антропометрия, устойчивость позы, стабилометрия, эстетическая гимнастика, спортсменки высокой квалификации.

THE RELATIONSHIP OF ANTHROPOMETRIC INDICATORS WITH THE POSTURAL STABILITY IN ELITE AESTHETIC GYMNASTS

S.D. Shipunov, A.A. Mel'nikov
Russian University of Sport "GTSOLIFK", Moscow, Russia

Abstract. The study investigated the postural stability of aesthetic gymnasts (n=24) and non-athletes (n=13) using stabilometry, as well as the length and width dimensions of the body and legs using an anatomical anthropometer and compasses. The gymnasts with the Master of Sports qualification had reduced body mass index, hip, shin and sagittal chest diameters. The body sway area of the Masters of Sports in the closed-eye stance on a solid support did not differ, but it was increased in stance on the front-moving see-saw. The reduced frontal stability of the gymnasts was associated with a lower body mass index. In addition, postural instability is also associated with longer legs. The results suggest that athletes with a body weight deficit should pay attention to balance training.
Keywords: anthropometry, postural stability, stabilometry, aesthetic gymnastics, elite athletes.

Введение. Антропометрические показатели имеют большое значение в достижении спортивного результата спортсмена, особенно в эстетической гимнастике [1-3]. Стоит отметить, что для спортсменок, занимающихся гимнастикой, характерны меньшие длина и масса тела, преобладание эктомезоморфного типа телосложения и, как следствие, меньшее количество жировой массы и большее количество мышечной массы тела [1, 4].

Выборная с соавт. [1] выявили, что девушки, занимающееся художественной гимнастикой, в 4-х изучаемых в данной работе периодах характеризуются меньшими показателями длины, массы тела и индекса массы тела (ИМТ), но при этом данные различия с возрастом становятся более выраженными, что вероятнее всего свидетельствует о характерном морфологическом профиле, свойственном художественной гимнастике, а также о результатах спортивного отбора в этом виде.

Существенное влияние антропометрические данные могут оказывать на способность сохранять равновесие вертикального тела [5, 6], то есть способность, которая влияет на грациозность и технику спортивных элементов, внося свой вклад в конечный результат выступления. Учитывая, что у эстетических гимнасток наблюдается низкая масса и ИМТ, можно ожидать, что устойчивость вертикальной позы может быть связан с этими и другими показателями антропометрии. Действительно, некоторые работы указывают на такие связи у акробаток [6] и у здоровых неспортсменов [7].

Цель нашей работы: исследовать возможную связь постуральной устойчивости с антропометрическими показателями у эстетических гимнасток наивысшей квалификации. Мы предполагаем, что сниженная масса тела, ИМТ и длина ног могут быть связаны с меньшей устойчивостью вертикальной позы в стойках с закрытыми глазами. Выбор постуральных тестов в разных условиях опорной поверхности с закрытыми глазами обусловлен тем, что при открытых глазах возможна компенсация негативного влияния антропометрических факторов, а подвижность опоры будет дополнительным дестабилизирующим устойчивость фактором, способным проявить специфику регуляции позы и ее зависимость от менее изменчивой антропометрии [8].

Методы и организация исследования. Исследование было проведено на кафедре физиологии РУС «ГЦОЛИФК». Вся выборка эстетических гимнасток, которые занимались в ведущих спортивных клубах Москвы, была разделена на 2 группы: девушки-мастера спорта («МС, n=12», возраст: 19,5±1,3 лет, спортивный стаж: 13±3 года); девушки-кандидаты в мастера спорта («КМС», n=12, возраст: 19,6±1,2 лет, спортивный стаж: 14±2 года). В группу «Контроль» вошли девушки-студентки, не занимающиеся активно спортом в последние 3 года (n=13, возраст: 20,6±1,8 лет). Все измерения проводились с соблюдением правил биоэтики и подписанием протоколов информированного согласия на каждого испытуемого, утвержденного собранием Этического комитета РУС «ГЦОЛИФК».

Обследование проводилось в середине соревновательного сезона, сразу после Чемпионата России по эстетической гимнастике, то есть в момент достижения высокой спортивной формы.

Измерялись следующие антропометрические показатели: масса тела (кг) с помощью медицинских весов; длины тела (см), корпуса (как разница длины нижних конечностей от общей длины тела), туловища (как разница между высотами верхнегрудинной и лобковой точек над уровнем пола), правой ноги (как сумма высоты над полом передней подвздошно-остистой точки и высоты над уровнем пола лобковой точки, деленная на два), правого бедра (как разница высоты над полом верхнеберцовой точки от длины нижней конечности), правой голени (как разница высоты от уровня пола нижнеберцовой точки от высоты над полом верхнеберцовой точки) – с помощью антропометра Мартина (GPM, Швеция). Ширину плеч, поперечный и сагиттальный диаметр грудной клетки, ширину таза определяли с помощью толстотного циркуля (GPM, Швеция). Диаметр бедра измерялся между латеральным и медиальным надмыщелком бедренной кости, а диаметр голени – между лодыжками малоберцовой и большеберцовой костей с помощью скользящего циркуля (GPM, Швеция). Индекс массы тела (кг/м^2) рассчитывался по формуле:

$$\mathbf{ИМТ = m/h^2,} \quad (1)$$

где m – масса тела;

h – длина тела.

Все измерения проведены в соответствии с классической методикой, принятой в НИИ и Музее антропологии МГУ им. М.В. Ломоносова [9, 10], а также с использованием биоимпедансного анализатора АБС-01 (ООО НТЦ «Медасс». Россия).

Оценка постуральной устойчивости проводилась с помощью АПК «Стабилан-01-2» (ОКБ «Ритм») в трех одинаковых «европейских стойках» (руки свободно висят вдоль туловища, пятки стоп располагаются вместе на расстоянии 2 см, носки разведены врозь под углом 30 градусов) с закрытыми глазами на разных опорах:

1) в основной стойке на твердой стабилоплатформе;

2) в стойке на подвижной во фронтальной плоскости пресс-папье (h=10 см, r=60 см);

3) стойке на подвижной в сагиттальной плоскости пресс-папье (h=10 см, r=60 см).

Тесты разделялись 2-минутным интервалом отдыха. Все постуральные тесты были опробованы перед контрольным измерением. Продолжительность всех тестов составила 20 с.

Для анализа устойчивости вертикальной позы использованы: площадь

доверительного эллипса колебаний общего центра давления (EllS, мм*мм).

Наличие различий между тремя группами «МС», «КМС» и «Контроль» выполнено с использованием непараметрического однофакторного анализа (Kruskal-Wallis ANOVA). Парные сравнения между группами выполнены с помощью критерия Манна-Уитни. Корреляции между показателями оценивались с помощь непараметрической корреляции Спирмена. Все расчеты проведены в программе STATISTICA v12.

Результаты исследования и их обсуждение. *Антропометрические показатели эстетических гимнасток*. Гимнастки «МС» отличались от группы «Контроль» меньшей массой тела ($p<0,05$), большей шириной плеч ($p<0,05$), меньшим сагиттальным диаметром грудной клетке ($p<0,01$, табл. 1). Кроме того, у них были меньше диаметры бедра ($p<0,05$), голени ($p<0,05$), а также обхваты бедер ($p<0,09$) и бедра ноги ($p<0,09$). Основные длиннотные размеры тела, корпуса, туловища, ног, бедра и голени у гимнасток «МС» существенно не отличались от контрольных девушек и гимнасток «КМС». Единственным отличием группы гимнасток «КМС» от «Контроль» была меньшая сагиттальная ширина грудной клетки ($p<0,05$), а также тенденция к большему диаметру голени ($p<0,09$) по сравнению с «МС». В целом, эстетические гимнастки наивысшего уровня отличались меньшей массой тела, что было связано с меньшей шириной грудной клетки и с меньшими диаметрами бедра и голени ног.

Постуральная устойчивость в стойках с закрытыми глазами на опорах разной подвижности. У гимнасток группы «МС» площадь колебаний в стойке на подвижной во фронтальной плоскости пресс-папье (ELLS-ЗГфр) оказалась выше, чем в группе «Контроль» ($p<0,05$), в стойке на подвижной в сагиттальной плоскости пресс-папье и на стабилоплатформе различий с другими группами не обнаружено (табл. 1). Таким образом, постуральная устойчивость во фронтальной плоскости с закрытыми глазами у гимнасток высокой квалификации была снижена.

Взаимосвязь постуральной устойчивости с антропометрическими показателями эстетических гимнасток. Корреляционный анализ показал, что EllS-ЗГ коррелировала с длиной тела ($r=0,40$; $p<0,05$) и длиной корпуса ($r=0,44$; $p<0,01$), а также менее существенно с длиной ног ($r=0,32$; $p<0,09$, табл. 2). Площадь колебаний в стойке на подвижной по фронтали пресс-папье, кото¬рая была повышена в группе «МС», также слабо коррелировала с длиной тела ($r=0,31$; $p<0,1$), длиной ног ($r=0,40$; $p<0,05$) и длиной бедра ног ($r=0,41$; $p<0,05$), но существенно – с ИМТ ($r=-0,49$; $p=0,002$, рис.). Схожие с EllS-ЗГфр, но менее существенные корреляции получены с площадью колебаний на пресс-папье, подвижной по сагиттали. В целом, корреляционный анализ показывает, что большая длина всего тела, длина ног, длина бедра и, особенно, сниженный ИМТ связаны с большими площадями колебаний общего центра давления (ОЦД) в стойках на подвижных опорах. Однако выявленная повышенная EllS-ЗГфр у гимнасток «МС» не может быть связана с длиной тела, ног и бедра ног, поскольку длиннотные показатели у гимнасток не отличались от контрольной группы. Более того, длина ног и ее бедренной части у гимнасток скорее была меньше, чем больше и, следовательно, повышала устойчивость позы. Напротив, выявленные уменьшенные диаметры и обхваты грудной клетки и ног не коррелировали с показателями постуральной устойчивости и, следовательно, не оказывали существенного влияния на регуляцию равновесия. Наибольший интерес представляет корреляция EllS-ЗГфр с ИМТ в общей группе, который был снижен у спортсменок «МС» и поэтому может частично объяснять вклад антропометрии гимнасток в повы¬шение у них колебаний тела во фронтальной плоскости. Наши данные подтверждают предположение, что низкая масса тела у гимнасток может оказывать негативное влияние на устойчивость позы, показанное в работах [6, 11]. Вместе с тем, мы полагаем, что важное значение имеет не столько низкая масса тела, сколько низкая масса при относительно высокой

длине тела. Можно предположить, что относительный дефицит массы тела, особенно в области нижних конечностей, к тому же гимнастки «МС» были шире в плечах, может смещать выше центр массы тела, что способствует неустойчивости.

Таблица 1

Антропометрические показатели и площадь колебаний вертикальной позы у эстетических гимнасток, Me [Q1; Q3]

Показатели	Контроль (n=13)	КМС (n=12)	МС (n=12)	ANOVA
Масс тела, кг	59,5 [58,0; 62,0]	54,0 [50,0; 59,0]	53,5 [49,5; 56,5]*	0,019
Длина тела, см	165,5 [160,0; 69,6]	164,2 [159,4; 169,0]	164,0 [160,5; 167,2]	0,775
Индекс массы тела, кг/м^2	22,3 [20,5; 23,6]	20,0 [18,7; 22,8]	19,9 [18,3; 21,1]*	0,024
Длина корпуса, см	74,0 [73,4; 75,6]	73,1 [72,2; 74,3]	74,2 [73,0; 74,9]	0,416
Длина туловища, см	50,3 [49,4; 52,3]	48,9 [47,9; 49,9]	50,1 [48,9; 51,8]	0,103
Длина ноги, см	92,5 [90,0; 93,9]	91,2 [88,2; 94,7]	90,6 [88,9; 1,7]	0,705
Длина бедра, см	47,2 [45,2; 49,2]	46,6 [45,4; 8,2]	46,1 [45,2; 7,9]	0,987
Длина голени, см	36,9 [35,8; 37,9]	37,3 [34,7; 38,1]	36,7 [35,3; 37,0]	0,636
Ширина плеч, см	35,8 [35,1; 36,8]	36,5 [36,0; 37,2]	37,2 [36,1; 38,0]*	0,055
Диаметр грудной клетки поперечный, см	23,9 [23,0; 24,4]	24,5 [23,7; 26,1]	24,6 [24,2; 25,2]*’	0,647
Диаметр грудной клетки сагиттальный, см	16,0 [14,8; 17,0]	14,2 [13,9; 15,5]**	14,2 [13,6; 15,3]**	0,008
Ширина таза, см	27,1 [26,3; 28,0]	27,1 [26,5; 27,6]	27,0 [26,5; 27,6]	0,800
Диаметр бедра, см	9,6 [8,9; 9,9]	9,0 [8,8; 9,8]	8,8 [8,4; 9,2]*	0,091
Диаметр голени, см	6,5 [6,4; 6,8]	6,4 [6,1; 6,8]#	6,2 [6,0; 6,4]*	0,088
Обхват талии, см	67,3 [65,4; 73,7]	68,6 [64,0;71,7]	69,0 [66,0; 71,5]	0,606
Обхват бедер, см	95,8 [92,5; 98,4]	93,7 [89,8; 97,2]	93,0 [87,3; 96,4]*’	0,028
Обхват бедра, см	60,2 [57,9; 65,6]	59,6 [57,2; 63,1]	59,0 [56,5; 60,0]*’	0,065
Обхват голени, см	36,0 [35,0; 37,8]	35,0 [34,2; 36,8]	35,0] [34,1; 36,0]	0,320
EllS-ЗГ, мм*мм	161 [109; 234]	229 [171; 352]	232 [184; 285]	0,213
EllS-ЗГфр, мм*мм	2226 [1572; 2920]	3131 [1614; 7564]	3012 [2485; 5987]*	0,085
EllS-ЗГсаг, мм*мм	2285 [1366; 2989]	2116 [1584; 3290]	2522 [2077; 3563]	0.435

Примечание: EllS-ЗГ – площадь колебаний общего центра давления в стойке на твердой стабилоплатформе; EllS-ЗГфр – площадь колебаний общего центра давления в стойке на пресс-папье, подвижной по фронтали; EllS-ЗГсаг – площадь колебаний общего центра давления в стойке на пресс-папье, подвижной по сагиттали; *’ / * – p<0,1/0,05 по сравнению с группой «Контроль; # – p<0,09 по сравнению с группой «МС».

Таблица 2

Коэффициент корреляции (по критерию Спирмена) между показателями постуральной устойчивости в тестах с закрытыми глазами и антропометрическими показателями в общей группе испытуемых

Показатель	EllS-ЗГ	EllS-ЗГфр	EllS-ЗГсаг
Масса тела	0,21	**-0,29”**	-0,01
Длина тела	**0,40***	0,**31”**	0,24
Индекс массы тела	0,05	-0,49**	-0,14
Длина корпуса	**0,44****	0,03	0,06
Длина туловища	0,25	-0,04	0,01
Длина ноги	**0,32”**	0,40*	0,28”
Длина бедра	0,23	0,41*	0,38*
Длина голени	0,18	0,22	0,10
Ширина плеч	0,21	-0,06	0,04
Диаметр грудной клетки поперечная	0,21	0,18	0,27
Диаметр грудной клетки сагиттальная	0,04	-0,15	-0,02
Ширина таза	0,14	0,17	0,12
Диаметр бедра	0,28	-0,10	0,04
Диаметр голени	0,19	0,18	0,04
Обхват талии	0,19	-0,18	0,05
Обхват бедер	0,20	-0,15	0,09
Обхват бедра	0,14	-0,20	0,08
Обхват голени	0,29	-0,21	-0,05

Примечание: EllS-ЗГ – площадь колебаний общего центра давления в стойке на твердой стабилоплатформе; EllS-ЗГфр – площадь колебаний общего центра давления в стойке на пресс-папье, подвижной по фронтали; EllS-ЗГсаг – площадь колебаний общего центра давления в стойке на пресс-папье, подвижной по сагиттали; “ / * / ** – p < “ / 0,05 / 0,01

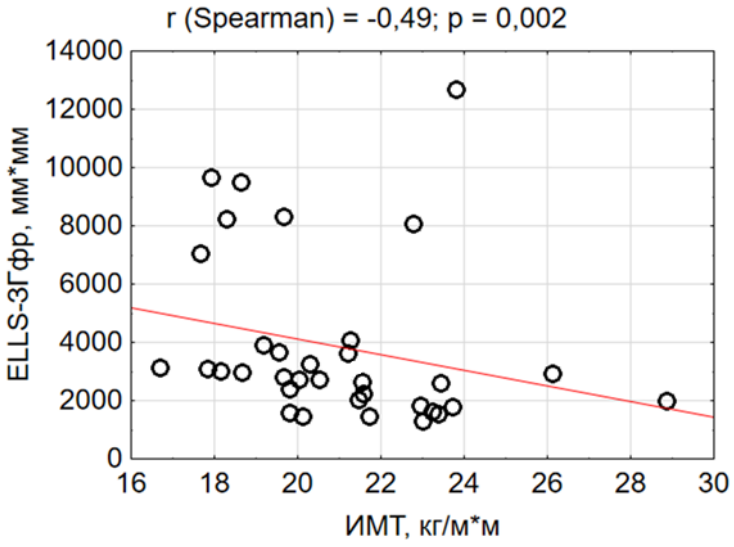


Рис. Корреляция Спирмена между индексом массы тела (ИМТ) и площадью колебаний общего центра давления в стойке на пресс-папье, подвижной по фронтали (EllS-ЗГфр) в общей группе испытуемых

Заключение. Проведенное исследование показало, что эстетические гимнастки высокой квалификации в период основных стартов отличаются от не занимающихся профессионально спортом, но физически активных девушек сниженной массой, ИМТ, меньшим сагиттальным диаметром грудной клетки, более тонкими нижними конечностями на фоне сниженной устойчивости вертикальной позы на неустойчивой опоре во фронтальной плоскости. Сниженная фронтальная устойчивость гимнасток оказалась связана с меньшим ИМТ. Постуральная неустойчивость у спортсменок связана также с большей длиной ног. Полученные данные позволяют рекомендовать тренерам и спортсменам уделять большее внимание тренировке постурального равновесия у спортсменок с дефицитом массы тела.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Особенности физического развития девочек и девушек, специализирующихся в художественной гимнастике / К.В. Выборная, М.М. Семенов, М.Ф. Захарова [и др.] // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – № 3 – С. 14–22. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-fizicheskogo-razvitiya-devochek-i-devushek-spetsializiruyuschihsya-v-hudozhestvennoy-gimnastike (дата обращения: 29.01.2025).
2. Body Physique and Proportionality of Brazilian Female Artistic Gymnasts / S. Bacciotti, A. Baxter-Jones, A. Gaya, J. Maia // Journal of Sports Sciences. – 2017. – Vol. 36. – № 7. – P. 749–756. DOI: 10.1080/02640414.2017.1340655
3. Taboada-Iglesias, Y. Anthropometric Profile in Different Event Categories of Acrobatic Gymnastics / Y. Taboada-Iglesias, M.V. Santana, Á. Gutiérrez-Sánchez // Journal of Human Kinetics. – 2017. – Vol. 57. – № 1. – P. 169–179. DOI: 10.1515/hukin-2017-0058
4. Специфика физической подготовленности начинающих спортсменок тонкокостных вариантов телосложения в художественной гимнастике / И.Ю. Горская, Г.П. Ларионова, Д.А. Савчак, Е.Э. Малахова // Соврем. проблемы науки и образования. – 2018. – № 2 – С. 102.
5. Chiari, L. Stabilometric parameters are affected by anthropometry and foot placement / L. Chiari, L. Rocchi, A. Cappello // Clinical Biomechanics. – 2002. – Vol. 17. – № 9-10. – P. 666–677. DOI: 10.1016/s0268-0033(02)00107-9.
6. Quiet standing postural sway of 10- to 13-year-old, national-level, female acrobatic gymnasts / Opala-Berdzik A., Głowacka M., Wilusz K. [et al] // Acta. Bioeng. Biomech. – 2018. – Vol. 20. – № 2. – P. 117–123.
7. Kejonen, P. The relationship between anthropometric factors and body-balancing movements in postural balance / P. Kejonen, K. Kauranen, H. Vanharanta // Arch. Phys. Med. Rehabil. – 2003. – Vol. 84. – P. 17–22
8. Lin, C.H. Development of a quantitative assessment system for correlation analysis of footprint parameters to postural control in children / C.H. Lin, H.Y. Lee, J.J. Chen // Physiol. Meas. – 2006. – Vol. 27. – P. 119–130.
9. Бунак В.В. Антропометрия. Практический курс, пособие для университетов / В.В. Бунак. – М.: Наркомпрос РСФСР, 1941. – 367 с.
10.Негашева М.А. Основы антропометрии/ М.А. Негашева. – М: Экон-Информ, 2017. – 216 с.
11.De Mello, M.C. Postural Control During Different Unipodal Positions in Professional Ballet Dancers / M.C. De Mello, A. de Sá Ferreira, L. Ramiro Felicio // Journal of dance medicine & science. – 2017. – Vol. 21. – № 4. – P. 151–155.

REFERENCES

1. Vybornaya K.V., Semenov M.M., Zaharova M.F. et al. Features of physical development in girls and teenagers in rhythmic gymnastics. *Human. Sport. Medicine*, 2021, no. 3, pp. 14–22. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-fizicheskogo-razvitiya-devochek-i-devushek-spetsializiruyuschihsya-v-hudozhestvennoy-gimnastike (accessed: 29.01.2025). (in Russ.)
2. Bacciotti S., Baxter-Jones A., Gaya A., Maia J. Body Physique and Proportionality of Brazilian Female Artistic Gymnasts. *Journal of Sports Sciences*, 2017, vol. 36, no. 7, pp. 749–756. DOI: 10.1080/02640414.2017.1340655
3. Taboada-Iglesias Y. Santana M.V., Gutiérrez-Sánchez Á. Anthropometric Profile in Different Event Categories of Acrobatic Gymnastics. *Journal of Human Kinetics*, 2017, vol. 57, no. 1, pp. 169–179. DOI: 10.1515/hukin-2017-0058
4. Gorskaya I.Yu., Larionova G.P., Savchak D.A., Malahova E.E. Specificity of physical preparedness of beginning athletes of slightly variant bodies in

body gymnastics. *Modern problems of science and education*, 2018, no. 2, p. 102. (in Russ.)
5. Chiari L., Rocchi L., Cappello A. Stabilometric parameters are affected by anthropometry and foot placement. *Clinical Biomechanics*, 2002, vol. 17, no. 9-10, pp. 666–677. DOI: 10.1016/s0268-0033(02)00107-9.
6. Opala-Berdzik A., Głowacka M., Wilusz K., Kołacz P., Szydło K., Juras G. Quiet standing postural sway of 10- to 13-year-old, national-level, female acrobatic gymnasts. *Acta. Bioeng. Biomech*, 2018, vol. 20, no. 2, pp. 117–123.
7. Kejonen P., Kauranen K., Vanharanta H. The relationship between anthropometric factors and body-balancing movements in postural balance. *Arch. Phys. Med. Rehabil*, 2003, vol. 84, pp. 17–22
8. Lin C.H., Lee H.Y., Chen J.J. Development of a quantitative assessment system for correlation analysis of footprint parameters to postural control in children. *Physiol. Meas*, 2006, vol. 27, pp. 119–130.
9. Bunak V.V. Anthropometry. Practical course, guide for universities. Moscow: Narkompros RSFSR, 1941. 367 p. (in Russ.)
10. Negasheva M.A. Basics of anthropometry. Moscow: Ekon-Inform, 2017. 216 p. (in Russ.)
11. De Mello M.C., de Sá Ferreira A., Ramiro Felicio L. Postural Control During Different Unipodal Positions in Professional Ballet Dancers. *Journal of dance medicine & science*, 2017, vol. 21, no. 4, pp. 151–155.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Савелий Дмитриевич Шипунов – аспирант кафедры физиологии, заведующий лабораторией кафедры ТиМ тенниса, настольного тенниса и бадминтона, ФГБОУ ВО «РУС «ГЦОЛИФК», Москва, e-mail: shipunov1997@mail.ru.
Андрей Александрович Мельников – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой физиологии, ФГБОУ ВО «РУС «ГЦОЛИФК», Москва, e-mail: meln1974@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Savelij D. Shipunov – Post-Graduate Student of the Department of Physiology, Head of the Laboratory of the Department of Tennis, Table Tennis and Badminton, Russian University of Sport “GTSOLIFK”, Moscow, shipunov1997@mail.ru.
Andrej A. Mel’nikov – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Physiology, Russian University of Sport “GTSOLIFK”, Moscow, e-mail: meln1974@yandex.ru.

Для цитирования: Шипунов, С.Д. Взаимосвязь антропометрических показателей с устойчивостью вертикальной позы у эстетических гимнасток высокой квалификации / С.Д. Шипунов, А.А. Мельников // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_21

For citation: Shipunov S.D., Mel’nikov A.A. The relationship of anthropometric indicators with the postural stability in elite aesthetic gymnasts. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_21

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_22
УДК 612.821.2

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_22
UDC 612.821.2

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ α-ДИАПАЗОНА ИСХОДНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ ИСПЫТУЕМЫХ С РАЗЛИЧНОЙ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬЮ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧИ «N-BACK»

Н.А. Каратыгин[1], И.И. Коробейникова[1], Я.А. Венерина[2]

[1]Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр оригинальных и перспективных биомедицинских и фармацевтических технологий», г. Москва, Россия

[2]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), г. Москва, Россия

Аннотация. С целью выявления прогностических критериев результативности когнитивной деятельности человека по характеристикам фоновой электрической активности головного мозга у 38 испытуемых (мужчины, 20-21 год) регистрировали электроэнцефалограмму в 10 стандартных отведениях по схеме «10-20» в исходном состоянии и при выполнении задачи «n-back». По результату теста выделены группы успешных и неуспешных испытуемых. Рассчитывали автоспектры амплитуды общего (8-13 Гц), низкочастотного (8-10 Гц) и высокочастотного (10-13 Гц) диапазонов α-ритма исходной электроэнцефалограммы и абсолютные значения частоты индивидуального α-пика и его амплитуды. Установлены амплитудно-частотные различия в исходной электроэнцефалограмме между испытуемыми выделенных групп, что позволяет рассматривать их в качестве прогностических критериев успешности выполнения некоторых видов когнитивных задач.

Ключевые слова: когнитивная деятельность, результативность, поддиапазоны α-ритма исходной электроэнцефалограммы, частота и амплитуда α-пика.

SPECTRAL CHARACTERISTICS OF THE α-BAND OF THE INITIAL ELECTROENCEPHALOGRAM IN SUBJECTS WITH DIFFERENT RESULTS OF "N-BACK" TASK

N.A. Karatygin[1], I.I. Korobejnikova[1], Ya.A. Venerina[2]

[1]Federal Research Center for Innovator and Emerging Biomedical and Pharmaceutical Technologies, Moscow, Russia

[2]I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

Abstract. The main aim of this research was to identify prognostic criteria for the effectiveness of human cognitive activity based on the characteristics of the background electrical activity of the brain. electroencephalogram was recorded in 38 subjects (men, 20-21 years old) in 10 standard leads according to the "10-20" scheme in the initial state and during performing the "n-back" task. According to the test result, groups of successful and unsuccessful subjects were identified. We calculated the autospectrums of the amplitude of the general (8-13 Hz), low-frequency (8-10 Hz) and high-frequency (10-13 Hz) ranges of α-rhythm of the initial electroencephalogram and absolute values of individual α-peak frequency and its amplitude. Amplitude-frequency differences in the initial electroencephalogram between the subjects of the selected groups have been established, which makes it possible to consider them as prognostic criteria for the success of certain types of cognitive tasks.

Keywords: cognitive activity, effectiveness of performance, subbands of the α-rhythm of the initial electroencephalogram, frequency and amplitude of the α-peak.

Введение. Анализ фонового состояния коры головного мозга человека является одной из актуальных проблем когнитивной психофизиологии. Показано, что в состоянии спокойного бодрствования мозг активно работает и потребляет значительное количество энергии, причем при выполнении когнитивных задач количество потребляемой энергии увеличивается, но часто такое увеличение не превышает 5% [1].

Некоторые авторы совершенно справедливо делают предположение о том, что фоновое состояние мозга, не являясь пассивным, должно отражаться на параметрах предстоящей деятельности [2]. В ряде наших исследований и работ других авторов показана связь характеристик α- и других ритмов фоновой ЭЭГ с результативностью последующей деятельности [3, 4].

Известно, что α-диапазон ЭЭГ неоднороден. Выделение низкого и высокого поддиапазонов α-ритма обусловлено доказательствами их разной функциональной значимости: низкочастотный поддиапазон отражает общие базовые характеристики такие как готовность к действию и общий уровень активации, а высокочастотный связан с решением сложных когнитивных задач и отражает более специфические характеристики, например, процессы семантической памяти, и [5, 6].

Среди характеристик α-активности исходной ЭЭГ во многих исследованиях выделяют частоту индивидуального альфа пика (IAF), которая связывается с результативностью различных видов когнитивной деятельности [7-9]. Однако совсем небольшое количество исследований принимают во внимание амплитуду индивидуального альфа пика (AmpIAP), которая является не менее важной характеристикой исходной ЭЭГ. Предполагается, что AmpIAP отражает синхронность активации нейронных ансамблей [5]. Нужно отметить, что AmpIAP и IAF по-разному коррелируют с поведенческими показателями [10].

Принимая во внимание вышеизложенное, целесообразно включать в анализ как частотные, так и амплитудные характеристики α-диапазона исходной ЭЭГ, которые в дальнейшем могут быть использованы в качестве предикторов результативности различных видов когнитивной деятельности.

Целью исследования было выявление особенностей амплитудно-частотных характеристик α-диапазона исходной ЭЭГ, которые могут служить предикторами различной успешности выполнения когнитивной задачи.

Методы и организация исследования. В исследовании на основе добровольного информированного согласия участвовали 38 здоровых мужчин без неврологических заболеваний в возрасте 18-21 года, правши, с нормальной или скорректированной до нормальной остротой зрения. Исследования проведены в соответствии с Хельсинской декларацией [11] и одобрены этической комиссией ПМГМУ им. И.М. Сеченова № 02-20 от 05.02.2020.

В качестве модели когнитивной деятельности использовалась «n-back» задача, разработанная психологом В.К. Кирхнером, применяемая в нейрофизиологических исследованиях для оценки и развития рабочей памяти, логического мышления, способности к концентрации внимания [12]. Испытуемый находился в затемненной комнате в отсутствии посторонних раздражителей, сидя на расстоянии 50 см от экрана монитора. Использовался монитор Acer G276 с диагональю 27 дюймов. Частота обновления экрана монитора 75 Гц, контрастность 3000:1. Задачей испытуемого было запомнить геометрические фигуры, последовательно появляющиеся на экране монитора и указать (кнопкой мыши), если предъявляемая в данный момент фигура встречалась две позиции назад. Более подробно описание процедуры исследования представлено в работе [13]. По результатам выполнения компьютерной задачи для каждого испытуемого вычисляли количество правильно указанных геометрических фигур (максимальное число правильных выборов составляло 10) и количество ошибочных ответов (когда испытуемым указывалась фигура, которой не было две позиции назад).

Регистрация ЭЭГ осуществлялась с помощью электроэнцефалографа «Нейронспектр» (г. Иваново) монополярно по схеме «10–20» в затылочных (O2, O1), теменных (P4, P3), центральных (C4, C3), лобных (F4, F3) и височных (T4, T3) отведениях с объединенными референтными электродами на мочках ушей. Полоса фильтрации составляла 0,5-70,0 Гц, постоянная времени – 0,32 с, режективный фильтр – 50 Гц.

После регистрации все записи ЭЭГ были переведены в компьютерную систему анализа и топографического картирования электрической активности мозга «Brainsys» и обработаны с помощью аппаратно-программного комплекса «Нейро-КМ» (ООО «Статокин», г. Москва). Исключение артефактов и спектральный анализ ЭЭГ проводили с использованием программного комплекса анализа и топографического картирования электрической активности мозга «Brainsys». Эпоха анализа составляла 4 с при длительности каждого фрагмента в 1 мин, частота оцифровки – 200 Гц.

Проводили анализ ЭЭГ в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами (ЗГ). Рассчитывали автоспектры амплитуды общего (8-13 Гц), низкочастотного (8-10 Гц) и высокочастотного (10-13 Гц) диапазонов α-ритма ЭЭГ. Вычисляли абсолютные значения IAF и AmpIAP суммарно в теменно-затылочных отделах коры головного мозга (отведения O2, O1, P4, P3). Для этого рассчитывали значения спектральной плотности мощности ЭЭГ α-диапазона (8-13 Гц) с использованием метода «multitaper», реализованного посредством функции psd_multitaper модуля MNE-python [14].

При статистической обработке полученных данных и представлении результатов использовали пакет STATISTICA v.10. Достоверность различий анализируемых показателей у испытуемых выделенных групп оценивали с помощью дисперсионного анализа «Break down and one-way ANOVA». При нормальном распределении достоверность изменения значений показателей в разных ситуациях у одной группы испытуемых оценивали с использованием t-критерия для связанных выборок. При распределении отличном от нормального данные представлены в виде Me [Q1; Q3]. Сравнение независимых групп проводили с использованием Mann-Whitney U test. Различия считались значимыми при $p<0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Анализ результатов выполнения теста «n-back» показал, что по группе испытуемых в целом количество правильных ответов в тесте варьировало от 3 до 10, составив в среднем 7,47±0,36, при этом количество ошибок изменялось от 0 до 5, составив в среднем 1,4±0,23. По результату теста «n-back» выделены две группы испытуемых. 1-ю группу (n=15) составили испытуемые, у которых было 8-10 правильных ответов из 10 возможных. Во 2-ю группу (n=10) вошли лица, у которых количество правильных ответов было менее 8. Результат теста составил 9,50±0,13 в 1-й группе и 4,90±0,35 во 2-й. Количество неправильных ответов было 0,75±0,23 и 2,0±0,55 (p=0,026) соответственно группам.

Анализ значений амплитудного спектра общего диапазона α-ритма ЭЭГ показал, что амплитуда исходной ЭЭГ, зарегистрированной при ЗГ, выше у испытуемых 1-й группы в O1, p=0,042; P4, p=0,021; P3, p=0,016; C4, p=0,021; C3, p=0,009; F3, p=0,023; T3, p=0,014 отведениях. При анализе значений амплитудных спектров низкого и высокого диапазонов α-ритма ЭЭГ было установлено, что основные различия между испытуемыми 1-й и 2-й групп выявляются в низкочастотном диапазоне. В исходной ЭЭГ амплитуда низкочастотных колебаний α-спектра была выше у испытуемых 1-й группы (P4, p=0,042; P3, p=0,038; C4, p=0,037; C3, p=0,021; F3, p=0,022; T3, p=0,031). Значимые различия между испытуемыми 1-й и 2-й групп по амплитуде высокочастотного спектра α-ритма были зарегистрированы только в отведении P3 (p=0,049) (табл.).

Анализ IAF и AmpIAP исходной ЭЭГ, зарегистрированной при ЗГ в затылочно-теменных областях коры, не выявил значимых отличий между испытуемыми выделенных групп. В исходном состоянии при ЗГ значения IAF у испытуемых выделенных групп значимо не различались (U=60,5; Z= –0,804; p=0,42) и составили 10,3 [9,4; 11,9] Гц у испытуемых 1-й и 10,3 [10,1; 11,0] Гц у 2-й групп. Различия по AmpIAP у испытуемых 1-й и 2-й групп также не зарегистрированы, (U=47,0; Z=1,55; p=0,12), ее величина была равной 27,1 [2,9; 50,8] и 8,6 [3,3; 11,2] мкВ соответственно группам. Однако, обращает на себя внимание значительный разброс значений AmpIAP в затылочно-теменных областях коры испытуемых 1-й группы. Визуальный анализ распределения показателей

IAF и AmpIAP в затылочно-теменных отведениях у испытуемых 1-й и 2-й групп позволяет сделать предположение о нелинейном характере взаимодействия этих показателей с успешностью выполнения теста «n-back». Неуспешные испытуемые имеют по большей части низкую амплитуду IAP и среднюю IAF, тогда как для успешных испытуемых характерен сложный паттерн распределения. Среди успешных испытуемых имеются лица с низкой AmpIAP и IAF, которая либо существенно ниже, либо выше средних значений. Наряду с этим в группе успешных есть испытуемые со сходными с неуспешными испытуемыми значениями IAF, но при этом имеющие более высокую AmpIAP. Наглядно демонстрация этого тезиса представлена на рисунке.

Таблица

Автоспектры амплитуды (M±m, МкВ) общего, низкого и высокого диапазонов α-ритма ЭЭГ, зарегистрированной в состоянии покоя при закрытых глазах у испытуемых 1-й и 2-й групп, M±m

Отведения ЭЭГ		α-общ. (8-13 Гц)		α1 (7-10 Гц)		α2 (10-13 Гц)	
		1-я группа	2-я группа	1-я группа	2-я группа	1-я группа	2-я группа
Затылочные	O2	14,5±1,9	10,1±1,2	9,3±1,6	6,1±1,1	10,9±1,6	7,9±1,0
	O1	15,1±1,9	9,4±1,2*	10,1±1,8	5,8±0,9	11,0±1,3	7,4±0,9
Теменные	P4	11,0±1,4	6,7±0,7*	8,1±1,3	4,5±0,5*	7,7±0,9	5,3±0,6
	P3	10,9±1,3	6,4±0,6*	8,0±1,3	4,2±0,5*	7,5±0,9	5,0±0,6*
Центральные	C4	8,1±0,8	5,7±0,5*	6,4±0,8	4,2±0,4*	5,7±0,5	4,4±0,4
	C3	8,2±0,7	5,6±0,5*	6,3±0,7	4,2±0,4*	5,8±0,6	4,2±0,4
Лобные	F4	6,8±0,6	5,6±0,4	5,5±0,6	4,2±0,4	4,9±0,5	4,2±0,4
	F3	7,1±0,5	5,5±0,4*	5,8±0,5	4,2±0,3*	5,0±0,5	4,0±0,4
Височные	T4	4,1±0,4	3,1±0,3	3,2±0,4	2,2±0,2	2,8±0,3	2,4±0,3
	T3	4,6±0,4	3,2±0,3*	3,6±0,4	2,3±0,2*	3,2±0,3	2,5±0,3

Примечание: ЭЭГ – электроэнцефалограмма; статистические различия значений амплитуды диапазонов α-ритма испытуемых 1-й и 2-й групп * – при p<0,05.

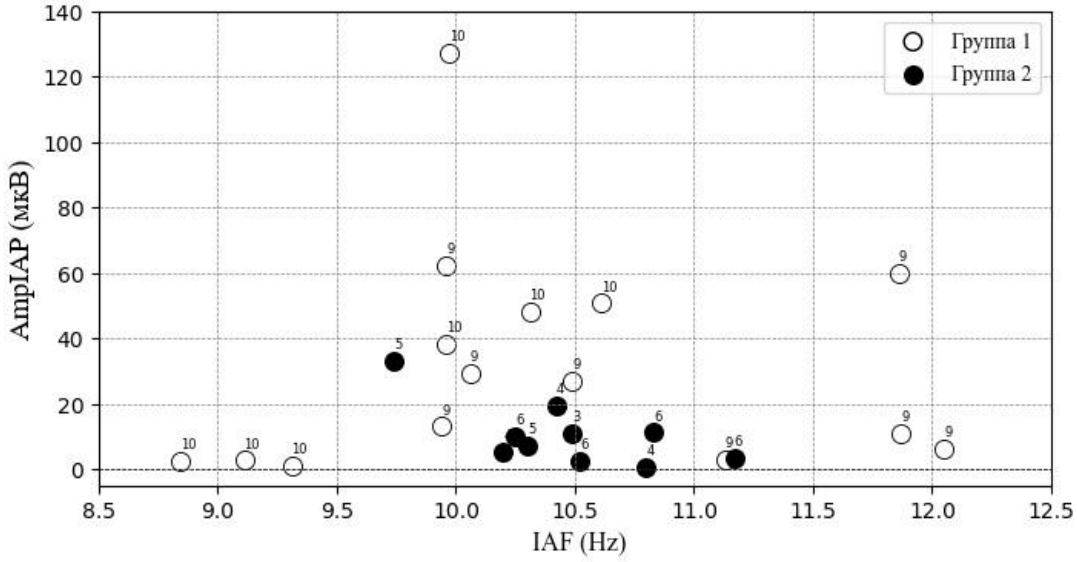


Рис. Распределение показателей амплитуды (AmpIAP) и частоты (IAF) индивидуального альфа-пика в затылочно-теменных областях коры у испытуемых 1-й и 2-й групп. Рядом с маркерами указано количество правильных ответов в тесте

Таким образом, основным отличием высокорезультативных испытуемых явилась высокая амплитуда низкочастотного диапазона α-ритма. Несмотря на то, что по частоте

индивидуального α-пика и по его амплитуде достоверных отличий между испытуемыми выделенных групп не зарегистрировано, можно предположить существование нелинейных взаимосвязей этих показателей с результативностью выполнения теста «n-back». По-видимому, только совместный анализ частоты и амплитуды индивидуального α-пика может служить в качестве предиктора успешности выполнения теста.

В ряде исследований высокая амплитуда α-диапазона рассматривается как позитивный признак. Выявлены значимые положительные корреляции между уровнем общего интеллекта и амплитудой α-ритма в лобных и центральных отведениях [15]. Установлено, что у успешных в обучении испытуемых амплитуда α-ритма была выше, чем у менее успешных [16]. Увеличение амплитуды α-ритма в рамках проведения α-стимулирующего тренинга способствует достижению спортсменами более высоких результатов в спортивной деятельности [17]. Согласно полученным в настоящем обследовании данным более высокая амплитуда общего диапазона α-ритма фоновой ЭЭГ в группе более успешных испытуемых определяется высокой амплитудой низкочастотного α-диапазона ЭЭГ. При этом важно отметить, что такая высокая амплитуда низкочастотного α-диапазона носила пространственно-генерализованный характер, т.е. была значимо выше практически во всех обследованных областях коры больших полушарий. Это согласуется с рассмотренными ранее положениями о разной функциональной значимости низкого и высокого поддиапазонов α-ритма. Показано, что низкочастотный α-ритм в ситуации относительного покоя хорошо выражен у индивидов с высокоразвитой системой избирательного торможения, лежащего в основе произвольного внимания. Такие особенности функционирования неокортекса обеспечивают успешное выполнение задач, требующих особой сосредоточенности [18]. В наших предыдущих исследованиях показано, что испытуемые, с исходно высокой мощностью низкочастотного диапазона α-ритма, были более успешны в тестах с элементами логического мышления, требующих высокой концентрации внимания, аналитических навыков и способности к сравнению [19].

Таким образом, анализ результативности разных видов когнитивной деятельности показал, что успешнее в подобных тестах будут лица с преобладанием в фоновой ЭЭГ низкочастотного диапазона α-ритма. Во всех вышерассмотренных моделях для успешного выполнения задания необходимо задействование механизмов селективного внимания и оперативной памяти. По-видимому, выраженность низкочастотных α-колебаний в исходной ЭЭГ создает условия для оптимального использования таких механизмов, что в дальнейшем приводит к высокому результату деятельности.

Заслуживает внимания полученный в настоящем исследовании факт распределения соотношения AmpIAP и IAF в затылочно-теменных областях коры у успешных испытуемых, которое носит нелинейный характер, однако этот вопрос требует отдельного рассмотрения, что является задачей будущих исследований.

Заключение. Анализ характеристик фоновой электрической активности головного мозга позволил выявить некоторые прогностические критерии высокой результативности деятельности человека в заданиях, предъявляющих высокие требования к рабочей памяти, логическому мышлению и способности к концентрации внимания. У успешных испытуемых, в отличии от неуспешных, в состоянии спокойного бодрствования при закрытых глазах практически во всех обследованных областях коры больших полушарий были зарегистрированы более высокие значения амплитуды низкочастотного α-диапазона. Предполагается, что выраженность низкочастотных α-колебаний исходной ЭЭГ создает предпосылки для оптимального функционирования механизмов селективного внимания и оперативной памяти, что в дальнейшем приводит к высокому результату предложенного вида деятельности.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Greater brain activity during the resting state and the control of activation during the performance of tasks / J. Huang // Scientific reports. – 2019 – Vol. 9. – № 1. – P. 5027. DOI: 10.1038/s41598-019-41606-2.
2. Станкова, Е.П. Роль фоновой активности мозга в обеспечении когнитивной деятельности / Е.П. Станкова // Вестник ЯрГУ. Серия Гуманитарные науки. – 2018. – № 2. – С. 116–120.
3. Пространственные характеристики α-ритма ЭЭГ человека при выполнении заданий на концентрацию и переключение внимания в условиях экзогенных помех / И.И. Коробейникова, Н.А. Каратыгин, Я.А. Венерина, Е.В. Бирюкова // Психическое здоровье. – 2019. – № 6. – С. 45–52. DOI: 10.25557/2074-014X.2019.06.45-52.
4. Станкова, Е.П. О связи индивидуальных характеристик ЭЭГ с уровнем интеллекта / Е.П. Станкова, И.Ю. Мышкин // Вестник Московского университета. Сер.6. Биология. – 2016. – № 4. – С. 83–88.
5. Klimesch, W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: A review and analysis / W. Klimesch // Brain Res. Rev. – 1999. – № 29. – P. 169–195. DOI: 10.1016/S0165-0173(98)00056-3.
6. Костандов, Э.А. Изменения низко- и высокочастотных колебаний α-диапазона ЭЭГ на отдельных отрезках времени между значимыми зрительными стимулами / Э.А. Костандов, Е.А. Черемушкин // Физиология человека. – 2013. – Т. 39. – № 4. – С. 1–8. DOI: 10.7868/S0131164613040073.
7. Математическая модель управления нейропластичностью мозга при нейробиоуправлении / И.В. Нуйдель, А.В. Колосов, С.А. Пермяков [и др.] // Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика. – 2024. – Т. 32. – № 4. – С. 472–491. DOI: 10.18500/0869-6632-003109.
8. Электроэнцефалографические маркеры функционального состояния центральной нервной системы в спортивной практике / Н.В. Балиоз, Е.Е. Архипова [и др.] // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2023. – № 3. – С. 30–48. DOI: 10.34014/2227-1848-2023-3-30-48.
9. Начарова, М.А. Особенности взаимосвязи между индивидуальной пиковой частотой α-ритма ЭЭГ и характеристиками общего интеллекта / М.А. Начарова, С.А. Махин, В.Б. Павленко // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2019. – Т. 5. – № 2. – С. 132–144.
10.Frequency of alpha oscillation predicts individual differences in perceptual stability during binocular rivalry / S. Katyal, S. He, B. He, S.A. Engel // Hum. Brain Mapp. – 2019. – № 40. – P. 2422–2433. DOI: 10.1002/hbm.24533/.
11.World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. – JAMA. – 2013. – Vol. 310. – № 20. – P. 2191–2194.
12.Kirchner, W.K. Age differences in short-term retention of rapidly changing information / W.K. Kirchner // Journal of Experimental Psychology. – 1958. – Vol. 55. – № 4. – P. 352–358.
13.Коробейникова, И.И. Электрофизиологические корреляты достижения результата целенаправленной деятельности человека в условиях ритмически организованной оптической стимуляции частотой 10 Гц. Методические аспекты и разработки / И.И. Коробейникова, Н.А. Каратыгин, Я.А. Венерина // Психическое здоровье. – 2020. – № 7. – С. 9–15. DOI: 10.25557/2074-014x.2020.07.9-15.
14.MEG and EEG data analysis with MNE-Python / A. Gramfort, M. Luessi, E. Larson [et al] // Frontiers in neuroscience. – 2013. – Vol. 7. – P. 1–13. DOI: 10.3389/fnins.2013.00267.
15.Павленко, В.Б. Взаимосвязь уровней общего и эмоционального интеллекта с амплитудой альфа- и бета-ритмов ЭЭГ покоя / В.Б. Павленко, М.А. Аликина, С.А. Махин // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского Биология. Химия. – 2018. – Т. 4. – № 3. – С. 134–142.
16.Александров, А.М. О корреляции альфа-ритма и успешности обучения / А.М. Александров, О.В. Савокина, М.И. Сизинцев // В материалах Итоговой конференции военно-научного общества курсантов, студентов и слушателей Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова. – 2023. – С. 32–35.
17.Акбарходжаева, З.А. Альфа-стимулирующий тренинг у спортсменов-единоборцев и его влияние на изменения потенциалов головного мозга / З.А. Акбарходжаева, А.А. Садиков, Д.А. Алиева // Прикладная спортивная наука. – 2022. – Т. 2. – № 16. – С. 5–10.

18.Schuher, F. Reflection of mental exercise in the dynamic quantitative topographical EEG / F. Schuher, R. W. Schellenherg, W. Dimpjd // Neuropsychobiology. – 1995. – Vol. 31. – № 2. – P. 98–112.
19.Коробейникова, И.И. Связь результативности интеллектуальной тестовой деятельности человека с различными спектральными характеристиками α-ритма фоновой ЭЭГ / И.И. Коробейникова // Тюменский медицинский журнал. – 2014 – Т. 16. – № 3. – С. 50–53.

REFERENCES:

1. Huang J. Greater brain activity during the resting state and the control of activation during the performance of tasks. *Scientific reports*, 2019, vol. 9, no. 1, pp. 5027. DOI: 10.1038/s41598-019-41606-2.
2. Stankova E.P. The role of background brain activity in providing cognitive performance. *Vestnik YarSU*, 2018, no. 2, pp. 116–120. (in Russ.)
3. Korobeinikova I.I., Karatygin N.A., Venerina Y.A., Birukova E.V. Spatial characteristics of EEG alpha rhythm while performing attention switching cognitive task in conditions of exogenous noise. *Mental health*, 2019, no. 6, pp. 45–52. DOI: 10.25557/2074-014X.2019.06.45-52. (in Russ.)
4. Stankova E.P., Myshkin I.Y. Association between individual EEG characteristics and the level of intelligence. *Moscow University Biological Sciences Bulletin*, 2016, vol. 71, no. 4, pp. 256–261. (in Russ.)
5. Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: A review and analysis. *Brain Res. Rev.*, 1999, no. 29, pp. 169–195. DOI: 10.1016/S0165-0173(98)00056-3.
6. Kostandov E.A., Cheremushkin E.A. Changes in the low- and high-frequency oscillations of the EEG α-band in the intervals between meaningful visual stimuli. *Human Physiology*, 2013, vol. 39, no. 4, pp. 339–345. (in Russ.)
7. Nuidel I.V., Kolosov A.V., Permiakov S.A., Egorov I.S., Polevaia S.A., Yakhno V.G. Mathematical model for controlling brain neuroplasticity during neurofeedback. *News of higher education. Applied nonlinear dynamics*, 2024, vol. 32, no. 4, pp. 472–491. DOI: 10.18500/0869-6632-003109. (in Russ.)
8. Balioz N.V., Arkhipova E.E., Mozolevskaya N.V., Krivoshchekov S.G. Electroencephalographic markers of CNS functional state in sport. *Ulyanovsk medical-biological J*, 2023, no. 3, pp. 30–48. DOI: 10.34014/2227-1848-2023-3-30-48. (in Russ.)
9. Nacharova M.A., Makhin S.A., Pavlenko V.B. Relationship between the EEG individual alpha peak frequency and general intelligence indices. *Scientific notes of Crimea Federal University of V.I. Vernadskiy. Biology. Chemistry*, 2019, vol. 5, no. 2, pp. 132–144. (in Russ.)
10.Katyal S., He S., He B., Engel S. A. Frequency of alpha oscillation predicts individual differences in perceptual stability during binocular rivalry. *Hum.Brain Mapp*., 2019, no. 40, pp. 2422–2433. DOI: 10.1002/hbm.24533/
11.World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*, 2013, vol. 310, no. 20, pp. 2191–2194.
12.Kirchner W.K. Age differences in short-term retention of rapidly changing information. *Journal of Experimental Psychology*, 1958, vol. 55, no. 4, pp. 352–358.
13.Korobeinikova I.I., Karatygin N.A., Venerina Y.A. EEG correlates of result achievement in goal-directed activity in conditions of rhythmically organized optical stimulation with 10 Hz. methodological aspects and studies. *Mental health*, 2020, no. 7, pp. 9–15. DOI: 10.25557/2074-014x.2020.07.9-15. (in Russ.)
14.Gramfort A., Luessi M., Larson E., Engemann D.A., Strohmeier D., Brodbeck C., Goj R., Jas M., Brooks T., Parkkonen L., Hämäläinen M. MEG and EEG data analysis with MNE-Python. *Frontiers in neuroscience*, 2013, vol. 7, article 267, pp. 1–13. DOI: 10.3389/fnins.2013.00267.
15.Pavlenko V.B., Alikina M.A., Makhin S.A. Relationships between general and emotional intelligence levels and EEG alpha and beta rhythm amplitude at rest. *Scientific notes of Crimea Federal University of V.I. Vernadskiy. Biology. Chemistry*, 2018, vol. 4, no. 3, pp. 134–142. (in Russ.)
16.Alexandrov A.M., Savokina O.V., Sizintcev M.I. About the correlation of alpha rhythm and learning success. *In material of the Final Conference of the Military-Scientific Society of Cadets, Students and Listeners of the Kirov Military Medical Academy*, 2023, pp. 32–35. (in Russ.)
17.Akbarkhodjaeva Z.A., Sadikov A.A., Alieva D.A. Alpha-stimulating training for martial artists and its effect on changes in brain potentials. *Applied sports science*, 2022, vol. 2, no. 16, pp. 5–10. (in Russ.)
18.Schuher F., Schellenherg R., Dimpjd W. Reflection of mental exercise in the dynamic quantitative topographical EEG. *Neuropsychobiology*, 1995, vol. 31, no. 2, pp. 98–112.
19.Korobeinikova I.I. Relationship of human intellectual test performance with different spectral characteristics of the alpha rhythm of the initial EEG. *Tumen medical journal*, 2014, vol. 16, no. 3, pp. 50–53. (in Russ.)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:
Николай Алексеевич Каратыгин – ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, ФГБНУ «ФИЦ оригинальных и перспективных биомедицинских и фармацевтических технологий», Москва, e-mail: nikol.karatygin@yandex.ru.
Ирина Ивановна Коробейникова – ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, ФГБНУ «ФИЦ оригинальных и перспективных биомедицинских и фармацевтических технологий», Москва, e-mail: i_korobeinikova@mail.ru.
Яна Андреевна Венерина – ассистент кафедры нормальной физиологии, кандидат медицинских наук Первого МГМУ им. И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, e-mail: yana.venerina@gmail.com.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS
Nikolaj A. Karatygin – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Federal Research Center for Innovator and Emerging Biomedical and Pharmaceutical Technologies, Moscow; e-mail: nikol.karatygin@yandex.ru.
Irina I. Korobejnikova – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Federal Research Center for Innovator and Emerging Biomedical and Pharmaceutical Technologies, Moscow; e-mail: i_korobeinikova@mail.ru.
Yana A. Venerina – Candidate of Medical Sciences, Assistant professor, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, e-mail: yana.venerina@gmail.com.

Для цитирования: Каратыгин, Н.А. Спектральные характеристики α-диапазона исходной электроэнцефалограммы испытуемых с различной результативностью выполнения задачи «n-back» / Н.А. Каратыгин, И.И. Коробейникова, Я.А. Венерина // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_22

For citation: Karatygin N.A., Korobejnikova I.I., Venerina Ya.A. Spectral characteristics of the α-band of the initial electroencephalogram in subjects with different results of “n-back” task. *Modern Issues of Biomedicine,* 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_22

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_23
УДК 796.01; 612

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_23
UDC 796.01; 612

ТЕСТ ПРОСТРАНСТВЕННО-СИТУАЦИОННОЙ КООРДИНАЦИИ «ЗВЕЗДОЧКА»: НАДЕЖНОСТЬ И ВЗАИМОСВЯЗЬ С ТЕСТАМИ ЗРИТЕЛЬНО-МОТОРНОЙ КООРДИНАЦИИ

Т.С. Спирин[1], В.А. Грошев[1], А.Н. Ежов[2]
[1]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Россия
[2]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

Аннотация. Целью исследования является оценка надежности теста «Звездочка» и определение взаимосвязи результатов данного теста с результатами тестов зрительно-моторной координации. Проведено экспериментальное исследование на 166 студентах и сотрудниках Сибирского федерального университета (119 женщин, 47 мужчин). Испытуемые выполнили тесты на определение простой и сложной зрительно-моторной координации рук, а также тест пространственно-ситуационной координации «Звездочка». Через 1-3 недели был выполнен повторный тест «Звездочка» на 33 испытуемых (20 женщин, 13 мужчин). Взаимосвязь между результатами различных тестов и уровень надежности (воспроизводимости) теста «Звездочка» показаны в графическом виде и оценены при помощи корреляционного анализа.
Ключевые слова: пространственно-ситуационная координация, тест Звездочка, зрительно-моторная координация, время реакции.

SPACE (AROUND)-SITUATIONAL COORDINATION TEST “STAR”: RELIABILITY AND RELATIONSHIP WITH HAND-EYE COORDINATION TESTS

T.S. Spirin[1], V.A. Groshev[1], A.N. Ezhov[2]
[1]Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
[2]Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Abstract. The aim of the study is to evaluate the reliability of the “Star” test and determine the relationship between the results of this test and the results of hand-eye coordination tests. An experimental study was conducted on 166 students and employees of Siberian Federal University (119 women). The subjects completed tests to determine simple and choice hand-eye coordination of hands, as well as the “Star” test of space-situational coordination. After 1-3 weeks, the “Star” test was repeated on 33 subjects (20 women). The relationship between the results of various tests and the level of reliability of the “Star” test are shown graphically and assessed using correlation analysis.
Keywords: space-situational coordination, Star test, hand-eye coordination, reaction time.

Введение. Определение времени реакции (ВР) на слуховые или зрительные стимулы входит в программу обследования спортсменов различных видов спорта – художественная гимнастика, горный бег, лыжные гонки, бокс, хоккей и пр. [1-3]. В настоящее время применяются тестирования для определения показателей простой (ПЗМК) и сложной зрительно-моторной координации (СЗМК) при реакции на световой сигнал, осуществляемые при помощи системы нейромышечной разминки Co-reaction [4-6]. Предполагается, что показатели ПЗМК и СЗМК можно использовать для спортивного отбора, а также для оперативного контроля состояния спортсмена [4]. В австралийской футбольной лиге используются SVT тесты на реакцию, которые являются аналогами тестов на Co-reaction [7].

В мета-анализе L.B. Lempke и соавт. продемонстрировано, что показатели ВР увеличиваются после сотрясения мозга не только в острый и подострый период после травмы, но и в долгосрочный период [8]. В исследовании П.А. Байгужина и Д.З. Шибковой показана связь между временными нейродинамическими показателями сенсомоторных реакций и функциональным состоянием ЦНС [9]. Таким образом, динамика показателей ВР может использоваться в качестве диагностического инструмента

при подозрении на сотрясение мозга и для определения функционального состояния центральной нервной системы.

В систематическом обзоре D. Janicijevic и A. Garcia-Ramos проанализировано 38 исследований, в которых использовались различные тесты на определение ВР среди спортсменов. Авторы отмечают, что существующие тесты показывают значимую разницу между спортсменами различного уровня и лицами, не занимающимися спортом. Уровень надежности (воспроизводимости) различных тестов, определяемый по коэффициенту корреляции между результатом теста и ретеста, колеблется от умеренного ($r<0,5$) до очень сильного ($r>0,9$). С целью повышения информативности и надежности тестов авторы рекомендуют использовать более специфичные для вида спорта стимулы в тестах на определение ВР [10].

Таким образом, к настоящему времени разработано множество тестов на определение ВР. Однако в конкретных видах спорта требуется разработка и валидация специфичных информативных тестов быстроты. Специалистами УрФУ разработан тест «Звездочка» на определение ВР в командных игровых видах спорта [11]. Наше исследование призвано валидировать данный тест.

Цель: оценить надежность теста «Звездочка» и определить взаимосвязь результатов данного теста с результатами тестов зрительно-моторной координации.

Методы и организация исследования. Исследование выполнено в лаборатории спорта и туризма ИФКСиТ СФУ. Участниками являлись студенты и сотрудники СФУ, всего 166 человек (47 мужчин и 119 женщин). Характеристики испытуемых (M±SD): возраст 20,1±5,4 лет, рост мужчин 179,7±6,4 см, рост женщин 166,3±5,9 см. Участники выполнили тест на определение ПЗМК и СЗМК на системе нейромышечной разминки Co-reaction: использовалось 6 датчиков, размещенных на столе высотой 700-800 мм согласно схемы (рис. 1). В тесте ПЗМК испытуемые были проинструктированы как можно быстрее нажимать на желтый световой сигнал, который загорался на 1 датчике в случайном порядке. В тесте СЗМК загоралось 2 световых сигнала разного цвета, испытуемые были проинструктированы реагировать только на желтый сигнал. Показатели ПЗМК и СЗМК рассчитывались как среднее ВР в течение 30 с соответствующего теста. Тест «Звездочка» выполнялся на стенде, в котором использовались 5 рефлекторных датчиков, расположенных на стойках высотой 1150 мм. Датчики в этом тесте располагаются в форме равностороннего пятиугольника со стороной длиной 1500 мм согласно схемы (рис. 2). Испытуемый во время теста находился внутри пятиугольника (рис. 3). В течение 30 с сигналы на датчиках загораются в случайном порядке. Испытуемые были проинструктированы как можно быстрее подносить руку на расстояние 6 см от датчика или ближе. Настройки в ПО: датчик – близко, задержка между сигналами – 0,1 с, звук сигнала – нет, звук касания – да, вспышка – да, цвет вспышки – красный. Испытуемые выполняли тест «Звездочка» 2 раза по 30 с с интервалом отдыха около 30 с. В качестве показателя пространственно-ситуационной координации (ПСК) использовалось среднее значение ВР за 30 с, взятое из лучшей попытки (с минимальным значением среднего ВР). Ретест (повторное тестирование) «Звездочки» по описанной выше методике выполнялся через 1-3 недели для 33 испытуемых, 20 из которых женщины.

Все расчеты и графические построения выполнены в MS Excel. Проверка выборки на нормальность распределения выполнена визуально по форме гистограммы распределения, а также при помощи критерия Шапиро-Уилка. В случае нормального распределения рассчитаны коэффициенты корреляции Пирсона, значимость различий рассчитана по Т-критерию Стьюдента. В случаях, когда распределение не соответствовало нормальному закону – коэффициенты корреляции рассчитывались по Спирмену, значимость различий – по U-критерию Манна-Уитни.

Результаты исследования и их обсуждение. Характеристики выборки показателей ПЗМК, СЗМК и ПСК приведены в таблице 1.

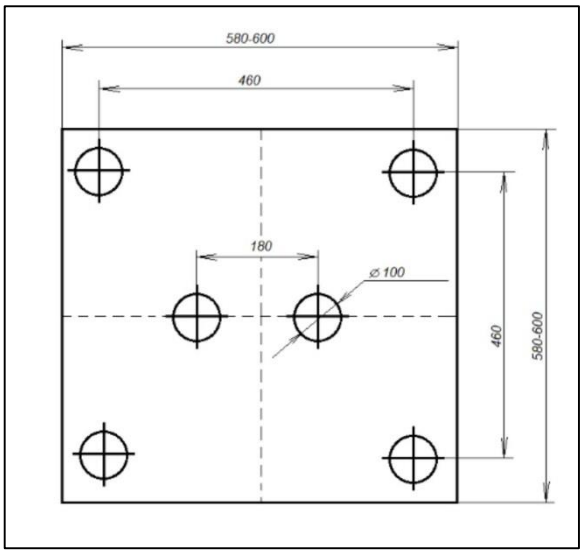


Рис. 1. Схема расположения рефлекторных датчиков в тестах на определение ПЗМК и СЗМК (Co-Reaction)

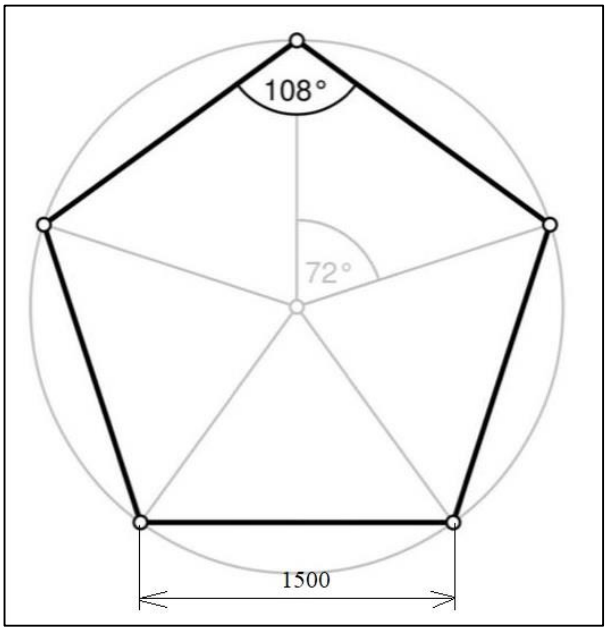


Рис. 2. Схема расположения рефлекторных датчиков в тесте «Звездочка»



Рис. 3. Выполнение теста пространственно-ситуационной координации «Звездочка»

Таблица 1

Характеристики выборки показателей ПЗМК, СЗМК и ПСК

Показатель	ПЗМК		СЗМК		ПСК	
	Мужчины (n=47)	Женщины (n=119)	Мужчины (n=47)	Женщины (n=119)	Мужчины (n=47)	Женщины (n=119)
M, мс	386	392	434	444	1148	1237
SD, мс	37	31	45	40	126	134
min, мс	330	321	371	368	820	900
max, мс	493	496	584	619	1500	1630
A_s	0,80	0,30	1,17	0,86	0,17	0,22

Примечание: ПЗМК – простая зрительно-моторная координация; СЗМК – сложная зрительно-моторная координация; ПСК – пространственно-ситуационная координация; M – среднее значение, SD – стандартное отклонение, min – минимальное, max – максимальное значение, A_s – коэффициент асимметрии. Статистически значимых различий при $p<0,05$ между мужчинами и женщинами не имеется.

Корреляционная матрица показателей ПЗМК, СЗМК и ПСК показана в таблице 2. Из данной таблицы видно, что все показатели имеют между собой значимую взаимосвязь ($p<0,001$). При этом ПЗМК и СЗМК имеют сильную, а показатели ПЗМК и ПСК, СЗМК и ПСК между собой умеренную силу взаимосвязи. Взаимосвязь ПСК и СЗМК отдельно по мужчинам и женщинам в графическом виде представлена на рисунке 4.

Таблица 2

Корреляционная матрица показателей ПЗМК, СЗМК и ПСК (n=166)

Показатель	ПЗМК	СЗМК	ПСК
ПЗМК	-	0,71 ($p<0,001$)	0,35 ($p<0,001$)
СЗМК	0,71 ($p<0,001$)	-	0,48 ($p<0,001$)
ПСК	0,35 ($p<0,001$)	0,48 ($p<0,001$)	-

Примечание: ПЗМК – простая зрительно-моторная координация; СЗМК – сложная зрительно-моторная координация; ПСК – пространственно-ситуационная координация.

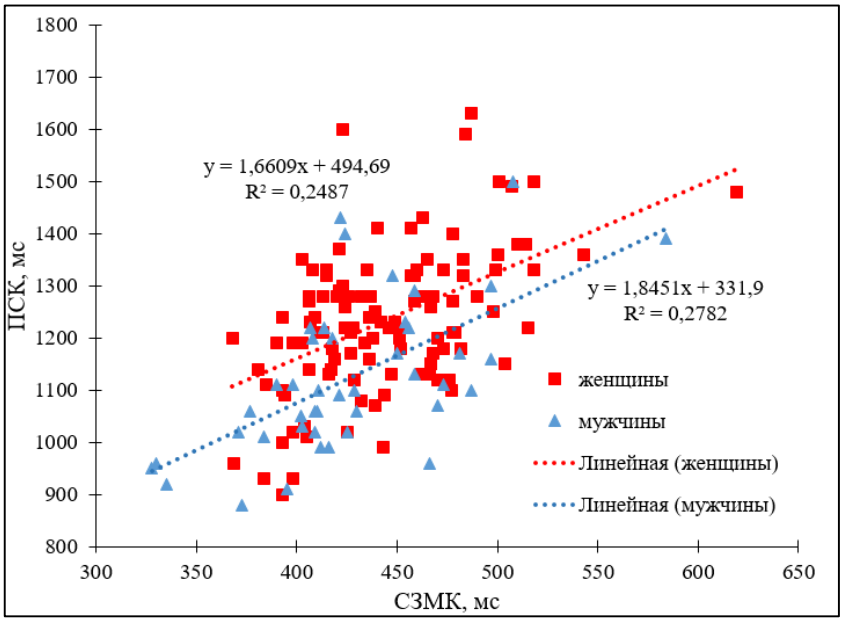


Рис. 4. Взаимосвязь показателей ПСК и СЗМК отдельно по мужчинам и женщинам (всего n=166)

Характеристики выборки показателей теста ($ПСК_1$) и ретеста ($ПСК_2$) «Звездочки» показаны в таблице 3, взаимная зависимость этих показателей показана на рисунке 5. Коэффициент корреляции между $ПСК_1$ и $ПСК_2$ $r=0,82$ ($p<0,001$, $n=33$). Данный уровень корреляционной взаимосвязи оценивается как сильный и значимый.

Таблица 3

Характеристики выборки показателей $ПСК_1$ и $ПСК_2$ (n=33)

Характеристика	M, мс	SD, мс	min, мс	max, мс	A_s
$ПСК_1$	1224	191	960	1630	0,17
$ПСК_2$	1171	173	950	1670	1,18

Примечание: ПСК – пространственно-ситуационная координация; M – среднее значение, SD – стандартное отклонение, min – минимальное, max – максимальное значение, A_s – коэффициент асимметрии. Статистически значимых различий при $p<0,05$ между выборками показателей не имеется.

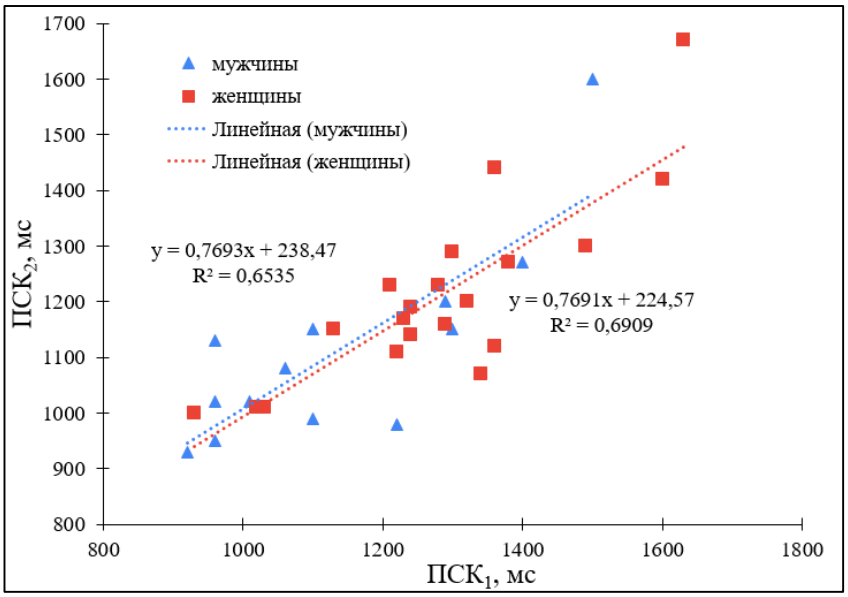


Рис. 5. Зависимость между результатами теста ($ПСК_1$)) и ретеста ($ПСК_2$) «Звездочки»

Основные итоги нашего исследования – уровень надежности (воспроизводимости) результатов в тесте «Звездочка», оцененный по корреляции между результатами теста и ретеста, оценивается как сильный и значимый. Результаты теста пространственно-ситуационной координации «Звездочка» умеренно и значимо коррелируют с результатами тестов ПЗМК и СЗМК.

Наличие значимой корреляции между ПЗМК, СЗМК и ПСК (табл. 2), по нашему мнению, говорит о том, что физическое качество «быстрота», которое находит отражение во всех этих показателях, базируется на общем физиологическом механизме зрительно-моторной координации. Отметим, что корреляция между ПСК и СЗМК ($r=0,48$, $p<0,001$, $n=166$) сильнее, чем между ПСК и ПЗМК ($r=0,35$, $p<0,001$, $n=166$). Этот результат является неожиданным, ведь в тесте «Звездочка» нет выбора между различными стимулами. Основным отличием теста «Звездочка» от тестов ПЗМК и СЗМК является необходимость активного перемещения при помощи ног от датчика к датчику. По этой причине на показатель ПСК должны влиять, помимо нейродинамических характеристик испытуемого, также показатели его скоростно-силовой подготовленности и способность к быстрому изменению направления движения. По нашему мнению, на показатель ПСК должен влиять рост и длина рук испытуемого. Корреляционный анализ наших результатов показывает умеренную и значимую отрицательную корреляцию ($r=–0,33$, $p<0,001$, $n=166$) между ростом испытуемого и показателем ПСК (т.е. чем больше рост – тем меньше значение ПСК). Вероятно, для теста «Звездочка» потребуется разработка таблиц определения уровня пространственно-ситуационной координации, учитывающих рост испытуемого. По взаимному расположению линий тренда (рис. 4) видно, что мужчины в среднем несколько быстрее женщин по показателю ПСК при одинаковом значении СЗМК. Мы считаем, что это связано с более

высоким уровнем скоростно-силовых способностей у мужчин, позволяющих им совершать движения в среднем быстрее, чем женщинам.

Ограничением нашего исследования является то, что информативность теста «Звездочка» не была оценена в достаточной мере: по нашему мнению, требуется сравнение показателей ПСК спортсменов игровых командных видов спорта между группами различной квалификации, а также сравнение с показателями контрольной группы, не занимающейся спортом. Спортсмены игровых командных видов спорта должны показать значимо лучшие результаты (меньшие значения) ПСК, чем контрольная группа. Это планируется дальнейшим направлением исследований.

Заключение. Уровень надежности теста «Звездочка» высокий – наше исследование показало сильную и значимую взаимосвязь результатов теста и повторного теста. Результаты данного теста значимо и умеренно коррелируют с результатами тестов зрительно-моторной координации руками.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Корягина, Ю.В. Возрастные особенности времени реакции спортсменок 4-14 лет, занимающихся художественной гимнастикой / Ю.В. Корягина, С.В. Нопин, А.Е. Стародубцева // Современные вопросы биомедицины. – 2023. – Т. 7. – № 3(24). DOI 10.51871/2588-0500_2023_07_03_10.
2. Корягина, Ю.В. Психофизиологическое состояние спортсменов-любителей, регулярно занимающихся горным бегом / Ю.В. Корягина, С.М. Абуталимова, С.В. Нопин // Российский журнал спортивной науки: медицина, физиология, тренировка. – 2023. – Т. 2. – № 3(7). DOI 10.51871/2782-6570_2023_02_03_1.
3. Нопин, С.В. Нейродинамические характеристики сенсомоторных процессов спортсменов различных видов спорта / С.В. Нопин // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6. – № 1(18). DOI 10.51871/2588-0500_2022_06_01_21.
4. Ежов, А.Н. Изменение координационных способностей высококвалифицированных лыжников-гонщиков в процессе длительной аэробной тренировки / А.Н. Ежов, А.В. Захарова, Н.М. Тарбеева // Актуальные вопросы подготовки лыжников-гонщиков высокой квалификации: Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции тренеров по лыжным гонкам, Сочи, 19–23 сентября 2022 года / Под ред. А.В. Гурского. – Смоленск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма», 2022. – С. 93–98.
5. Оценка использования периферического зрения при тестировании зрительно-моторной координации хоккеистов / А.Н. Ежов, П.М. Глобина, А.П. Епифанов, А.В. Захарова // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2022. – № 12(214). – С. 192–195. DOI 10.34835/issn.2308-1961.2022.12.p192-195.
6. Инновационный центр Олимпийского комитета России. – 2014. – URL: https://icroc.ru/ (дата обращения: 26.11.2024).
7. SVT reaction time test (AFL). – 2005. – URL: https://www.topendsports.com/testing/tests/reaction-time-afl.htm (дата обращения: 26.11.2024).
8. Examination of reaction time deficits following concussion: a systematic review and meta-analysis / L.B. Lempke, D.R. Howell, J.T. Eckner, R.C. Lynall // Sports Medicine. – 2020. – № 50(7). – P. 1341–1359. DOI: 10.1007/s40279-020-01281-0.
9. Байгужин, П.А. Нейродинамические маркеры оценки психофизиологических особенностей учащейся молодежи: ретроспективный анализ авторских исследований / П.А. Байгужин, Д.З. Шибков // Вестник психофизиологии. – 2022. – Т. 2. – № 1. – С. 8–16.
10.Janicijevic, D. Feasibility of volitional reaction time tests in athletes: a systematic review / D. Janicijevic, A. Garcia-Ramos // Motor Control. – 2022. – № 26(2). – P. 291–314. DOI: 10.1123/mc.2021-0139.
11.Оценка ситуационной координации баскетболистов с использованием CO-STAR / А.П. Епифанов, Т.Э. Тимохин, А.Н. Ежов, К.Р. Мехдиева // От наследия сочинской Олимпиады к современной практике подготовки олимпийского резерва: Сборник материалов Юбилейной научно-практической конференции, Москва, 22–23 августа 2024 года. – Санкт-Петербург: ООО Издательский дом «Сциентиа», 2024. – С. 86–91.

REFERENCES
1. Koryagina Yu.V., Nopin S.V., Starodubtseva A.E. Age features of the reaction time of rhythmic gymnasts aged 4-14 years. *Modern Issues of Biomedicine*, 2023, vol. 7, no. 3. DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_03_10. (in Russ.)
2. Koryagina Yu.V., Abutalimova S.M., Nopin S.V. Psychophysiological state of amateur athletes regularly engaged in mountain running. *Russian Journal of Sports Science: Medicine, Physiology, Training*, 2023, vol. 2, no. 3. DOI: 10.24412/2782-6570-2023_02_03_1. (in Russ.)
3. Nopin S.V. Neurodynamic characteristics of sensorimotor processes in athletes of various sports. *Modern Issues of Biomedicine*, 2022, vol. 6, no. 1. DOI: 10.51871/2588-0500_2022 _06_21. (in Russ.)
4. Ezhov A.N., Zakharova A.V., Tarbeeva N.M. Changes in coordination abilities of elite ski racers during long-term aerobic training. Relevant Issues of Training Elite Ski Racers. Materials of the VI All-Russian Scientific and Practical Conference for ski racing coaches (Sochi, September 19-23, 2022). Gurskij A.V., ed. Smolensk: Smolensk State Academy of Physical Culture, Sports and Tourism, 2022. pp. 93–98. (in Russ.)
5. Ezhov A.N., Globina P.M., Epifanov A.P., Zakharova A.V. Evaluation of the use of peripheral vision in testing the hand-eye coordination of hockey players. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2022, no. 12(214), pp. 192–195. DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2022.12.p192-195. (in Russ.)
6. Olympic Committee Innovation Center. Electronic resource. Available at: https://icroc.ru/ (accessed 26.11.2024). (in Russ.)
7. SVT reaction time test (AFL). Electronic resource. Available at: https://www.topendsports.com/testing/tests/reaction-time-afl.htm (accessed 26.11.2024). (in Russ.)
8. Lempke L.B., Howell D.R., Eckner J.T., Lynall R.C. Examination of reaction time deficits following concussion: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 2020, no. 50(7), pp. 1341–1359. DOI: 10.1007/s40279-020-01281-0.
9. Baiguzhin P.A., Shibkova D.Z. Theoretical works review article neurodynamic markers for assessing the psychophysiological characteristics of students: retrospective analysis of author's research. *Psychophysiology news*, 2022, vol. 2, no. 1, pp. 8–16. (in Russ.)
10.Janicijevic D., Garcia-Ramos A. Feasibility of volitional reaction time tests in athletes: a systematic review. *Motor Control*, 2022, no. 26(2), pp. 291–314. DOI: 10.1123/mc.2021-0139.
11.Epifanov A.P., Timokhin T.E., Ezhov A.N., Mekhdieva K.R. Situational coordination assessment of basketball players using CO-STAR. From the Legacy of the Sochi Olympic Games to Modern Practice of Olympic Reserve Training: Collection of the materials from the Anniversary Scientific and Practical Conference. (Moscow, August 22–23, 2024). Saint Petersburg: Scientia, 2024. pp. 86–91. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Тимур Сергеевич Спирин – магистр, заведующий лабораторией спорта и туризма, Сибирский федеральный университет, Красноярск, e-mail: TSpirin@sfu-kras.ru.
Василий Алексеевич Грошев – кандидат педагогических наук, доцент, заместитель директора по инновационной, инвестиционной и грантовой деятельности, Сибирский федеральный университет, Красноярск, e-mail: VGroshev@sfu-kras.ru.
Антон Николаевич Ежов – аспирант, Уральский федеральный университет, Екатеринбург, e-mail: eaneburg@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Timur S. Spirin – Master of Science, Head of the Sport and Tourism Laboratory, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: TSpirin@sfu-kras.ru.
Vasilij A. Groshev – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Director for Innovation, Investment and Grant Activity, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: VGroshev@sfu-kras.ru.
Anton N. Ezhov – Post-Graduate Student, Ural Federal University, Ekaterinburg, e-mail: eaneburg@mail.ru.

Для цитирования: Спирин, Т.С. Тест пространственно-ситуационной координации «Звездочка»: надежность и взаимосвязь с тестами зрительно-моторной координации / Т.С. Спирин, В.А. Грошев, А.Н. Ежов // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_23

For citation: Spirin T.S., Groshev V.A., Ezhov A.N. Space (around)-situational coordination test “Star”: reliability and relationship with hand-eye coordination tests. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_23

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_24
УДК 616.321-008.17

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_24
UDC 616.321-008.17

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВИБРОТАКТИЛЬНОЙ СТИМУЛЯЦИИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФУНКЦИИ ГЛОТАНИЯ У ПАЦИЕНТОВ С ИШЕМИЧЕСКИМ ИНСУЛЬТОМ НА II ЭТАПЕ МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ

А.О. Агафонова[1], М.Ю. Яковлев[1,2], Л.А. Исмаилова[3], Е.А. Гурьянова[4,5]
[1]Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия
[2]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), г. Москва, Россия
[3]Государственное бюджетное учреждение «Республиканский реабилитационный центр», г. Грозный, Россия
[4]Государственное автономное учреждение Чувашской Республики дополнительного профессионального образования «Институт усовершенствования врачей» Министерства здравоохранения Чувашской Республики, г. Чебоксары, Россия
[5]Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы возникновения, течения и преодоления патологии функции глотания, возникающей у пациентов на II этапе медицинской реабилитации на фоне перенесенного острого нарушения мозгового кровообращения. Цель исследования – оценка эффективности применения современных методов коррекции дисфагии в логопедической практике. Поиск научных работ производился в базах данных КиберЛенинки, Библиотеки eLibrary, Российской государственной библиотеки, PubMed. По итогам проведенного исследования, авторами был сформулирован вывод, что применение методики вибротактильной стимуляции в процессе медицинской реабилитации пациентов с нарушением функций центральной нервной системы позволяет сократить сроки восстановления функции глотания, а также увеличить частоту спонтанного глотания и уменьшить риск развития осложнений.

Ключевые слова: дисфагия, восстановление функции глотания, ишемический инсульт, вибротактильная стимуляция, медицинская реабилитация, логопедическая коррекция.

THE VIBROTACTILE STIMULATION METHOD FOR RESTORING THE SWALLOWING FUNCTION IN PATIENTS WITH ISCHEMIC STROKE AT THE II STAGE OF MEDICAL REHABILITATION

A.O. Agafonova[1], M.Yu. Yakovlev[1,2], L.A. Ismailova[3], E.A. Gur'yanova[4,5]
[1]National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia
[2]I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia
[3]Republican Rehabilitation Center, Grozny, Russia
[4]Post-Graduate Doctors' Training Institute, Cheboksary, Russia
[5]I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia

Abstract. The article discusses the issues of the occurrence, course and overcoming of the pathology of swallowing function that occurs in patients at the II stage of medical rehabilitation against the background of acute cerebral circulatory disorders. The aim of the study is to evaluate the effectiveness of modern methods of dysphagia correction in speech therapy practice. The search for scientific papers was carried out in the CyberLeninka, eLibrary, Russian State Library, and PubMed databases. Taking into the account the results of the study, the authors concluded that application of vibrotactile stimulation techniques in medical rehabilitation of patients with impaired central nervous system

functions could shorten the recovery time of swallowing function, as well as increase the frequency of spontaneous swallowing and reduce the risk of complications.
Keywords: dysphagia, restoration of swallowing function, ischemic stroke, vibrotactile stimulation, medical rehabilitation, speech therapy.

Введение. По данным ВОЗ инсульт головного мозга занимает второе место по причинам смертности в мире после инфаркта миокарда [1]. В России ежегодно острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК) переносит около 450 000 человек, 80% случаев приходится именно на ишемическую форму инсульта. Смертность в остром периоде инсульта достигает 35%, увеличиваясь в раннем и позднем периоде на 12-15% к концу года [1, 2]. По статистическим данным Национальной Ассоциации по борьбе с инсультом (НАБИ) лишь около 8% пациентов, перенесших ОНМК, возвращаются к полноценной жизни [2, 3]. Более половины пациентов нуждаются в постоянном или частичном уходе, получают инвалидность и годами проходят длительные курсы медицинской реабилитации, позволяющей им адаптироваться к повседневной жизни с учетом перенесенного заболевания. Целью данной работы является оценка эффективности применения современных методов коррекции дисфагии в логопедической практике.

Методы и организация исследования. Поиск научных публикаций, посвященных вопросам возникновения, течения и преодоления патологии функции глотания, возникающей у пациентов на II этапе медицинской реабилитации на фоне перенесенного острого нарушения мозгового кровообращения, производился в базах данных КиберЛенинки, Библиотеки eLibrary, Российской государственной библиотеки, PubMed.

Результаты исследования и их обсуждение. Одним из самых серьезных осложнений, приводящих к летальному исходу, может стать аспирационная пневмония, возникающая ввиду нарушения функции глотания у лиц, перенесших ОНМК. Акт глотания является сложным механическим процессом, представляющим точно скоординированную головным мозгом последовательность произвольных и непроизвольных движений, обеспечивающих продвижение пищевого болюса из ротовой полости в глотку, пищевод, а затем и в желудок. В момент глотания запускается система последовательно связанных движений, отвечающих за перемещение пищи. Все действия подчинены согласованной взаимосвязи нервно-мышечных структур, запускающих скоординированную работу более 50 мышц глотки, гортани и пищевода [4-6].

В свою очередь, изменение функции глотания сопровождается такими осложнениями, как нарушение дыхания, истощение организма и дегидратация, полиорганная патология, ухудшение качества жизни пациента, снижение активности и др. [7-10].

Акт глотания можно рассматривать как три независимые, но в тоже время взаимосвязанные физиологические стадии или фазы [5, 11]. В настоящее время, глотание принято разделять на 3 фазы: оральная, фарингеальная и эзофарингеальная. Оральная или подготовительная ротовая фаза является произвольной, в ней происходит подготовка болюса, пища перемалывается и смачивается слюной. В момент, когда пищевой комок достигает и раздражает мягкое небо, происходит возбуждение механорецепторов, инициируется глотательный рефлекс. Глоточная (фарингеальная) фаза глотания является непроизвольной и длится около секунды. Когда нижний дыхательный отдел защищен от случайного попадания частиц жидкости и пищи, болюс проскальзывает по надгортаннику и грушевидному синусу в пищевод, далее происходит сокращение мышц глотки, а фарингеальный просвет позади него сужается. Л.М. Попова в своих трудах 1983 года отмечает, что эзофарингеальная или пищеводная фаза длится около 4 секунд. Транспортную и защитную функции пищевода обеспечивают два из трех сужений, физиологическая активность которых предупреждает аэрофагию и заброс пищи за счет плотного смыкания между актами глотания. Затруднение или дискомфорт на любом этапе продвижения пищевого комка из ротовой полости в желудок представляет собой широкий спектр расстройств акта

глотания и именуется термином «дисфагия». Одни из самых ранних упоминаний дисфагии относятся к разборам клинических случаев Andrew Duncan в 1784 году, H.H. Helsham в 1800 году, Alexander Manson в 1825 году.

Однако в упомянутых выше источниках авторы не дают точного определения нарушения, а лишь указывают на его самостоятельность и выделяют органические причины возникновения. Позже, в 1905 году, Л.Я. Якобзон определяет дисфагию как затруднение глотания, возникающее при воспалительных заболеваниях глотки и гортани или при повреждениях этих органов, например, едкими веществами. Наиболее актуальное для современного представления определение нарушения акта глотания в 1993 году дает Р.К. Гойал: «дисфагия (нарушение глотания) – термин, который обозначает любое затруднение или дискомфорт в продвижении пищи изо рта в желудок и является общим названием расстройства акта глотания».

На сегодняшний день по этиологическим причинам выделяют следующие виды дисфагии: органическую, психогенную, ятрогенную и нейрогенную [12]. Для органической дисфагии характерны механические нарушения, возникающие при болезнях ротовой полости, глотки и пищевода, сдавливание пищевода патологическими образованиями. Данный вид расстройства акта глотания чаще возникает среди пациентов, имеющих опухоли головы и шеи, шейные остеофиты, увеличение щитовидной железы, о чем упоминали в 1986 году O. Ekberg, J. Malmquist, S. Lindgren. Причинами психогенной дисфагии может стать фагофобия – боязнь глотания и аспирации или ощущение кома в горле, не обусловленное органической дисфункцией. В БМЭ 1977 года отмечается, что при психогенной дисфагии отсутствуют реальные морфологические изменения, способствующие возникновению патологии или затрудняющие глотание. O. Ekberg, B. Hillarp в 1986 году и J. Fuster, M. Bakheit в 1999-2001 годах приходят к выводам, что ятрогенная дисфагия может возникнуть вследствие медикаментозного лечения или после перенесенного хирургического вмешательства. Дисфункция глотания может возникнуть не только по различным причинам, но и на разных этапах лечения. J.A. Logemann в трудах 1995 года отмечает, что нарушения глотания могут происходить на уровне ротовой полости, глотки или пищевода. Нейрогенная дисфагия отмечается при поражении центральной нервной системы и структур, принимающих участие в акте глотания. Она обусловлена нескоординированными или слишком слабыми перистальтическими сокращениями мышц. Л.М. Попова в 1983 году подчеркивает, что причиной нарушения двигательных актов может стать угнетение центра глотания, расположенного в стволе мозга. Нейрогенная дисфагия возникает при нарушении функции первого и/или второго мотонейрона, базальных ганглиев, нервно-мышечных синапсов или мышечного аппарата [12-15].

Отличительными чертами нейрогенной формы дисфагии являются затруднения при проглатывании пищи, нарушение саливации, прилипание остатков пищи в горле или глотке, слабый или отсутствующий кашлевой рефлекс, хриплый, влажный голос, носовая регургитация, увеличение времени приема пищи, потеря веса, слабость, истощение пациента [14-16].

Нейрогенная дисфагия является одним из наиболее частых осложнений у пациентов с острым нарушением мозгового кровообращения [17]. Проявления нейрогенной формы дисфагии встречаются у 65% пациентов, перенесших ОНМК, при этом статистика летальных исходов среди лиц с постинсультной дисфагией достигает порядка 24%. Это превышает показатели проявления дисфагии среди иных лиц, имеющих предрасположенность к данному нарушению. Дисфункция акта глотания встречается у 27,2% независимых в быту пожилых людей, у 47,4% пожилых пациентов находящихся в палатах интенсивной терапии, у 51% лиц, нуждающихся в постороннем уходе. При деменции дисфагия развивается у 13-57% пациентов, при болезни Паркинсона – у 19-81%, при нейродегенеративных

заболеваниях – у 44-60% [18-20]. При этом согласно современным данным раннее начало медицинской реабилитации при ОНМК способствует максимально возможному восстановлению поврежденных структур и функций центральной нервной системы [7, 19, 20].

Обследование степени выраженности дисфагии и работу по восстановлению функции глотания у пациента с ОНМК необходимо начинать на самых ранних этапах процесса медицинской реабилитации. Оценка статуса пациента с подозрением на дисфагию состоит из неврологической, логопедической, психологической и отоневрологической составляющих. Клиническое обследование строится на оценке когнитивного статуса пациента, визуального осмотра ротовой полости, оценке стереотипа поведения во время приема пищи, оценке функции мышц артикуляции, скорости формирования пищевого болюса, объема движений мышц, участвующих в акте жевания и глотания, оценке произвольного кашля, глотания. Важной частью логопедического обследования является исследование дыхания и просодических компонентов речи. Для полноты клинической картины применяют оценку акта глотания путем рентгеноскопии с барием, гибкую носовую эндоскопию, электромиографию мышц, участвующих в акте глотания, ультразвуковую оценку, эзофагоскопию, томографию шеи и органов грудной клетки. Одним из самых надежных методов оценки наличия и степени выраженности дисфагии принято считать видеорентгеноскопию [21-23]. После проведения скринингового тестирования функции глотания, оценки степени и выраженности речевых нарушений, оценки состояния артикуляционной мускулатуры и подбора оптимального способа кормления логопед определяет задачи, приемы и оптимальные методы дальнейшей работы с пациентом [24].

Сегодня существует разнообразное количество методов, направленных на преодоление нарушения акта глотания и реабилитацию нейрогенной дисфагии. Общеизвестными являются такие методы, как медикаментозный, хирургический, физиотерапевтический, заместительный с нутритивной поддержкой, диетический, компенсаторный, тренировочный, стимулирующий [24-28].

Следует отметить, что медикаментозный метод предполагает лечение основного заболевания, обусловившего нарушения глотания. Некоторые препараты применяются для нормализации слюнотечения у пациентов. Чаще всего данный метод лечения имеет некоторые положительные результаты при болезни Паркинсона и миастении. Однако большинство авторов в своих исследованиях приходят к выводу о низкой эффективности применения лекарственных препаратов в вопросах восстановления функции глотания при орофарингеальной дисфункции [5, 12]. Показано, что такие группы лекарственных препаратов как психотропные, барбитураты, седативные и др. препараты могут быть триггерами или усиливать нарушения функции глотания [12].

При этом в некоторых случаях при нарушении функции глотания используют хирургический метод лечения. Актуальность применения обусловлена случаями необходимости устранения препятствия для входа пищи и жидкости в пищевод (при крикофарингеальном синдроме). При хронической аспирации часто прибегают к методу наложения трахеостомы. Основная цель ее применения – защита нижних дыхательных путей от попадания инородных тел. Однако при длительном использовании данного метода велик риск снижения чувствительности гортани за счет ограничения ее подъема, что приводит к дискоординации движений при закрытии гортани и ослабляет кашлевой рефлекс. Кроме того, при нахождении интубационной трубки более двух суток или вследствие исчезновения подскладочного давления при ношении канюли нарушается механизм трехфазного глотания [29, 30]

Широкое использование в медицинской практике получил заместительный метод с нутритивной поддержкой, который заключается в кормлении пациента жидкими формами пищи или смесью через установленный назогастральный зонд или чрескожную эндоскопическую гастростому. Как правило, подобный метод кормления назначается пациентам, лишенным возможности

принимать пищу и жидкость перорально [31, 32]. Наличие трубки тяжело переносится как в физическом, так и в психологическом плане. Длительное стояние назогастрального зонда может приводить к синуситам, образованию пролежней, трахеопищеводным свищам и другим осложнениям. При длительном нахождении назогастрального зонда (более 2-4 недель) и отсутствии возможности перехода на пероральное питание пациенту должна быть установлена гастростома. К сожалению, заместительный метод не предотвращает аспирацию ротового секрета и аспирацию желудочного содержимого. Пищевое и оральное бездействие за счет длительного кормления пациента через зонд в ряде случаев приводит к особой форме орофарингеальной дисфагии (постэкстубационная дисфагия (ПЭД)). ПЭД является одним из проявлений ПИТ-синдрома [7, 26, 32].

Диетический метод представляет собой подбор правильной консистенции пищи, глотание которой не будет вызывать у пациента сильных затруднений. Подбор консистенции пищи и жидкости происходит индивидуально с учетом структуры нарушения и возможности конкретного пациента. В настоящее время существует разнообразное количество загустителей и предварительно загущенных продуктов разной консистенции, позволяющие расширить вариативность питания для пациентов с дисфагией. Ограничивающими факторами для приема пищи через рот могут стать снижение или отсутствие контроля за болюсом, нарушения инициации акта глотания, остаток пищи во рту или глотке после совершения глотка, повышенная утомляемость и невозможность жевания (отсутствие зубов, слабость движений мышц, участвующих в акте жевания и глотания) [33, 34]. Для пациентов со сниженной чувствительностью или отсроченной инициацией глотка эффективным будет применение дополнительных методов стимуляции, таких как тепловая, тактильная или вкусовая [35].

Необходимо подчеркнуть, что традиционно, с учетом степени выраженности нарушения, в работе логопеда применяется комплекс методов, направленных на улучшение функции глотания, увеличение чувствительности ротовой полости и нормализации тонуса мышц – компенсаторный, стимулирующий, тренировочный [26, 27, 34, 35].

Компенсаторный метод направлен на трансформацию глотки и направление пищевого болюса. Постуральные методики включают изменения положения головы и тела пациента для оптимизации процесса приема пищи. Данный метод не предполагает особого приложения усилий пациентом и в целом доступен людям разного возраста и когнитивного статуса. Главной задачей применения компенсаторного метода является устранение аспирации, облегчения проглатывания болюса, очистка ротовой полости после совершения глотательного акта, компенсация замедленной инициации глотка. Компенсаторные методики, как правило, не способствуют физиологическому изменению глотания пациента, часто необходим контроль врача, логопеда или родственника для правильного позиционирования [12, 21].

Существуют методики, направленные на изменение физиологии глотания. Для получения эффекта в ходе применения тренировочного метода требуется активное участие и сотрудничество пациента. Однако данный метод затруднительно применять с пациентами, имеющими выраженные когнитивные нарушения, интеллектуально-мнестические расстройства, грубые формы речевой патологии, включая нарушение понимания обращенной речи. Основы применения методики составляют упражнения, направленные на наращивание силы и объема движения мышц головы, рта, глотки, гортани и голосовых складок, усиление произвольного контроля над временем и координацией глотательного рефлекса. При этом применяются методики прямой терапии с использованием небольшого количества еды и жидкости и непрямой терапии с использованием слюны для тренировки глотания [15, 25].

Другим распространенным методом, который направлен на улучшение восприятия ротовой чувствительности и сенсомоторной интеграции, является стимулирующий. Он применяется у пациентов с задержкой формирования пищевого болюса или

отсроченным глотательным рефлексом. Улучшение восприятия ротовой чувствительности достигается за счет таких приемов как давление ложкой на язык во время кормления пациента, стимуляция холодным или кислым болюсом, изменением объемов болюса. Следует подчеркнуть, что важную роль в нормализации акта глотания играет логопедический массаж, способствующий восстановлению чувствительности и стимуляции глотания за счет механического воздействия на органы артикуляции [5, 36]. Также положительное влияние на восстановление функции глотания оказывает применение вибротактильной стимуляции лицевой и артикуляционной мускулатуры [25].

Существуют научные исследования об эффективности применения физиотерапевтических технологий, которые позволяют улучшить трофику и мышечную релаксацию, снизить спастичность и активизировать нервно-мускульную метаболическую деятельность артикуляционного аппарата пациентов с дисфагией. Методика электростимуляции строится на сочетании произвольных мышечных сокращений гортани пациента с одномоментным включением стимуляции токами низкой и средней частоты при выполнении фонопедических и артикуляционных упражнений [23, 24, 37]. Однако несмотря на высокую эффективность данного метода восстановления акта глотания его применение противопоказано пациентам со сниженным порогом судорожной готовности, при нейромоторных дискинезиях (гиперкинезы, нарушения тонуса по экстрапирамидному типу), лобном синдроме и с онкологией. Считается, что нервно-мышечная электростимуляция может усилить сокращение мышц во время глотания, что приводит к прогрессу в пероральном питании, снижению аспирации и зависимости от зондового питания. Однако, вышеуказанное лечение нуждается в проведении дальнейших исследований [15, 21, 38].

Альтернативой метода электростимуляции, доступной большей группе пациентов, стал метод вибротактильной стимуляции. Особенностью применения аппаратов с вибрационно-тактильной нейростимуляцией является формирование импульса соответствующего чувствительного нерва при механическом воздействии на периферические мышечные структуры, оказывая аналогичное электростимуляции воздействие [15, 21, 25, 39, 40].

Говоря о современных аппаратных технологиях следует отметить, что на сегодняшний день в медицинской практике применяют различного рода аппараты для вибротерапии, направленные на улучшение кровообращения в пораженных участках, восстановление способности пациента к речи и глотанию путем нейромышечной (вибротактильной) стимуляции мышц.

В качестве дополнительного метода сенсорной стимуляции применяют вибрационные инструменты для нормализации чувствительности и улучшения функции жевания и глотания, стимуляции оральной моторики губ, языка, щек и нижней челюсти. Сочетание вибротактильной стимуляции с применением логопедического зондового или ручного массажа позволяет достигнуть более высоких результатов в восстановлении функции глотания [41-46].

Эффективность применения метода вибротактильной стимуляции подтверждается рядом научных исследований, проводимых с участием пациентов, имеющих нарушения функции глотания. Так, в 2017 году были опубликованы результаты исследования Christy L Ludlow, длящегося с 2013 по 2016 годы. Автор отмечает, что вибрационная стимуляция увеличивает частоту спонтанного глотания у пациентов, а значит сенсорное воздействие побуждает нервный контроль за глотанием. Преимуществом использования данного метода в исследовании стало отсутствие негативных последствий и дискомфорта у испытуемых. В другом исследовании, посвященном вопросам восстановления функции глотания, Р.У. Малхерен и К.Л. Ладлоу указывают на то, что вибрация над гортанью усиливает глотание и активирует зоны коры головного мозга, запускающие данный процесс. Исследователями было установлено, что вибрационная стимуляция с частотой 70 и 150 Гц наиболее оптимально подходит для увеличения частоты спонтанного глотания. При исследовании эффективности применения

методики вибротактильной стимуляции у пациентов с орофарингеальной дисфагией в 2019 году Э. Камарунас, С.М. Вонг и К.Л. Ладлоу отметили, что неинвазивная вибрационная стимуляция шеи в области гортани повышает частоту глотательных движений и возможность глотать без дискомфорта у пациентов с хронической дисфагией [45-47].

Заключение. По итогам проведенного анализа литературных данных следует отметить, что применение методики вибротактильной стимуляции в процессе медицинской реабилитации пациентов с нарушением функций центральной нервной системы позволяет сократить сроки восстановления функции глотания, а также увеличить частоту спонтанного глотания и уменьшить риск развития осложнений, в первую очередь таких как аспирация, пневмония, дегидратация [46-49]. Важно подчеркнуть, что не существует единого универсального метода коррекции дисфагии. В зависимости от структуры нарушения, когнитивного статуса способности перорального приема пищи и индивидуальных противопоказаний, логопеду, совместно с другими членами МДРК, необходимо подбирать оптимальный для каждого пациента подход, включающий в себя сочетание нескольких методов восстановления функции глотания. Вместе с тем использование вибротактильной стимуляции в комплексе с такими приемами логопедической работы как массаж, орально-двигательные упражнения, глотательные маневры повышает эффективность процесса медицинской реабилитации пациентов. Однако отмечается недостаточное количество исследований, посвященных оценке эффективности применения метода вибротактильной стимуляции с другими методами коррекции дисфагии, а также разработке с их учетом индивидуальных программ медицинской реабилитации пациентов с заболеваниями и травмами центральной нервной системы.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict interest. The authors declare no conflicts of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. World Health Organization. The top 10 causes of death. – 2024. – URL: https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death (дата обращения: 27.10.2024).
2. Клинические рекомендации – Ишемический инсульт и транзиторная ишемическая атака у взрослых. – 2021. – URL: https://cr.minzdrav. gov.ru/recomend/171_2 (дата обращения: 27.10.2024).
3. Сравнительная характеристика показателей смертности и летальности от ишемического и геморрагического инсультов в России / П.А. Мачинский, Н.А. Плотникова, В.Е. Ульянкин [и др.] // Известия вузов. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2019. – № 3. – С. 51.
4. Ранняя комплексная реабилитация пациента с постоперационной дисфагией / О.С. Орлова, М.Ш. Магомед-Эминов, Д.В. Уклонская, Ю.М. Зборовская // Медицина экстремальных ситуаций. – 2022. – № 2. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/rannyaya-kompleksnaya-reabilitatsiya-patsienta-s-postoperatsionnoy-disfagiey (дата обращения: 27.10.2024).
5. Авдюнина, И.А. Основные принципы организации трапезы больных с нейрогенной дисфагией / И.А. Авдюнина, А.В. Гречко, Е.В. Бруно // Consilium Medicum. – 2016. – Т. 18 – № 2 (1). – С. 53–58.
6. Smithard, D.G. Dysphagia: A Geriatric Giant / D.G. Smithard // Med Clin Rev. – 2016. – № 2 (5). DOI: 10.21767/2471-299X.1000014.
7. Белкин, А.А. Нарушение глотания при неотложных состояниях – постэкстубационная дисфагия / А.А. Белкин, В.И. Ершов, Г.Е. Иванова // Анестезиология и реаниматология. – 2018. – № 4. – С. 76–82.
8. Социально-экономическое бремя инсульта в Российской Федерации / В.И. Игнатьева, И.А. Вознюк, Н.А. Шамалов [и др.] // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2023. – № 123 (8). – С. 5–15.
9. Танашян, М.М. Нарушения глотания в постинсультном периоде: новые подходы к лечению / М.М. Танашян, Е.С. Бердникович, О.В. Лагода // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. – 2018. – № 10 (2). – С. 57–62.
10. Ивашкин, В.Т. Клинические рекомендации Российской гастроэнтерологической ассоциации по диагностике и лечению дисфагии / В.Т. Ивашкин, И.В. Маев, А.С. Трухманов // РЖГГК. – 2015. – № 5. – С. 84–93.
11. Уклонская, Д.В. Основные направления логопедического воздействия по коррекции нейрогенной дисфагии при парезах и параличах гортани периферического генеза / Д.В. Уклонская // Специальное образование. – 2019. – № 3. – С. 55.

12.Авдюнина, И.А. Нарушения глотания при заболеваниях нервной системы. В кн.: Реабилитация неврологических больных / И.А. Авдюнина. Под ред. А.С. Кадыкова, Л.А. Черниковой, Н.В. Шахпароновой. – 2008. – С. 393–445.
13.Quality of care issues for dysphagia: modifications involving oral fluids / J.M. Garcia, I.E. Chambers, M. Clark [et al] // J Clin Nurs. – 2010. – № 19. – P. 18–24.
14.Прогнозирование восстановления функции глотания у пациентов с ишемическим инсультом и нейрогенной дисфагией / А.А. Борздыко, В.И. Ершов, Н.В.Гумалатова[и др.]//Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. –2023.–№15(3).–С.54–59. DOI: 10.14412/2074-2711-2023-3-54-59.
15.Ларина, О.Д. Роль логопеда в коррекции афазии и дисфагии на первом этапе реабилитации пациентов с ОНМК / О.Д. Ларина, Ю.Ю. Рудометова, Т.В. Новикова // Лечащий Врач. – 2022. – № 10 (25). – С. 21–29. DOI: 10.51793/OS.2022.25.10.004.
16.Борздыко, А.А. Недостаточность питания у пациентов с нейрогенной дисфагией при ишемическом инсульте / А.А. Борздыко // Материалы научно-практической конференции, XI Оренбургские Пироговские чтения / под ред. Д.К. Дурченкова, В.И. Ершова, Д.Б. Демина [и др.] – 2023. – С. 67–68.
17.Дисфагия у детей и взрослых. Логопедические технологии. Коллективная монография. – М.: Логомаг. – 2020. – 116 с.
18.Борздыко, А.А. Прогнозирование развития аспирационной пневмонии у пациентов с ишемическим инсультом и нейрогенной дисфагией / А.А. Борздыко, В.И. Ершов, В.Р. Межебовский // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2023. – № 6. – С. 57–62.
19.Диагностика и лечение нейрогенной дисфагии у больных, перенесших острый каротидный ишемический инсульт / И.Н. Балашова, Н.П. Ванчакова, В.В. Афанасьев // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2018. – № 12-2. – С. 64–69.
20.Борздыко, А.А. Нейрогенная дисфагия в остром периоде ишемического инсульта / А.А. Борздыко // Информационный архив. – 2021. – № 2. – С. 29–33.
21.Щербакова, М.М. Патогенез сосудистых когнитивных нарушений. Программа нейрореабилитации / М.М. Щербакова // Consillium Medicum. – 2019. – № 2. – С. 11–16.
22.Approaching oropharyngeal dysphagia / P. Clave, R. Terre, M. de Kraa, M. Serra // Rev. Esp. Enferm. Dig. – 2004. – № 96 (2). – С. 119–131. DOI: 10.4321/s1130-01082004000200005.
23.Ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция и когнитивные тренинги в когнитивной реабилитации пациентов, перенесших ишемический инсульт / А.А. Кузюкова, А.Ю. Загайнова, И.Н. Мокеев [и др.] // Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine. – 2024. – № 1. – С. 9–18.
24.Сидякина, И.В. Индивидуализированный подход к реабилитации пациентов с центральной дисфагией / И.В. Сидякина, М.В. Воронова // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2016. – № 15 (3). – С. 137–141. DOI: 10.18821/1681-3456-2016-15-3-137-141.
25.Ларина, О.Д. Обучение персонала правилам кормления – обязательный аспект логопедической работы по преодолению постинсультной дисфагии / О.Д. Ларина, Ю.Ю. Рудометова, Т.В. Новикова//Лечащий врач.–2022.–№5-6.–С.64-69.
26.Эффективность тренировочного метода реабилитации с помощью специальных питательных смесей у больных с ишемическим инсультом и нейрогенной дисфагией в составе комбинированной терапии / В.И. Ершов, А.А. Белкин, А.В. Карпец [и др.] // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. – 2019. – № 11 (2). – С. 65–70.
27.Пряникова, Н.И. Новый стимулирующий метод в комплексе логопедических мероприятий для восстановления функции глотания при тяжелых поражениях головного мозга / Н.И. Пряникова, Н.Н. Амосова, Е.С. Бердникович // Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация. – 2020. – № 2 (4). – С. 315–321.
28.Актуальные проблемы логопедической практики: метод. материалы науч.-практ. конф. «Центральные механизмы речи», посвящ. 100-летию проф. Н.Н. Трауготт / отв. ред. М.Г. Храковская. – СПб.: Акционер и К, 2004. – 356 с.
29.Парфенов, В.А. Нервные болезни. Частная неврология и нейрохирургия: учебник / В.А. Парфенов, Н.Н. Яхно, И.В. Дамулин. – М.: ООО «Издательство «Медицинское информационное агентство», 2014. – 280 с.
30.Парфенов, В.А. Нервные болезни. Т. 1. Общая неврология: учебник / В.А. Парфенов, Н.Н. Яхно, О.Е. Зиновьева. – М.: Издательство «Медицинское информационное агентство», 2021. – 264 с.
31.Парфенов, В.А. Справочник по нервным болезням / В.А. Парфенов. – М.: МЕДпресс-информ, 2016. – 480 с.
32.Актуальность ранних сроков формирования чрескожной эндоскопической гастростомы после инсульта, осложненного тяжелой

нейрогенной орофарингеальной дисфагией (обзор литературы) / К.В. Голубев, Э.Э. Топузов, В.В. Олейник, С.В Горчаков // Вестник хирургии. – 2019. – № 3. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnost-rannih-srokov-formirovaniya-chreskozhnoy-endoskopicheskoy-gastrostomyposle-insulta-oslozhnennogo-tyazheloy-neyrogennoy (дата обращения: 27.10.2024).
33.Клинический случай успешного комбинированного воздействия на спастичность жевательной мускулатуры у пациента с ДЦП / Ю.А. Македонова, А.А. Воробьев, Д.Ю. Дьяченко [и др.] // Вестник ВолГМУ. – 2021. – № 4. – С. 80.
34.Логунова, Ю.В. Реабилитация пациентов с нарушениями дыхания и глотания / Ю.В. Логунов. – М., 2016. – 48 с.
35.Predictors of feeding gastrostomy tube removal in stroke patients with dysphagia / G.W. Ickenstein, P.J. Kelly, K.L. Furie [et al] // J Stroke Cerebrovasc Dis. – 2003. – № 12 (4). – С. 169–174.
36.Лечение хронической ишемии головного мозга и профилактика инсультов на основе комплекса физиобальнеотерапии / С.Н. Выговская, А.П. Рачин, Т.В. Кончугова [и др.] // Медицина: практика и наука: Сборник научных трудов. – Москва: Открытое акционерное общество «Медицина». – 2019. – С. 110–114.
37.Результаты применения аудиовизуальной стимуляции и психотерапии в психологической коррекции эмоциональных нарушений у пациентов в позднем восстановительном периоде ишемического инсульта: проспективное рандомизированное исследование / О.И. Одарущенко, А.А. Кузюкова, М.Б. Нувахова [и др.] // Вестник восстановительной медицины. – 2023. – № 22 (5). – С. 15–21. DOI: 10.38025/2078-1962-2023-22-5-15-21.
38.Сравнительный анализ влияния сенсомоторной реабилитации и психотерапевтической методики на психоэмоциональное состояние пациентов в восстановительном периоде инсульта / А.А. Кузюкова, Я.Г. Пехова, О.И. Одарущенко [и др.] // Вестник восстановительной медицины. – 2023. – № 22 (4). – С. 80–89. DOI: 10.38025/2078-1962-2023-22-4-80-89.
39.Остапенко, В.С. Когнитивные расстройства и дисфагия в пожилом возрасте / В.С. Остапенко, Э.А. Мхитарян // Consilium Medicum. – 2024. – № 26 (2). – С. 131–134. DOI: 10.26442/20751753.2024.2.202674.
40.Высокоинтенсивная импульсная магнитотерапия в программе реабилитации больных с периферической полинейропатией, вызванной химиотерапией: проспективное рандомизированное клиническое исследование / Д.Б. Кульчицкая, А.Д. Фесюн, Т.В. Кончугова [и др.] // Вестник восстановительной медицины. – 2023. – № 22 (5). – С. 72–82. DOI: 10.38025/2078-1962-2023-22-5-72-82.
41.Особенности психических нарушений при право- и левополушарной локализации инсульта на фоне двигательной реабилитации: сравнительное исследование / А.А. Кузюкова, И.А. Беляева, Я.Г. Пехова [и др.] // Вестник восстановительной медицины. – 2023. – № 22 (6). – С. 42–54. DOI: 10.38025/2078-1962-2023-22-6-42-54.
42.Патент № 2767932 C1 Российская Федерация, МПК A61B 5/16. Способ выявления пациентов, нуждающихся в продолжении курсов когнитивных тренировок на фоне медикаментозной поддержки, после перенесенного острого ишемического инсульта: № 2021135085: заявл. 30.11.2021: опубл. 22.03.2022 / А.Д. Фесюн, А.А. Кузюкова, А.П. Рачин [и др.]; заявитель – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации.
43.Correction of Psycho-Emotional Status Using Neuromuscular Relaxation of the Face / A.D. Dubinskaya, O.V. Yurova, A.A. Kukshina, A.D. Fesyun // Journal of Nervous and Mental Disease. – 2022. – Vol. 210. – № 3. – P. 179–185. DOI: 10.1097/NMD.0000000000001413.
44.Транскраниальная магнитотерапия и компьютерные когнитивные тренинги в комплексной реабилитации пациентов, перенесших ишемический инсульт / А.А. Кузюкова, Я.Г. Пехова, О.И. Одарущенко [и др.] // Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine. – 2024. – № 1. – С. 55–64.
45.Laryngeal Vibration Increases Spontaneous Swallowing Rates in Chronic Oropharyngeal Dysphagia: A Proof-of-Principle Pilot Study / E. Kamaruna, S.M. Wong, C.L. Ludlow // Dysphagia. – 2019. – № 34. – P. 640–653. DOI: 10.1007/s00455-018-9962-z.
46.Mulheren, R.W. Vibration over the larynx increases swallowing and cortical activation for swallowing / R.W. Mulheren, C.L. Ludlow // J Neurophysiol. – 2017. – № 118 (3). – P. 1698–1708. DOI: 10.1152/jn.00244.2017.
47.The Feasibility of Home-Based Treatment Using Vibratory Stimulation in Chronic Severe Dysphagia / E. Kamarunas, R. Mulheren, S.M. Wong [et al] // Am J Speech Lang Pathol. – 2022. – № 31 (6). – P. 2539–2556. DOI: 10.1044/2022_AJSLP-22-00045.
48.Петриков, С.С. Диагностика и лечение нейрогенной дисфагии у больных с острым нарушением мозгового кровообращения / С.С.

Петриков, А.А. Солодов // Consilium Medicum. – 2018. – № 1. – С. 21–27.
49. Фесюн, А.Д. Оценка двигательной активности пациентов, проходящих медицинскую реабилитацию и санаторно-курортное лечение / А.Д. Фесюн, Л.А. Марченкова, В.А. Васильева // Вестник восстановительной медицины. – 2023. – № 22 (3). – С. 66–74. DOI: 10.38025/2078-1962-2023-22-3-66-74.

REFERENCES

1. World Health Organization. The top 10 causes of death. Available at: https://www.who. int/ru/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death (accessed 27.10.2024).
2. Clinical recommendations – Ischemic stroke and transient ischemic attack in adults, 2021. Available at: https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/171_2 (accessed 27.10.2024). (in Russ.)
3. Machinskij P.A., Plotnikova N.A., Ul'yankin V.E. et al. Comparative characteristics of the indicators of mortality and letality from ischemic and hemorrhagic insult in Russia. *University proceedings.Volga region.Medical sciences*,2019,no.3,p.51.
4. Orlova O.S., Magomed-Eminov M.Sh., Oblonskaya D.V., Zborovskaya Yu.M. Early comprehensive rehabilitation of patient with postoperative dysphagia. *Extreme medicine,* 2022, no. 2. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/rannyaya-kompleksnaya-reabilitatsiya-patsienta-s-postoperatsionnoy-disfagiey (accessed 27.10.2024). (in Russ.)
5. Avdyunina I.A., Grechko A.V., Bruno E.V. The basic feeding principles in cases of neurogenic dysphagia. *Consilium Medicum*, 2016, vol. 18, no. 2 (1), pp. 53–58. (in Russ.)
6. Smithard D.G. Dysphagia: A Geriatric Giant. *Med Clin Rev*, 2016, no. 2, p. 5. DOI: 10.21767/2471-299X.1000014. (in Russ.)
7. Belkin A.A., Ershov V.I., Ivanova G.E. Impairment of swallowing in urgent conditions-postextubation dysphagia. *Russian J of Anesthesiology and Reanimatology*, 2018, no. 4, pp. 76–82. (in Russ.)
8. Ignat'eva V.I., Voznyuk I.A., Shamalov N.A., Reznik A.V., Vinitsky A.A., Derkach E.V. Social and economic burden of stroke in Russian Federation. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*, 2023, vol. 123, no. 8(2), pp. 5–15. (in Russ.)
9. Tanashyan M.M., Berdnikovich E.S., Lagoda O.V. Post-stroke dysphagia: novel treatment approaches. *Neurology, neuropsychiatry, psychosomatics*, 2018, no. 10 (2), pp. 57–62. (in Russ.)
10. Ivashkin V.T., Mayev I.V., Trukhmanov A.S., Lapina T.L., Sheptulin A.A., et al. Clinical Guidelines of the Russian Gastroenterological Association on the Diagnostics and Treatment of Eosinophilic Esophagitis. *Russian Journal of Gastroenterology, Hepatology, Coloproctology*, 2015, no. 5, pp. 84–93. (in Russ.)
11. Uklonskaya D.V. Logopedic intervention aimed at correction of neurogenic dysphagia in pareses and paralyses of the larynx of peripheral genesis. *Special Education*, 2019, no. 3, pp. 55. (in Russ.)
12. Avdyunina I.A. Disphagia in the nervous system diseases. In: Rehabilitation of neurological patients. Kadykov A.S., Chernikova L.A., Shakhparonova N.V. ed. 2008. pp. 393–445. (in Russ.)
13. Garcia J.M., Chambers E. 4th, Clark M., Helverson J., Matta Z. Quality of care issues for dysphagia: modifications involving oral fluids. *J Clin Nurs*, 2010, no. 19, pp. 1618–1624.
14. Borzdyko A.A., Ershov V.I., Gumalatova N.V. et al. Prediction of restoration of swallowing function in patients with ischemic stroke and neurogenic dysphagia. *Neurology, neuropsychiatry, psychosomatics*, 2023, no. 15 (3), pp. 54–59. DOI: 10.14412/2074-2711-2023-3-54-59. (in Russ.)
15. Larina O.D., Rudometova Yu.Yu., Novikova T.V. The role of a speech therapist in the correction of aphasia and dysphagia at the first stage of rehabilitation of patients with acute disorders of cerebral circulation.*Lvrach.ru*,2022,no.10(25),pp. 21–29.DOI:10.51793/OS.2022.25.10.004(in Russ.)
16. Borzdyko A.A. Malnutrition in patients with neurogenic dysphagia in ischemic stroke. From the collection: XI Orenburg Pirogov Readings. Materials of the Scientific and Practical Conference. Durchenkov D.K. ed. 2023, pp. 67–68. (in Russ.)
17. Dysphagia in children and adults. Speech therapy technologies. A collective monograph. Moscow: Logomag, 2020. 116 p. (in Russ.)
18. Borzdyko A.A., Ershov V.I., Mezhebovsky V.R. Prognosis of aspiration pneumonia in patients with ischemic stroke and neurogenic dysphagia. *Journal of Neurology and Psychiatry named after S.S. Korsakov*, 2023, no. 6, pp. 57–62. (in Russ.)
19. Balashova I.N., Vanchakova N.P., Afanasyev V.V., Barantsevich E.R. et al. Diagnosis and treatment of neurogenic dysphagia after acute ischemic stroke. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*, 2018, no. 12-2, pp. 64–69. (in Russ.)
20. Borzdyko A.A. Neurogenic dysphagia in the acute period of ischemic stroke. *Information archive*, 2021, no. 2, pp. 29–33. (in Russ.)
21. Shcherbakova M.M. Pathogenesis of vascular cognitive impairment. Neurorehabilitation program. *Consillium Medicum,*2019,no.2,pp.11–16.(in Russ.)
22. Clave P., Terre R., de Kraa M., Serra M. Approaching oropharyngeal dysphagia. *Rev Esp Enferm* Dig, 2004, no. 96 (2), pp. 119–131. DOI: 10.4321/s1130-01082004000200005.
23. Kuzyukova A.A., Zagainova A.Yu., Mokeev I.N., Dobyarkova V.V., Yurova Yu.A. Repetitive

transcranial magnetic stimulation and cognitive training in the cognitive rehabilitation of patients who have suffered an ischemic stroke. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*, 2024, no. 1, pp. 9–18. (in Russ.)
24.Sidyakina I.V., Voronova M.V. The individualized approach to the rehabilitation of patients with central dysphagia. *Russian Journal of the Physical Therapy, Balneotherapy and Reabilitation,* 2016, no. 15 (3), pp. 137–141. DOI: 10.18821/1681-3456-2016-15-3-137-141. (in Russ.)
25.Larina O.D., Rudometova Yu.Yu., Novikova T.V. Teaching staff the rules of feeding is an obligatory aspect of speech therapy work to overcome post-stroke dysphagia. *Lvrach.ru*, 2022, no. 5-6, pp. 64–69.
26.Ershov V.I., Belkin A.A., Karpets A.V. Zdvizhkova S.V., Gonchar-Zaikin A.P., Gumalatova N.V. Efficiency of a rehabilitation training method by means of special infant formulas in patients with ischemic stroke and neurogenic dysphagia as part of combined therapy. *Neurology, neuropsychiatry, psychosomatics,* 2019, no. 11 (2), pp. 65–70. (in Russ.)
27.Pryanikova N.I., Amosova N.N., Berdnikovich E.S. A new stimulating method in a complex of speech therapy measures to restore the function of swallowing in severe brain damage. *Physical and rehabilitation medicine, medical rehabilitation*, 2020, no. 2 (4), pp. 315–321. (in Russ.)
28. Relevant issues of speech therapy practice: methodological materials of the Scientific and Practical Conference "Central Speech Mechanisms" dedicated to the 100th anniversary of N.N. Traugott. Khrakovskaya M.G., ed. St. Petersburg: Aktsioner i K, 2004. 356 p. (in Russ.)
29.Parfenov V.A., Yakhno N.N., Damulin I.V. Nervous diseases. Private neurology and neurosurgery: a textbook. Moscow: Medical Information Agency, 2014. 280 p. (in Russ.)
30.Parfenov V.A., Yakhno N.N., Zinov'eva O.E. Nervous diseases. Vol. 1. General neurology: a textbook. Moscow: Medical Information Agency, 2021. 264 p. (in Russ.)
31.Parfenov V.A. Handbook of nervous diseases. Moscow: MEDpress-inform, 2016. 480 p. (in Russ.)
32.Golubev K.V., Topuzov E.E., Olejnik V.V., Gorchakov S.V. he relevance of the early terms of the formation of percutaneous endoscopic gastrostomy after a stroke complicated by severe neurogenic oropharyngeal dysphagia (review of the literature). *Grekov's Bulletin of Surgery*, 2019, no. 3. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnost-rannih-srokov-formirovaniya-chreskozhnoy-endoskopicheskoy-gastrostomyposle-insulta-oslozhnennogo-tyazheloy-neyrogennoy (accessed 27.10.2024). (in Russ.)
33.Makedonova Yu.A., Vorobyov A.A., Dyachenko D.Yu. et al. A clinical case of a successful combined effect on the spasticity of the masticatory muscles in a patient with cerebral palsy. *Bulletin of Volgograd State Medical University*,2021,no.4, p.80. (in Russ.)
34.Logunova Yu.V. Rehabilitation of patients with respiratory and swallowing disorders. Moscow, 2016. 48 p. (in Russ.)
35.Ickenstein G.W., Kelly P.J., Furie K.L. et al. Predictors of feeding gastrostomy tube removal in stroke patients with dysphagia. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2003, no. 12 (4), pp. 169–174.
36.Vygovskaya S.N., Rachin A.P., Konchugova T.V., Tarasova L.Yu. et al. Treatment of chronic cerebral ischemia and stroke prevention on the basis of a physiobalneotherapy complex. Medicine: Practice and Science: A collection of scientific papers. Moscow: Meditsina, 2019. pp. 110–114. (in Russ.)
37.Odarushchenko O.I., Kuzyukova A.A., Nuvakhova M.B. et al. Results of Audiovisual Stimulation and Psychotherapy in Psychological Correction of Emotional Disorders in Patients in the Late Recovery Period after an Ischaemic Stroke: a Prospective Randomized Study. *Bulletin of Rehabilitation Medicine,* 2023, no. 22 (5), pp. 15–21. DOI: 10.38025/2078-1962-2023-22-5-15-21. (in Russ.)
38.Kuzyukova A.A., Pekhova Y.G., Odarushenko O.O., Yurova O.V., Fesyun A.D. Sensorimotor Rehabilitation and Psychotherapeutic Techniques Effect on the Psychoemotional State in the Stroke Recovery Period. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*, 2023, no. 22 (4), pp. 80–89. DOI: 10.38025/2078-1962-2023-22-4-80-89. (in Russ.)
39.Ostapenko V.S., Mkhitaryan E.A. Cognitive disorders and dysphagia in the elderly: A review. *Consilium Medicum*,2024,no. 26 (2), pp. 131–134. DOI: 10.26442/20751753.2024.2.202674. (in Russ.)
40.Kulchitskaya D.B., Fesyun A.D., Konchugova T.V. et al. High-Intensity Pulsed Magnetotherapy in the Rehabilitation Programme of Patients with Chemotherapy-Induced Peripheral Polyneuropathy: a Prospective Randomized Clinical Study. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*, 2023, no. 22 (5). pp. 72–82. DOI: 10.38025/2078-1962-2023-22-5-72-82. (in Russ.)
41.Kuzyukova A.A., Belyaeva I.A., Pekhova Y.G., Yurova O.V., Fesyun A.D. Features of Mental Disorders in Right- and Left-Hemisphere Localization of Stroke on the Background of Motor Rehabilitation: Comparative Study. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*, 2023, no. 22 (6), pp. 42–54. DOI: 10.38025/2078-1962-2023-22-6-42-54. (in Russ.)
42.Fesyun A.D., Kuzyukova A.A., Rachin A.P., Nuvakhova M.B., Odarushchenko O.I. A method for identifying patients who need to continue cognitive training courses alongside with drug

support after acute ischemic stroke. Patent for invention RU 2767932 C1, 2022. (in Russ.)
43.Dubinskaya A.D., Yurova O.V., Kukshina A.A., Fesyun A.D. Correction of Psycho-Emotional Status Using Neuromuscular Relaxation of the Face. *Journal of Nervous and Mental Disease*, 2022, vol. 210, no. 3, pp. 179–185. DOI: 10.1097/NMD.0000000000001413. (in Russ.)
44.Kuzyukova A.A., Pekhova Ya.G., Odarushchenko O.I. et al. Transcranial magnetic therapy and computer cognitive training in the comprehensive rehabilitation of patients with ischemic stroke. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*, 2024, no. 1, pp. 55–64. (in Russ.)
45.Kamaruna E., Wong S.M., Ludlow C.L. Laryngeal Vibration Increases Spontaneous Swallowing Rates in Chronic Oropharyngeal Dysphagia: A Proof-of-Principle Pilot Study. *Dysphagia*, 2019, no. 34, pp. 640–653. DOI: 10.1007/s00455-018-9962-z.
46.Mulheren R.W., Ludlow C.L. Vibration over the larynx increases swallowing and cortical activation for swallowing. *J Neurophysiol*, 2017, no. 118 (3), pp. 1698–1708. DOI: 10.1152/jn.00244.2017.
47.Kamarunas E., Mulheren R., Wong S.M., Griffin L., Ludlow C.L. The Feasibility of Home-Based Treatment Using Vibratory Stimulation in Chronic Severe Dysphagia. *Am J Speech Lang Pathol*, 2022, no. 31 (6), pp. 2539–2556. DOI: 10.1044/2022_AJSLP-22-00045.
48. Petrikov S.S., Solodov A.A. Diagnosis and treatment of neurogenic dysphagia in patients with acute impairment of cerebral circulation. *Consilium Medicum*, 2018, no. 1, pp. 21–27. (in Russ.)
49.Fesyun A.D., Marchenkova L.A., Vasil'eva V.A. Assessment of Motor Activity of Patients Undergoing Medical Rehabilitation and Health Resort Treatment. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*, 2023, vol. 22, no. 3, pp. 66–74. DOI: 10.38025/2078-1962-2023-22-3-66-74. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Алина Олеговна Агафонова – магистр, медицинский логопед, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, Москва, e-mail: AgafonovaAO2024@mail.ru.
Максим Юрьевич Яковлев – доктор медицинских наук, Заместитель директора по стратегическому развитию медицинской деятельности, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, Москва, e-mail: masdat@mail.ru.
Луиза Адамовна Исмаилова – врач-невролог, врач физической и реабилитационной медицины, иглорефлексотерапевт, заведующая неврологическим отделением, ГБУ «Республиканский реабилитационный центр», Грозный, e-mail: liza0386@yandex.ru.
Евгения Аркадьевна Гурьянова – доктор медицинских наук, профессор, ректор Государственного автономного учреждения Чувашской Республики дополнительного профессионального образования «Институт усовершенствования врачей» Министерства здравоохранения Чувашской Республики; профессор кафедры внутренних болезней, профессор кафедры хирургии Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», Чебоксары, e-mail: z-guryanova@bk.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Alina O. Agafonova – Master, Medical Speech Therapist, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, e-mail: AgafonovaAO2024@mail.ru.
Maksim Yu. Yakovlev – Doctor of Medical Sciences, Deputy Director for Strategic Development of Medical Activities, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, e-mail: masdat@mail.ru.
Luiza A. Ismailova – Neurologist, Physical Medicine and Rehabilitation Physician, Acupuncturist, Head of the Neurological Department, Republican Rehabilitation Center, Grozny, e-mail: liza0386@yandex.ru.
Evgenia A. Guryanova – Doctor of Medical Sciences, Professor, Rector, Postgraduate Doctors' Training Institute; Professor of the Department of Internal Medicine, Professor of the Department of Surgery, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, e-mail: z-guryanova@bk.ru.

Для цитирования: Применение метода вибротактильной стимуляции для восстановления функции глотания у пациентов с ишемическим инсультом на II этапе медицинской реабилитации / А.О. Агафонова, М.Ю. Яковлев, Л.А. Исмаилова, Е.А. Гурьянова // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_24

For citation: Agafonova A.O., Yakovlev M.Yu., Ismailova L.A., Gur'yanova E.A. The vibrotactile stimulation method for restoring the swallowing function in patients with ischemic stroke at the II stage of medical rehabilitation. *Modern Issues of Biomedicine,* 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025 09_01_24

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_25
УДК 615.834

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_25
UDC 615.834

КЛИМАТОТЕРАПИЯ И ЕЕ ЭФФЕКТЫ НА КУРОРТЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ СОЧИ

Ю.В. Корягина[1], А.П. Тычинина[1], В.С. Нопина[1,2,3], А.С. Нопин[4]

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

[2]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия

[3]Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России», г. Москва, Россия

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

Аннотация. Важное место среди природных лечебных факторов при курортном лечении принадлежит биоклиматическим ресурсам, которые имеются на курорте независимо от профиля лечения. Целью работы явился теоретический анализ научно исследовательских работ по применению климатотерапии и ее эффектах на курорте федерального значения Сочи. В работе применялся контент анализ литературных источников по вопросам климатотерапии и лечебного климата города курорта Сочи. Поиск литературы проводился по базам данных Google Scholar, РИНЦ, КиберЛенинка. Глубина поиска не ограничивалась. Основными эффективно используемыми методами климатотерапии на курорте Сочи являются: аэротерапия, гелиотерапия, талассотерапия. Все виды климатотерапии как правило применяются в сочетании с другими природными лечебными факторами курорта Сочи: бальнео- и пелоидотерапией, а также аппаратной физиотерапией. Климатотерапия эффективна по результатам рандомизированных исследований в санаторно-курортном лечении взрослых пациентов и детей.

Ключевые слова: лечебный климат, климатотерапия, курорт Сочи, аэротерапия, гелиотерапия, талассотерапия, санаторно-курортное лечение.

CLIMATE THERAPY AND ITS EFFECT IN THE FEDERAL RESORT OF SOCHI

Yu.V. Koryagina[1], A.P. Tychinina[1], V.S. Nopina[1,2,3], A.S. Nopin[4]

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

[2]I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

[3]Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia

[4]Russian University of Medicine, Moscow, Russia

Abstract. In the case of resort treatment, an important role among natural healing factors is played by bioclimatic resources, which are present in a resort despite the therapeutic class profile. The aim of the study is a theoretical analysis of scientific works on an application of climate therapy and its effect on the federal resort of Sochi. The authors have carried out the search in Google Scholar, RSCI, CyberLeninka databases. The search depth was not limited. The main climate therapy methods actively used in the Sochi resort are aerotherapy, heliotherapy and thalassotherapy. All types of resort treatment are usually combined with other natural healing factors of the resort, such as balneotherapy and mud therapy, as well as instrumental physiotherapy. According to the results of randomised studies, climate therapy is effective in the treatment of adults and children.

Keywords: therapeutic climate, climate therapy, Sochi resort, aerotherapy, heliotherapy, thalassotherapy, sanatorium-resort treatment.

Введение. Важное место среди природных лечебных факторов при курортном лечении принадлежит биоклиматическим ресурсам, которые имеются на курорте независимо от профиля лечения [1-5]. Климатические факторы обладают сложной физико-химической структурой, включающей в себя температурный компонент, давление,

влажность, движение воздуха, электрическое и магнитное поле, химические вещества, выделяемые в воздух растениями и др. Воздействие климата, с одной стороны, ведет к развитию общих реакций, а с другой – к выявлению на их фоне специфических сдвигов, характерных для отдельных климатических факторов. Эти две стороны климатических влияний (неспецифическая и специфическая) находятся в единстве и приводят к возникновению многообразных ответных реакций организма.

Включение методов климатотерапии в лечебно-профилактические и реабилитационные программы оказывает положительное влияние на психоэмоциональное состояние, способствует повышению резервных возможностей и неспецифической резистентности организма. Климатотерапия как самостоятельный, эффективный метод лечения и реабилитации больных хроническими неинфекционными заболеваниями – является одним из приоритетных подходов в коррекции и профилактике повышенной метеочувствительности [6-10].

Целью работы явился теоретический анализ научно исследовательских работ по применению климатотерапии и ее эффектах на курорте федерального значения Сочи.

Методы и организация исследования. В работе применялся контент анализ литературных источников по вопросам климатотерапии и лечебного климата города курорта Сочи. Поиск литературы проводился по базам данных Google Scholar, РИНЦ, КиберЛенинка, а также на сайтах специализированных научных журналов. Глубина поиска не ограничивалась.

Результаты исследования и их обсуждение. Как показал теоретический анализ научных работ основными направлениями климатолечения на курорте Сочи являются: аэротерапия, талассотерапия, гелиотерапия и аэрофитотерапия [11].

Аэротерапия – использование открытого свежего воздуха в лечебных и профилактических целях (круглосуточная дозированная аэротерапия, воздушные ванны – дозированное воздействие свежего воздуха на организм). Аэротерапию можно применять в любых климатических районах и во все сезоны года. Аэротерапия является основой климатолечения, составной частью санаторно-климатического режима [11]. Эффективность применения метода аэротерапии на побережье Сочи представлена в целом ряде научных работ. Описано использование природных факторов курорта Сочи в коррекции вегетативного статуса при нарушениях осанки и сколиозе у детей [12], при хронических слизисто-гнойных бронхитах в программах повышения квалификации терапевтов детских и подростковых здравниц [13], у больных с нейроциркуляторной дистонией по гипертоническому типу [14], в комплексном лечении больных хроническим коронарным синдромом [15].

Теплый период на черноморском побережье Сочи начинается с середины мая и длится по октябрь. Именно в этом интервале возможно широкое использование пляжей и акватории моря для морских купаний, проведения аэро- и гелиотерапии.

Общепризнанной расчетной характеристикой в курортной практике является эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ), учитывающая одновременное воздействие на человеческий организм температуры воздуха, относительной влажности и скорости ветра [4].

Оценка метеорологических условий аэротерапии в г. Сочи для апреля показывает, что в естественных условиях преобладает ЭЭТ ≤ 8°, холодные воздушные ванны составляют 79%. На комфортные условия с ЭЭТ приходится всего 2%. Следовательно, в апреле ЭЭТ недостаточно высока для проведения воздушных ванн в естественных условиях, за исключением отдельных дней. При использовании корригирующих устройств, снижающих влияние ветра, процент холодных воздушных ванн снижается до 7. Преобладающими становятся умеренно-холодные воздушные ванны с ЭЭТ 9–16°: в Адлере до 70%, в Красной Поляне около 52%. Процент воздушных ванн с комфортными условиями возрастает до 23–26%. Таким образом проведение воздушных ванн в апреле, при наличии корригирующих устройств, возможно примерно в половине дней месяца.

С конца мая по сентябрь преобладают комфортные условия для воздушных ванн в естественных условиях. В Красной Поляне,

где процент дней с комфортными условиями значительно ниже, проведение ванн в большей части дней возможно только с применением корригирующих устройств, снимающих охлаждающее влияние ветра. При применении таких устройств на побережье возможны случаи перегрева – в июле до 70%, а в августе до 80%, поэтому (кроме отдельных дней) лучше проводить аэротерапию в естественных условиях. Высокие температуры воздуха и обилие солнечной радиации служат причиной быстрого нагревания воды у берега. Купание в море может продолжаться с июня до конца октября [16].

Осень на побережье теплее весны. Преобладание солнечной малооблачной погоды дает возможность проводить в октябре аэротерапию. Оценка метеорологических условий аэротерапии в октябре показывает, что в естественных условиях отмечаются умеренно-холодные воздушные ванны (ЭЭТ 9–16°), их повторяемость до 40%. Процент комфортных условий для воздушных ванн (ЭЭТ 16–23°) несколько больше по сравнению с апрелем – 12%. Следовательно, в октябре (по сравнению с апрелем) больше дней, при которых можно проводить аэротерапию в естественных условиях. При применении устройств, снимающих влияние ветра, резко возрастает процент комфортных условий (до 50%), но в отдельные дни даже возможен перегрев [4]. Таким образом, в октябре можно проводить аэротерапию почти в течение всего месяца при условии применения корригирующих устройств, снимающих влияние ветра.

Гелиотерапия – использование инфракрасного и ультрафиолетового излучений солнечных лучей с лечебной и профилактической целью. При гелиотерапии на тело человека действует солнечная радиация, исходящая либо от солнца, либо проходящая через облака или другие затеняющие солнце предметы [17]. Гелиотерапия обладает меланин-стимулирующим, витаминообразующим, катаболическим, тонизирующим и сосудорасширяющим, противовоспалительным действием [11, 18].

Противовоспалительное действие ультрафиолетовых лучей при легочных заболеваниях обусловлено специфическими изменениями на клеточном уровне – торможением повреждения клеток фагоцитарно-лимфоидной системы (макрофагов, сегментоядерных нейтрофильных гранулоцитов, лимфоцитов), стабилизацией мембран лизосом, повышенным биосинтезом [7]. В то же время следует обратить внимание на высокий риск развития неблагоприятных последствий передозировки солнечных облучений, особенно в теплый период года, при превышении допустимого уровня безопасного нахождения под прямыми солнечными лучами (развитие теплового шока, возрастание чувствительности к бактериальным и вирусным инфекциям и др.).

Аэрофитотерапия – один из методов аэротерапии, основанный на использовании насыщенного летучими ароматическими веществами растений воздуха. Различают естественную аэрофитотерапию, которая проводится на открытом воздухе, и аэрофитотерапию в специально оборудованных помещения, воздух которых с помощью приборов насыщается летучими веществами определенных растений, оказывающих соответствующее воздействие на организм. Лесной воздух, в котором содержатся различные биологически активные вещества, оказывает благоприятное влияние на больных с заболеваниями органов дыхания, нервной системы, с обменными нарушениями т.д. [19].

В результате, при вдыхании летучих ароматических веществ, у больного изменяется тонус подкорковых центров головного мозга, изменяется его реактивность и психоэмоциональное состояние. Направленность этих процессов определяется структурой обонятельных раздражителей и является неодинаковой для летучих веществ различных растений. Некоторые одоранты могут вызывать гибель микроорганизмов в верхних дыхательных путях. Лечебные эффекты: бронхолитический, тонизирующий, седативный, спазмолитический, гипотензивный (понижающий давление), бактерицидный.

Понятно, что сами факторы ландшафта выраженным прямым лечебным действием не обладают, однако они создают благоприятный фон для эффективного воздействия других природных ресурсов. Кроме того, наличие определенных составляющих

ландшафта является условием для реализации лечебно-оздоровительных технологий. Длительное пребывание на открытой местности с живописным ландшафтом способствует формированию положительных психоэмоциональных реакций («ландшафтный рефлекс») [19, 20].

Талассотерапия – лечебное действие физических факторов, связанных с пребыванием на побережье морей, рек, озер и других водоемов [11, 21]. Лечебные эффекты: тонизирующий, адаптогенный, катаболический, трофостимулирующий, актопротекторный, вазоактивный [11].

С использованием морской воды связана наиболее активная стадия оздоровления и лечения человека. Особенно выраженное лечебное действие наблюдается у легочных больных, для которых талассотерапия является наиболее эффективной климатотерапевтической процедурой [1].

Талассопроцедуры являются мощным немедикаментозным средством коррекции изначально нарушенного окислительно-восстановительного потенциала тканей у больных с хронической патологией кожи и опорно-двигательного аппарата, включая восстановление (после санаторной реабилитации подобных больных) активности кокарбоксилазных систем, показателей ресинтеза макроэргических фосфатных соединений, который до лечения в здравницах не мог в достаточной степени вос-становиться за счет нарушений гликолиза в условиях гипооксигенации из-за недостаточного пребывания больных на свежем воздухе [22].

Выявлено положительное влияние талассотерапии на курорте Сочи на микроциркуляцию здоровых лиц [23].

При проведении талассотерапии учитывается комплексное воздействие гидрометеорологических условий на организм человека: температура воды, ветер, волнение, а также ЭЭТ воздуха. Купание обычно считается благоприятным при температуре воды более 17° и волнении ниже 3 баллов. В летние месяцы насчитывается 140–160 дней с благоприятными условиями для купания.

Как показывают результаты исследования ученых НИЦ курортологии и реабилитации ФМБА России климат курорта Сочи и применение талассотерапии способствует повышению физической работоспособности в теплый период года на 15,1%, а в прохладный – на 7,5%. У женщин с хроническими воспалительными заболеваниями малого таза в 64% случаев уменьшились боли в нижней части живота и пояснично-крестцовом отделе [21].

Исследования также показывают, что наличие в схемах индивидуальных врачебных назначений процедур талассотерапии при лечении мужского бесплодия позволяло почти вдвое увеличивать подвижность сперматозоидов в эякуляте у больных. Позитивная динамика сперматогенеза устойчиво сохранялась в течение года, а стандартные схемы медикаментозной терапии не обладали пролонгированным эффектом [24].

Было выявлено эффективное применение талассотерапии у больных с зудящими дерматозами. Назначение немедикаментозного комплекса процедур санаторной реабилитации больных зудящими дерматозами (не позднее одного месяца после выписки из стационара или при завершении ими активной фазы поликлинического медикаментозного лечения) позволяло на статистически достоверном уровне констатировать позитивные изменения степени активности зуда, в т. ч. уменьшение расчесов и признаков вторичной инфекции пораженной кожи [25].

У больных специфическими расстройствами личности при включении в программу санаторно-курортного лечения в здравницах Адлерского района курорта Сочи сочетающихся форм немедикаментозного воздействия: талассо, бальнео- процедур, мероприятий по коррекции психоэмоционального статуса, наблюдалась позитивная динамика основных клинико-функциональных характеристик, показателей перекисного окисления липидов, психоэмоционального, биохимического и иммунного статуса [26]. У больных, страдающих соматоформной дисфункцией вегетативной нервной системы или неврастений, при применении в комплексном санаторном лечении на курорте Сочи талассотерапии наблюдалась позитивная динамика основных клинико-функциональных характеристик, а также биохимического, иммунного и психоэмоционального статуса [27].

Применение оригинальной схемы санаторно-курортного лечения, взаимосочетающей талассотерапию, бальнеопроцедуры, аппаратную физиотерапию, рациональную и суггестивную психотерапию, способствовало достижению терапевтического эффекта у пациентов с соматоформной дисфункцией вегетативной нервной системы в форме нейроциркуляторной астении за счет вегетокорригирующего, спазмолитического и седативного компонентов восстановительного лечения изучаемого контингента больных [28].

Комплексная терапия, сочетающая пелоидо-, талассо-, физиотерапию, нутрицевтику, бальнеопроцедуры, позволила в 1999-2003 годах в детских санаториях Сочи улучшить показатели состояния здоровья 34,4% (n=278, p<0,001) детей, страдающих различными формами атопического дерматита. У большинства наблюдаемых пациентов (n=521, p<0,05) после назначенного лечения в детских здравницах в той или иной мере произошла нормализация кожных покровов (более чем у 50% наблюдаемых детей) [29].

Заключение. Таким образом, как показывают исследования, основными эффективно используемыми методами климатотерапии на курорте Сочи являются: аэротерапия, гелиотерапия, талассотерапия. Все виды климатотерапии как правило применяются в сочетании с другими природными лечебными факторами курорта Сочи: бальнео- и пелоидотерапией, а также аппаратной физиотерапией. Климатотерапия эффективна по результатам рандомизированных исследований в санаторно-курортном лечении взрослых пациентов с заболеваниями нервной, дыхательной, сердечно-сосудистой системы, мочеполовой системы, опорно-двигательного аппарата, болезней кожи. Доказана эффективность климатотерапии у детей с заболеваниями опорно-двигательного аппарата, дыхательной, иммунной системы и сердечно-сосудистой систем.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа выполнена по теме НИР «Лечебно-климатический потенциал территории расположения курорта федерального значения Сочи (в рамках выполнения специальных медицинских заключений на лечебный климат)» (шифр – «Сочи-2024») в рамках подготовки специальных медицинских заключений на лечебный климат.

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

Financing. The research was carried out in accordance with the Research Project titled “Therapeutic and climatic potential of the Sochi resort territory” (code – “Sochi-2024”) as part of the preparation of special medical assessment on the therapeutic climate.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клячкин, Л.М. Принципы современной климатотерапии и ее значение в пульмонологии / Л.М. Клячкин, А.М. Щеголъков, И.Л. Клячкина // Пульмонология. – 2000. – № 4. – С. 88–92.
2. Возможности оптимизации комплексного санаторно-курортного лечения пациентов с хроническим коронарным синдромом в условиях Сочинского курорта / А.В. Шмалий, А.В. Чернышев, А.Ф. Хечумян, Л.С. Ходасевич // Курортная медицина. – 2020. – № 3. – С. 183–196.
3. Сажнев, Е.В. Ресурсы развития пляжного туризма в Краснодарском крае / Е.В. Сажнев, Ю.И. Карпова // Технологический Форсайт 2.0: сб. ст. Всеросс. НПК студентов, аспирантов и молодых ученых, Краснодар. – 2016. – С. 265.
4. Литвинов, А.Е. Анализ биоклиматического потенциала некоторых курортов Западного Кавказа / А.Е. Литвинов, З.А. Бекух, И.К.Кузнецов // Известия Самарского научного центра РАН наук. – 2014. – Т. 16. – № 5. – С. 286–290.
5. Исследование курортных ресурсов – приоритетная задача ФГБУ ПГНИИК ФМБА России / Н.В. Ефименко, А.Н. Глухов, С.Р. Данилов [и др.] // Курортная медицина. – 2015. – № 2. – С. 8–13.
6. Современные технологии оценки климата и погоды для оптимизации методов климатотерапии в комплексе санаторно-курортного лечения детей больных бронхиальной астмой / А.И. Уянаева, Ю.Ю. Тупицына, И.М. Чукина, Г.А. Максимова // Аллергология и иммунология в педиатрии. – 2016. – № 2. – С. 20–24.
7. Климатотерапия в лечебно-реабилитационных и профилактических программах / М.Ю. Герасименко, П.В. Астахов, Н.Г. Бадалов [и др.] // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2017. – № 16(3). – С. 154–159.
8. Лян, Н.А. Профилактика метеопатических реакций у детей с бронхиальной астмой на санаторно-курортном этапе / Н.А. Лян, А.И. Уянаева, И.М. Чукина // Вопросы курортологии,

физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2020. – Т. 97. – № 6-2. – С. 72–73.
9. Земскова, Ю.А. Климатотерапия при заболеваниях суставов / Ю.А. Земскова // Клиническая медицина и фармакология. – 2019. – Т. 5. – № 2. – С. 34–38.
10.Изменение качества жизни больных бронхиальной астмой – как критерий эффективности медицинской реабилитации / Л.Ш. Дудченко, В.В. Ежов, С.Н. Беляева [и др.] // Медицина Кыргызстана. – 2020. – № 3. – С. 72–76.
11.Разумов, А.Н. Санаторно-курортное лечение: национальное руководство / А.Н. Разумов, В.И. Стародубова, Г.Н. Пономаренко // М.: ГЭОТАР-Медиа, 2021. – 752 с.
12.Зиняков, Н.Н. Использование природных факторов курорта Сочи в коррекции вегетативного статуса при нарушениях осанки и сколиотических деформациях у детей / Н.Н. Зиняков, Н.Т. Зиняков, В.В. Барташевич // Паллиативная медицина и реабилитация.–2010.–№1.–С. 54–57.
13.Степанова, Н.Л. Принципы аэро- и гелиотерапии при хронических слизисто-гнойных бронхитах в программах повышения квалификации терапевтов детских и подростковых здравниц / Н.Л. Степанова // Гуманизация образования. – 2011. – № 1. – С. 67–71.
14.Кузнецов, В.М. Вариантная климатотерапия больных с нейроциркуляторной дистонией по гипертоническому типу: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.51 / Кузнецов Виктор Михайлович // ГОУ ДПО «Санкт-Петербургская медицинская академия последипломного образования»,2005.–117с.
15.Возможности оптимизации комплексного санаторно-курортного лечения пациентов с хроническим коронарным синдромом в условиях Сочинского курорта / А.В. Шмалий, А.В. Чернышев, А.Ф. Хечумян, Л.С. Ходасевич // Курортная медицина. – 2020. – № 3. – С. 183–196.
16.Кузякина, М.В. Оценка комфортности биоклиматических условий Краснодарского края с применением ГИС-технологий / М.В. Кузякина, Д.А. Гура // Юг России: экология, развитие. – 2020. – Т. 15. – № 3. – С. 66–76.
17.Любчик, В.Н. Гелиотерапия на курортах Крыма: возможности и перспективы / Н.В. Любчик // Вестник физиотерапии и курортологии. – 2022. – Т. 28. – № 2. – С. 11–16.
18.Гончарова, О.М. Санаторно-курортное лечение: принципы отбора и лечения основных, наиболее часто встречающихся заболеваний / О.М. Гончарова, Е.В. Лобанова // Учебное пособие. Благовещенск, 2016. – 56 с.
19 Кабакова, Т.И. Лечение аллергического ринита на восстановительном этапе лечения / Т.И. Кабакова, В.В. Прокопенко // Новая наука: современное состояние и пути развития. – 2016. – № 12-5. – С. 31–33.
20.Климатотерапия при пульмонологических заболеваниях / А.А. Лобанов, С.В. Андронов, И.А. Гришечкина, А.И. Попов // Сборник научных трудов V Научно-практической конференции «Арбатские чтения». – 2022. – С. 65-70.
21.Эффективность талассотерапии у больных с хроническими заболеваниями на курорте Сочи / Т.В. Орехова, В.Д. Остапишин, В.П. Утехина [и др.] // Актуальные вопросы курортологии, физиотерапии и медицинской реабилитации. Труды КРУ «НИИ им. И.М. Сеченова». – Ялта, 2014.–Т.25.–С. 299–300.
22.Прибежищая, Г.Н. Системная талассотерапия как ингредиент комплексного восстановительного лечения хронических больных в здравницах российского Причерноморья / Г.Н. Прибежищая, Ф.А. Псавок // Вестник новых медицинских технологий. – 2009. – Т. 16. – № 4. – С. 118–119.
23.Рябцев, С.М. Влияние талассотерапии на микроциркуляцию здоровых лиц на горно-климатическом курорте Сочи / С.М. Рябцев // Фундаментальные исследования. – 2007. – № 6. – С. 12–12.
24.Целухин, И.И. Роль системной талассотерапии в лечении и профилактике мужского бесплодия / И.И. Целухин // Вестник новых медицинских технологий. – 2008. – № 2. – С. 82–83.
25.Тлиш, М.М. Талассотерапия как инновационный ингредиент комплексного восстановительного лечения больных зудящими дерматозами / М.М. Тлиш // Гуманизация образования. – 2012. – № 6. – С. 57–61.
26.Кокорин, В.Л. Талассотерапия и другие методы немедикаментозного воздействия при системном восстановительном лечении в здравницах Адлерского р-на г. Сочи больных специфическими расстройствами личности (F60, по МКБ-Х): дис. ... канд. мед. наук: 14.00.51 / Виктор Леонидович Кокорин// Научно-исследовательский центр курортологии и реабилитации Черноморского зонального управления специализированных санаториев, 2004. – 177 с.
27.Орехова, Е.Г. Современные методические и методологические подходы к восстановительному лечению в здравницах Сочи больных, страдающих соматоформной дисфункцией вегетативной нервной системы или неврастенией (F 45.3 и F 48.0 по МКБ-Х): дис. ... канд. мед. наук: 14.00.51 / Екатерина Геннадьевна Орехова // Научно-исследовательский центр курортологии и реабилитации Черноморского зонального управления специализированных санаториев, 2004. – 172 с.
28.Ивлев, С.М. Природные физические факторы Лазаревской рекрационной зоны курорта Сочи в реабилитации больных с соматоформной дисфункцией вегетативной нервной системы в форме нейроциркуляторной астении: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.51 / Сергей Михайлович Ивлев // Научно-исследовательский центр курортологии и реабилитации Черноморского зонального

управления специализированных санаториев, 2009. – 175 с.
29.Щербаков, Д.Б. Взаимосочетание природных лечебных минеральных вод, пелоидтерапии, нутрицевтиков и талассопроцедур в современной системе восстановительного лечения на курорте Анапа детей с различными формами атопического дерматита: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.51 / Дмитрий Борисович Щербаков // Научно-исследовательский центр курортологии и реабилитации Черноморского зонального управления специализированных санаториев, 2004. – 172 с.

REFERENCES

1. Klyachkin L.M., Shchegolkov A.M., Klyachkina I.L. Principles of modern climate therapy and its significance for pulmonilogy. *PULMONOLOGIYA*, 2000, no. 4, pp. 88–92. (in Russ.)
2. Shmalij A.V., Chernyshev A.V., Khechumyan A.F., Khodasevich L.S. Optimization possibilities for the integrated sanatorium-and-spa treatment of patients with chronic coronary syndrome in Sochi resorts. *Resort Medicine*, 2020, no. 3, pp. 183–196. (in Russ.)
3. Sazhnev E.V., Karpova Yu.I. Development resources of beach tourism in Krasnodar Krai. Technological Forsight 2.0: collection of the articles of the All-Russian Scientific and Practical Conference of Students, Post-Graduate Students and Young Scientists. Krasnodar, 2016. p. 265. (in Russ.)
4. Litvinov A.E., Bekukh Z.A., Kuznetsov I.K. Analysis of bioclimatic capacity of some resorts of Western Caucasus. *Izvestiya of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2014, vol. 16, no. 5, pp. 286–290. (in Russ.)
5. Efimenko N.V., Glukhov A.N., Danilov S.R., Povolotskaya N.P., Lyashenko S.I., Kurbanov V.A., Chalaya E.N. Study of resort resources is a priority task of the Pyarigorsk Research Center of Balneology.*Resort Medicine*,2015,no.2,pp.8–13. (in Russ.)
6. Uyanaeva A.I., Tupitsyna Yu.Y., Shchukina I.M., Maksimova G.A. Modern technology assessment of climate and weather information for optimizing the methods of climatotherapy in complex sanatorium treatment of children with bronchial asthma. *Allergology and Immunology in Paediatrics*, 2016, no. 2, pp. 20-24. (in Russ.)
7. Gerasimenko M.Yu., Astakhov P.V., Badalov N.G., Uyanaeva A.I., Tupitsyna Yu.Y., Mukhina A.A., Persiyanova-Dubrova A.L. Climate therapy in therapeutic, rehabilitation and prevention programs. *Journal of Physiotherapy, Balneology and Rehabilitation*, 2017, no. 16 (3), pp. 154-159. (in Russ.)
8. Liang N.A., Uyanaeva A.I., Chukina I.M. Prevention of meteopathic reactions in children with bronchial asthma at the sanatorium stage. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*, 2020, vol. 97, no. 6-2, pp. 72-73. (in Russ.)
9. Zemskova Yu.A. Climatotherapy for diseases of the joints. *Clinical medicine and pharmacology*, 2019, vol. 5, no. 2, pp. 34–38. (in Russ.)
10.Dudchenko L.Sh., Yezhov V.V., Belyaeva S.N., Maslyakova G.G., Kozhemyachenko E.N., Sultanmuratov M.T. Change in quality of life of bronchial asthma patients – as criterion of effectiveness of medical rehabilitation. *Medicine of Kyrgystan*, 2020, no. 3, pp. 72–76. (in Russ.)
11.Razumov A.N., Starodubova V.I., Ponomarenko G.N. Sanatorium-resort treatment: national guidelines. M.: GEOTAR-Media, 2021.752 p. (in Russ.)
12.Zinyakov N.N., Zinyakov N.T., Bartashevich V.V. Application of natural resources of the Sochi resort in correction of the autonomic status in disorders of posture and scoliotic deformities in children. *Palliative Medicine and Rehabilitation*, 2010, no. 1, pp. 54–57. (in Russ.)
13.Stepanova N.L. Principles of aero- and heliotherapy in chronic muco-purulent bronchitis in the programs of training general practitioners of child and adolescent health centers. *Humanization of education*, 2011, no. 1, pp. 67–71. (in Russ.)
14.Kuznetsov V.M. Variation climate therapy of patients with neurocircular dystonia, hypertension type: an author's dissertation. St. Petersburg Medical Academy of Postgraduate Education, 2005. 117 p. (in Russ.)
15.Shmalij A.V., Chernyshev A.V., Hechumyan A.F., Khodasevich L.S. Optimization possibilities for the integrated sanatorium-and-spa treatmentof patients with chronic coronary syndrome in Sochi resorts. *Resort Medicine*, 2020, no. 3, pp. 183–196. (in Russ.)
16.Kuzyakina M.V., Gura D.A. Assessment of bioclimatic comfort of the Krasnodar Territory, Russia through the application of GIS-technologies. *South of Russia: ecology, development*, 2020, vol. 15, no. 3, pp. 66–76. (in Russ.)
17.Lyubchik V.N. Heliotherapy in the crimea resorts: opportunities and prospects. *Herald of physiotherapy and health resort therapy*, 2022, vol. 28, no. 2, pp. 11–16. (in Russ.)
18.Goncharova O.M., Lobanova E.V. Sanatorium-resort treatment: principles of selection and treatment of the main, most common diseases. Learning guide. Blagoveshchensk, 2016. 56 p. (in Russ.)
19.Kabakova T.I., Prokopenko V.V. Treatment of allergic rhinitis in the recovery phase. *New Science: Modern State and Ways to Develop*, 2016, no. 12–5, pp. 31–33.
20.Lobanov A.A., Andronov S.V., Grishechkina I.A., Popov A.I. Climate therapy for pulmonological diseases. Collection of scientific papers of the V Scientific and Practical Conference "Arbat readings". Moscow, 2022. pp. 65–70. (in Russ.)
21.Orekhova T.V., Ostapishin V.D., Utekhina V.P., Udovenko I.L., Khechumyan A.F. Talassotherapy effectiveness for patients with chronic diseases on

the Sochi resort. Relevant Issues of Balneology, Physiotherapy and Medical Rehabilitation. *Works of the I.M. Sechenov Research Center*. Yalta, 2014. vol. 25, pp. 299–300. (in Russ.)
22.Pribezhishchaya G.N., Psavok F.A. Systemic thalassotherapy as a component of a comprehensive recovery treatment of chronically ill people in health centers of the Russian Black Sea Region. *Journal of New Medical Technologies*, vol. 16, no. 4, pp. 118–119. (in Russ.)
23.Ryabtsev S.M. Effect of thalassotherapy on microcirculation of healthy people on the Sochi mountain-climatic resort. *Fundamental research*, 2007, no. 6, pp. 12–12. (in Russ.)
24.Tselukhin I.I. The role of systemic thalassotherapy in the treatment and prevention of male infertility. *Journal of New Medical Technologies*, 2008, no. 2, pp. 82–83. (in Russ.)
25.Tlish M.M. Thalassotherapy is an innovative ingredient complex restorative treatment of patients with itchy dermatoses. *Humanization of Education*, 2012, no. 6, pp. 57-61. (in Russ.)
26.Kokorin V.L. Thalassotherapy and other methods of non-drug influence in systemic rehabilitation treatment in health resorts of the Adler district of Sochi for patients with specific personality disorders (F 60, according to ICD-10): an author's dissertation. Research Center of Balneology and Rehabilitation of the Black Sea Zonal Directorate of Specialized Sanatoriums, 2004. 177 p. (in Russ.)
27.Orekhova E.G. Modern methodological approaches to rehabilitation treatment in Sochi health resorts for patients suffering from somatic symptom disorder of the autonomic nervous system or neurasthenia (F 45.3 and F 48.0, according to ICD-10): an author's dissertation. Research Center of Balneology and Rehabilitation of the Black Sea Zonal Directorate of Specialized Sanatoriums, 2004. 172 p. (in Russ.)
28.Ivlev S.M. Natural physical factors of Lazarevsk recreational zone of Sochi resort in rehabilitation of patients with somatic symptom disorder of the autonomic nervous system in the form of neurocirculatory asthenia: an author's dissertation. Research Center of Balneology and Rehabilitation of the Black Sea Zonal Directorate of Specialized Sanatoriums, 2009. 175 p. (in Russ.)
29.Shcherbakov D.B. Intercombination of natural therapeutic mineral waters, peloid therapy, nutraceuticals and thalasso procedures in the modern system of rehabilitation treatment at the Anapa resort for children with various forms of atopic dermatitis: an author's dissertation. Research Center of Balneology and Rehabilitation of the Black Sea Zonal Directorate of Specialized Sanatoriums, 2004. 172 p. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Юлия Владиславовна Корягина – доктор биологических наук, профессор, руководитель центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки, e-mail: nauka@skfmba.ru.
Александра Петровна Тычинина – научный сотрудник центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки, e-mail: a.cozinowa@yandex.ru
Вероника Сергеевна Нопина – студент, ИКМ им. Н.В. Склифосовского, ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России; лаборант лаборатории спортивной нутрициологии, ГНЦ Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, Москва, e-mail: vernopina@yandex.ru.
Александр Сергеевич Нопин – студент, ФГБОУ ВО Российский Университет Медицины Минздрава России, Москва.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Yulia V. Koryagina – Doctor of Biological Candidate Sciences, Professor, Head of the Center of Biomedical Technologies, North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency, Essentuki, e-mail: nauka@skfmba.ru.
Aleksandra P. Tychinina – Researcher of the Center of Biomedical Technologies, North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency, Essentuki, e-mail: a.cozinowa@yandex.ru
Veronika S. Nopina – Student, N.V. Sklifosovskij Institute of Clinical Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University; Laboratory Assistant of the Sports Nutritional Science Laboratory, Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, e-mail: vernopina@yandex.ru.
Aleksandr S. Nopin – Student, Russian University of Medicine, Moscow.

Для цитирования: Климатотерапия и ее эффекты на курорте федерального значения Сочи / Ю.В. Корягина, А.П. Тычинина, В.С. Нопина, А.С. Нопин // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_25

For citation: Koryagina Yu.V., Tychinina A.P., Nopina V.S., Nopin A.S. Climate therapy and its effect in the federal resort of sochi. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_25

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_26
УДК 591.112.2

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_26
UDC 591.112.2

СТРЕСС-ИНДУЦИРОВАННАЯ КАРДИОМИОПАТИЯ (КРИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

Д.А. Андреев, К.А. Юрку, А.С. Самойлов, О.Э. Апрышко, В.И. Пустовойт
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства России, г. Москва, Россия

Аннотация. Цель исследования: провести анализ литературы, посвященной эпидемиологии, диагностике, клинической картине, патофизиологии и лечению стресс-индуцированной кардиомиопатии или синдрома Такоцубо. Обзор содержит информацию об истории открытия и эпидемиологии синдрома Такоцубо, особо подчеркнута роль стресса в развитии этого заболевания. Отдельно отражено влияние эпидемии COVID-19 на его распространение. Дана картина клинических проявлений заболевания и обсуждены предполагаемые причины и триггеры развития синдрома. Описаны основные методы, используемые в диагностике синдрома, такие как электрокардиография, коронароангиография, эхокардиография, ангиография, магнитно-резонансная томография, лабораторные данные и т.д. Приведены критерии для дифференциальной диагностики синдрома, в т.ч. классификация вариантов заболевания с помощью эхокардиографии. В обзоре подробно рассмотрена патофизиология синдрома с позиций адренергической и воспалительной гипотез, даны подходы к его лечению.
Ключевые слова: кардиомиопатия Такоцубо, синдром «разбитого сердца», стрессовая кардиомиопатия, эхокардиография.

STRESS-INDUCED CARDIOMYOPATHY (CRITICAL REVIEW)

D.A. Andreev, K.A. Yurku, A.S. Samojlov, O.E. Apryshko, V.I. Pustovojt
Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia

Abstract. Aim: to review the literature on the epidemiology, diagnosis, clinical presentation, pathophysiology, and treatment of stress-induced cardiomyopathy or Takotsubo syndrome. The review provides information on the history of the discovery and epidemiology of the syndrome, emphasizing the role of stress in the development of this disease. The impact of the COVID-19 epidemic on its spread is also highlighted. A picture of the clinical signs of the disease is given and the presumed causes and triggers of the syndrome are discussed. The main methods used in the Takotsubo syndrome diagnosis such as electrocardiography, coronary angiography, echocardiography, angiography, magnetic resonance imaging, laboratory data, etc. are described. Criteria for differential diagnosis of the syndrome including classification of disease variants by echocardiography are also given. In the review the syndrome's pathophysiology from the point of view of adrenergic and inflammatory hypotheses is considered in detail, approaches to its treatment are given.
Keywords: Takotsubo cardiomyopathy, broken heart syndrome, stress cardiomyopathy, echocardiography.

Введение. Синдром Такоцубо (СТ, также известен как кардиомиопатия Такоцубо, стресс-индуцированная кардиомиопатия, транзиторное апикальное баллонирование или синдром разбитого сердца) – состояние, которое индуцируется эмоциональным или физическим стрессом и характеризуется регионарной транзиторной систолической дисфункцией левого желудочка. Впервые описанный японскими авторами Sato и соавт. в 1990 году [1], термин Такоцубо заимствован из японского языка и обозначает ловушку для осьминога, которую напоминает баллоноподобно расширенная верхушка левого желудочка. Клинически СТ проявляется болью в грудной клетке, изменениями на электрокардиограмме, повышением уровня тропонина и дисфункцией левого желудочка, сходной с острым инфарктом миокарда, при отсутствии обструкции коронарных артерий или разрыва атеросклеротической бляшки. В большинстве случаев зоны нарушения локальной сократимости не соответствуют

бассейну той или иной коронарной артерии и не ограничиваются одной эпикардиальной венечной артерией.

Несмотря на то, что СТ был описан более тридцати лет назад, его патогенез и патофизиология остаются недостаточно ясными, в связи с чем полного понимания в тактике лечения данного заболевания нет, что представляет серьезную проблему для клиницистов.

Ранее существовало представление, что кардиомиопатия Такоцубо является доброкачественным, самостоятельно разрешающимся состоянием, однако сейчас получены данные, свидетельствующие о существенном количестве ранних и поздних осложнений, а также смертности в раннем и отдаленном периодах [2].

Цель исследования: провести анализ литературы, посвященной эпидемиологии, диагностике, клинической картине, патофизиологии и лечению стресс-индуцированной кардиомиопатии или синдрома Такоцубо.

Методы и организация исследования. Анализ отечественной и иностранной литературы по теме исследования. Всего в анализ включено 55 источников.

Результаты исследования и их обсуждение. *Эпидемиология.* СТ впервые описан более 30 лет назад как достаточно редкое заболевание, однако в настоящее время широкое распространение ангиографии привело к увеличению частоты выявления данной кардиомиопатии [3]. В настоящее время СТ встречается приблизительно в 1-2% тропонин-позитивных случаев, подозрительных в отношении острого коронарного синдрома [4], и в 6% случаев среди женщин с подозрением на острый коронарный синдром (ОКС) с элевацией сегмента ST, которым проведена коронароангиография по ургентным показаниям [5]. Согласно некоторым данным, в связи с увеличением уровня стресса и тревожности в развитых странах, истинная встречаемость СТ выше, чем считалось ранее [6]. В действительности ряд проведенных исследований показал большое количество случаев стресс-индуцированной кардиомиопатии после природных катастроф, произошедших в Японии, Новой Зеландии и Соединенных Штатах [7]. Позднее, распространение социального стресса, индуцированного пандемией COVID-19, когда изоляция, финансовый стресс и тревожность привели к существенному росту (трех-четырехкратное увеличение) встречаемости СТ в сравнении с допандемийным уровнем [8]. Наиболее часто СТ встречается среди женщин в постменопаузе. Интересно, что в западных странах СТ в 9 раз чаще встречается среди женщин в сравнении с Японией, где данное заболевание чаще диагностируется у мужчин [9]. Более 80% пациентов с выявленным СТ старше 50 лет [10], при этом у женщин старше 55 лет СТ развивается в 5 раз чаще, чем у более молодых [11].

Клинические проявления. В острой фазе большинство пациентов жалуется на боль в грудной клетке, которую нельзя отличить от типичного затянувшегося ангинозного приступа, характерного для острого инфаркта миокарда, у другой части пациентов может доминировать клиническая картина острой сердечной недостаточности с такими проявлениями, как одышка, ортопноэ [12]. В некоторых случаях у пациентов отсутствуют какие-либо симптомы, однако отмечаются изменения на ЭКГ или повышение маркеров повреждения миокарда, которые были выявлены в процессе обследования при других состояниях, например сепсисе. В ряде случаев у пациентов может отмечаться дезориентация, сопровождающаяся компрометированной гемодинамикой [9]. Достаточно редко заболевание дебютирует с острой митральной регургитации, брадиаритмий, желудочковой тахикардии и кардиогенного шока. Некоторые авторы отмечали развитие обструкции выносящего тракта левого желудочка, вызванного гиперкинезом его базальных сегментов [13].

Факторы риска и триггеры. Стоит отметить, что несмотря на то, что ежедневно в нашей жизни встречаются эмоциональные и физические стрессы [14, 15], синдром Такоцубо – достаточно редкое явление. Учитывая вышеизложенное, существует ряд гипотез о наличии факторов риска, которые увеличивают вероятность развития стресс-индуцированной кардиомиопатии [16].

Сторонники гормональной теории отмечают, что частота встречаемости СТ существенно возрастает у женщин в постменопаузе, что наводит на мысль о том, что снижение уровня эстрогенов играет важную роль в восприимчивости к стресс-факторам в этой группе. В поддержку данной теории можно отметить, что встречаемость стресс-индуцированной кардиомиопатии в пять раз выше у женщин старше 55 лет [11]. Также известно, что эстрогены улучшают коронарный кровоток на уровне коронарной микроциркуляции [17], таким образом снижение секреции эстрогенов приводит к эндотелиальной дисфункции, что, возможно, существенным образом влияет на более высокую распространенность СТ среди постменопаузальных женщин [12]. Вместе с тем точная роль эстрогенов в развитии СТ требует дальнейшего изучения.

В недавних исследованиях были описаны случаи семейной стресс-индуцированной кардиомиопатии, что увеличивает вероятность наличия генетической предрасположенности, хотя в других работах описана генетическая гетерогенность, наводящая на мысль о полигенности данного заболевания [18]. В одном исследовании у 4 пациентов с тяжелым СТ были выделены кардиомиоциты с очень высокой чувствительностью к катехоламинам, ассоциированным с измененным β-адренергическим ответом, что предполагает генетическую предрасположенность к специфическому ответу при повышенной концентрации катехоламинов [19].

В настоящий момент определена корреляционная связь между психическими расстройствами и стресс-индуцированной кардиомиопатией, особенно в условиях повышенной тревожности, депрессии и хронического стресса. При сравнении пациентов, схожих по возрасту и полу, психические расстройства встречались чаще у пациентов с СТ, чем при ОКС [20].

Появление симптомов у большинства пациентов вызвано интенсивным острым эмоциональным или физическим стрессом, а часто и их комбинацией [14]. Среди 1759 пациентов из международного регистра Такоцубо, 36% имели физический триггер, 28% – эмоциональный и 8% – оба [21].

Выявленные стрессоры включали такие эмоциональные триггеры, как тяжелая утрата, игровая зависимость, финансовые потери, споры, домашнее насилие, тревога перед публичным выступлением, страх медицинских процедур [15]. Среди физических триггеров выявлены боль, сепсис, дыхательная недостаточность, постоперационный период и злокачественные новообразования [22]. Хотя эмоциональными триггерами СТ главным образом выступают негативные стрессоры, положительные эмоции также могут быть отнесены к триггерам СТ, при этом данное состояние называют «Синдром счастливого сердца» [23].

Электрокардиография (ЭКГ). Электрокардиограмма должна быть зарегистрирована при любой боли в грудной клетке, в том числе при подозрении на СТ. У большинства пациентов с СТ регистрируются изменения на ЭКГ, такие как элевация сегмента ST, инверсия зубца Т [10]. На ЭКГ при СТ наблюдается очаговость, и динамика изменений во времени схожа с таковой при остром инфаркте миокарда (ОИМ). В ранних исследованиях выявлено более 80% ЭКГ с элевацией сегмента ST среди пациентов со стресс-индуцированной кардиомиопатией [24]. Другими характеристиками, схожими с ЭКГ при ОИМ, являются транзиторное появление патологического Q зубца и уплощение зубца Т [25]. Вне зависимости от находок при регистрации ЭКГ, у большинства пациентов с СТ развивается транзиторный синдром удлиненного QT, как правило разрешающийся в течение первых 48 часов [26]. Нормализация амплитуды зубца Q происходит синхронно с нарастанием амплитуды зубца R уже на госпитальном этапе, в противоположность этому инверсия зубца Т сохраняется достаточно долго.

Лабораторные данные. Маркеры повреждения миокарда, такие как тропонин I, тропонин Т, МБ фракция креатинкиназы, повышаются со схожей динамикой, как и при ОИМ [10]. Максимальное повышение уровня тропонина регистрируется в течение первых 24 часов, но оно не соответствует остроте изменений на ЭКГ, объему нарушения сократимости (по данным ЭХОКГ) и возможной нестабильности гемодинамики

[27]. Повышение концентрации BNP и NT-pro BNP в плазме возможно в острой фазе СТ и вероятно отражает растяжение стенок левого желудочка. Пик повышения концентрации BNP и NT-pro BNP приходится на первые 48 часов и постепенно нормализуется в течение последующих нескольких месяцев [37].

Коронароангиография (КАГ). КАГ играет важную роль в диагностике СТ, и в особенности при регистрации элевации сегмента ST на ЭКГ. Стресс-индуцированная кардиомиопатия обычно диагностируется при КАГ вентрикулографии левого желудочка (ЛЖ), которая показывает акинез апикальных и средних сегментов миокарда ЛЖ с гиперкинезом базальных сегментов ЛЖ [22]. У пациентов с СТ при КАГ визуализируется интактное коронарное русло или атеросклеротические изменения в бассейне венечных артерий, не соответствующие данным ЭКГ и ЭхоКГ. В дополнение к визуализации коронарного русла и полости левого желудочка, в процессе коронароангиографии может быть осуществлена инвазивная оценка центральной гемодинамики (измерение конечно-диастолического давления в ЛЖ, градиента давления в выносящем тракте ЛЖ). Стоит отметить, что при СТ обструкция в выносящем тракте ЛЖ выявляется в 20% случаев и играет важную роль в тактике лечения стресс-индуцированной кардиомиопатии [16], являясь предиктором ранних осложнений данного заболевания [28].

Эхокардиография (ЭхоКГ). Трансторакальная ЭхоКГ часто является первым методом визуализации сердца в острой фазе СТ. По данным этого исследования выявляются характерные нарушения локальной сократимости миокарда левого желудочка, такие как акинезия или дискинезия апикальных и средних сегментов с гиперкинезом базальных сегментов, что создает визуальную картину апикального расширения [23]. Характерно, что зоны нарушения локальной сократимости миокарда левого желудочка не ограничиваются территорией кровоснабжения конкретной коронарной артерии, в отличие от картины, наблюдаемой при ОИМ. В острой фазе СТ сократительная функция ЛЖ снижена, однако она восстанавливается по мере уменьшения зоны миокардиального станнинга (myocardial stunning) [13]. Полное восстановление систолической функции, как правило, наблюдается к концу третьей недели заболевания [29]. ЭхоКГ также является важным методом исследования при диагностике острых осложнений СТ, таких как тромбообразование в полости левого желудочка из-за дисфункции апикальных сегментов [20], митральной регургитации вследствие дисфункции папиллярных мышц, транзиторной обструкции выносящего тракта ЛЖ как результата гиперкинеза базальных сегментов [3], и достаточно редкого встречающегося разрыва миокарда ЛЖ [30].

Мультиспиральная компьютерная ангиография. СТ часто ассоциирован с такими триггерами, как субарохноидальное кровоизлияние, терминальный онкологический процесс, сепсис, шок. В этих ситуациях прямая коронароангиография может быть сопряжена с высоким риском. В таких случаях у пациентов с низкой вероятностью ОИМ, предшествующим СТ, ранее проводимой коронароангиографией, предпочтение следует отдавать мультиспиральной компьютерной коронароангиографии [10].

Магнитно-резонансная томография сердца (КМРТ). Ранее КМРТ использовали при атипичной клинической картине, выходящей за рамки острого коронарного синдрома, например, с целью верификации миокардита [31]. В настоящий момент существуют веские доказательства того, что рутинное использование КМРТ помогает в постановке диагноза СТ так же, как и в выявлении осложнений, не идентифицированных при использовании других диагностических методов, особенно в острой фазе заболевания [10]. В острой фазе обратимое воспаление миокарда и его отек являются маркерами СТ и могут быть быстро оценены в режиме Т2 [32]. При стресс-индуцированной кардиомиопатии отек миокарда обычно носит трансмуральный характер и разрешается в течение 6 месяцев [33]. В подострой фазе СТ выявление скрытых зон нарушения локальной сократимости делает КМРТ идеальным методом тонкой оценки полного

восстановления региональной дисфункции миокарда ЛЖ, подтверждающим диагноз СТ [10]. Кроме того, накопление гадолиния в отсроченной фазе используется для дифференциальной диагностики СТ и ОИМ. Хотя ранее считалось, что отсутствие накопления гадолиния в отсроченной фазе является крайне важным доказательством при постановке диагноза СТ, в настоящее время выявлено, что в острой фазе СТ возможно трансмуральное накопление гадолиния в зоне между дискинезирующими баллонирующими сегментами и сегментами, находящимися в гиперкинезе [19]. Отсроченное накопление гадолиния в этой зоне постепенно уменьшается на серии КМРТ в динамике, вплоть до полного разрешения, подтверждая таким образом диагноз СТ. Накопление гадолиния в отсроченной фазе в остром периоде СТ ассоциировано с кардиогенным шоком и более длительным восстановлением сократимости сегментов ЛЖ [34]. КМРТ является достаточно точным методом диагностики СТ, позволяющим дифференцировать стресс-индуцированную кардиомиопатию от ОИМ и миокардита [32]. Кроме того, КМРТ – это метод оценки анатомии и функции правого желудочка. Хотя ранее считалось, что при СТ вовлечен исключительно ЛЖ, последние данные, полученные при использовании КМРТ, свидетельствуют о вовлечении в ряде случаев и правого желудочка [33]. Наконец, тромбы в области верхушки ЛЖ часто не визуализируются при проведении ЭХОКГ, однако в ранней фазе накопления гадолиния эти тромбы могут быть идентифицированы [33].

Критерии диагностики стресс-индуцированной кардиомиопатии и ее эхокардиографические варианты. Диагноз СТ прежде всего основан на дифференцировании его с острым коронарным синдромом (ОКС), при котором отмечаются такие симптомы, как боль в грудной клетке, которая ассоциирована с физической или эмоциональной нагрузкой продолжительностью более пяти минут с иррадиацией в шею, нижнюю челюсть, левую лопатку и левую верхнюю конечность, повышением концентрации сердечных тропонинов в крови, инверсией зубца Т, депрессии или элевации сегмента ST, появлением зон нарушения локальной сократимости соответствующих бассейну кровоснабжения симптом ответственной коронарной артерии, обструкции соответствующей коронарной артерии по данным коронароангиографии [28]. Учитывая серьезные сложности дифференцирования СТ от ОКС, в клинике Мейо разработаны в 2004 г (обновлены в 2008) соответствующие критерии диагностики стресс-индуцированной кардиомиопатии [22].

Мейо критерии синдрома Такоцубо (по данным, [4]):

1. Наличие транзиторных зон нарушения локальной сократимости (дискинезия, акинезия, гипокинезия), выходящих за рамки бассейна соответствующей коронарной артерии.

2. Впервые выявленные или вновь появившиеся изменения на ЭКГ (инверсия зубца Т, элевация сегмента ST) или повышение уровня сердечных тропонинов в крови.

3. Отсутствие ангиографических доказательств наличия атеросклеротической бляшки или обструкции коронарной артерии.

4. Отсутствие миокардита или феохромоцитомы.

В 2018 году диагностическая шкала InterTAK, разработанная международными экспертами на основании международного регистра Такоцубо (International Takotsubo Registry), была опубликована в Европейском консенсусе [10]. Данная шкала предназначена для оценки вероятности диагноза СТ. Критерии, предложенные в шкале InterTAK, базируются на клинических характеристиках СТ и данных ЭКГ и позволяют определить вероятность данного заболевания, а также дифференцировать его от ОКС. Диагностическая шкала InterTAK включает в себя семь критериев (женский пол, эмоциональный триггер, физический триггер, отсутствие депрессии сегмента ST, психические заболевания, неврологические заболевания, удлинение интервала QT), которые ранжируются по своей значимости с максимально возможной суммой баллов равной ста. Все параметры могут быть

получены на этапе приемного отделения и не требуют визуализующих методов обследования. Суммарное количество баллов позволяет предположить вероятность наличия СТ. Пациенты с суммой баллов 30 имеют вероятность наличия стресс-индуцированной кардиомиопатии <1%, в то время как пациенты с суммой баллов 50 имеют вероятность СТ 18%, а пациенты с суммой балов >70 имеют вероятность СТ 90%.

InterTAK Diagnostic Score (по данным, [4]):

1. Женский пол – 25 баллов.
2. Эмоциональный стресс – 24 балла.
3. Физический стресс – 13 баллов.
4. Отсутствие депрессии сегмента ST – 12 баллов.
5. Психические заболевания – 11 баллов.
6. Неврологические расстройства – 9 баллов.
7. Удлинение QTc (женщины > 460ms; мужчины > 440ms) – 6 баллов.

В настоящий момент широко используется классификация вариантов СТ при помощи ЭхоКГ (по данным, [35]):

1. Апикальный тип (баллонирование верхушки ЛЖ, гипокинез, акинез, дискинез в средне-апикальных сегментах, передние и перегородочные сегменты также могут быть вовлечены) [24].
2. Среднежелудочковый тип (гипокинез, акинез, дискинез средних желудочковых сегментов) [36].
3. Базальный тип (вовлекаются только базальные сегменты) [36]. Данный фенотип достаточно редкий и наиболее часто индуцируется при субарахноидальном кровоизлиянии, гиперкатахоламинемии, феохромацитоме [27].
4. Фокальный тип (наиболее часто вовлечены переднебоковые сегменты) [36].

Патофизиология синдрома Такоцубо. Адренергическая гипотеза. По мнению многих авторов, катехоламины играют ключевую роль в патофизиологии СТ, так как дебют данной кардиомиопатии очень часто ассоциирован с внезапным интенсивным психоэмоциональным стрессом (первичный СТ) или серьезным соматическим заболеванием или травмой (вторичный СТ) [10]. У большинства пациентов отмечаются клинические проявления гиперкатехоламинемии в дебюте СТ. В этом ключе следует рассматривать два инициирующих элемента. Первый – это когнитивные центры головного мозга и гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая ось, которые воспринимают и обрабатывают входящую стрессовую информацию и определяют необходимое количество катехоламинов (адреналин и норадреналин) в ответ на раздражитель. Второй – ответ кардиоваскулярной системы (включая миокард, коронарные артерии и периферические сосуды) и вегетативной нервной системы на экстренную симпатическую активацию и выброс значительного количества катехоламинов в системный кровоток [15]. Существует достаточное количество данных, поддерживающих гипотезу о том, что катехоламины играют центральную роль в патофизиологических механизмах развития СТ. Первое – уровень катехоламинов в плазме повышается у пациентов с СТ более чем в 3 раза в сравнении с пациентами с ОИМ [37]. Второе – СТ является одним из частых осложнений феохромоцитомы [32]. Третье – ятрогенное введение катехоламинов (эпинефрин, добутамин), агонистов β-адренорецепторов (сальбутамол) может служить прямым триггером СТ [24, 26]. Четвертое – «симатический шторм», связанный с субарахноидальным кровотечением, особенно с вовлечением микроциркуляции гипоталамуса. Пятое – сцинтиграфические исследования миокарда показали резкое снижение накопления радиофармпрепарата в сегментах с повышенной стимуляцией катехоламинами, таким образом продемонстрировав острую дисрегуляцию на уровне сократительного миокарда в условиях гиперкатехоламинемии. Шестое – при биопсии и аутопсии миокарда пациентов с верифицированным СТ были получены данные, идентичные с данными пациентов, умерших в контексте событий, связанных с гиперкатехоламинемией (феохромоцитома, субарахноидальное кровотечение). При этом в исследуемых препаратах отмечались изменения, характерные для чрезмерной катехоламиновой активации (некроз кардиомиоцитов,

повышенное накопление липидных включений в кардиомиоцитах) [38, 39]. Наконец, при введении катехоламинов в высоких дозах в ряде доклинических исследований был отмечен обратимый гипокинез в апикальных и средних сегментах сердца [40]. Фактом, подтверждающим избыточную стимуляцию миокарда катехоламинами у пациентов с СТ, является повышенный уровень норадреналина в коронарном синусе у людей с данной патологией [41]. Анализ вариабельности сердечного ритма у пациентов с СТ также продемонстрировал доминирование симпатической и значительное угнетение парасимпатической активности в острой фазе стресс-индуцированной кардиомиопатии [42, 43, 15].

Ось «мозг-сердце». Как уже указывалось ранее, психологический стресс является основным триггером при СТ, особенно если он появляется при уже существующей соматической патологии, которая оказывает усиливающее воздействие на его восприятие и клиническое проявление. Известно, что пациенты с СТ значительно чаще имеют предшествующую психиатрическую патологию. Кроме того, у пациентов с депрессией и тревожными расстройствами отмечается апрегуляция микроРНК 16 и 26а. На животных моделях с увеличенной экспрессией микроРНК 16 и 26а экзогенное введение эпинефрина вызывало нарушение локальной сократимости апикальных сегментов [34, 44]. Этот механизм в достаточной мере объясняет более частую встречаемость СТ у пациентов с психическими расстройствами. «Нейрокардиогенный станнинг» (neurocardiogenic stunning) кардиомиоцитов – достаточно хорошо известное явление, вызванное острым неврологическим повреждением, при этом у 20-30% пациентов развивается транзиторная систолическая дисфункция левого желудочка, отражающая взаимодействие «мозг-сердце» [30]. Пациенты с СТ демонстрируют нарушение взаимодействия нейронов в нескольких регионах лимбической системы, ассоциированных со стрессом. Нарушение активности нейронов преимущественно регистрируется в гиппокампе, миндалевидном теле, поясной извилине, островке – регионах, ответственных за эмоциональный ответ и функционирование автономной нервной системы [45]. Таким образом, ряд исследований показал, что у индивидуумов с психическими расстройствами потенциальный триггер может провоцировать СТ в связи с ослаблением возможности адекватного ответа нервной системы в условиях дисбаланса ее симпатической и парасимпатической составляющих [29].

Коронарный вазоспазм и микроваскулярная гиперактивность. Первые случаи, описанные японскими авторами, продемонстрировали при прямой коронароангиографии наличие мультисосудистого вазоспазма эпикардиальных сосудов сердца. Полученные данные позволили предположить коронарный вазоспазм как причины СТ [46], однако повторные провокационные тесты у пациентов с СТ привели к подобному ответу только у 20% испытуемых [47]. Обратимая микроваскулярная дисфункция и нарушение реактивности в микроциркуляторном русле являются одной из особенностей СТ, подтверждающейся такими показателями, как резерв коронарного кровотока и индекс микроваскулярного сопротивления. Изотопные методы исследования перфузии апикальных сегментов левого желудочка также показали обратимость снижения их перфузии в течение 1-6 месяцев [48]. Такое нарушение функционирования миокардиальной микроциркуляции и снижение перфузии миокарда может быть обусловлено избыточной концентрацией эндотелина, катехоламинов, реактивных форм кислорода. [49]. Другим возможным объяснением может быть непосредственное повреждение кардиомиоцитов и эндотелия с последующим отеком миокарда, однако причинно-следственная связь в данном случае может быть и противоположной – отек миокарда может провоцировать повреждение кардиомиоцитов. Wittstein и соавт. (2020) считают, что существует серьезная взаимосвязь между нарушением микроциркуляции и гиперактивностью симпатического одела вегетативной нервной системы. Так, например, пациенты с

высоким риском повышенного симпатического тонуса (женщины в постменопаузе, пациенты с депрессивными расстройствами, получающие терапию ингибиторами обратного захвата серотонина) требуют лишь незначительного стимула для провоцирования микроваскулярной ишемии и последующего миокардиального станнинга [26]. В противоположность к вышеизложенному, индивидуумы с нормальным уровнем активации симпатической нервной системы и вазомоторного тонуса требуют значительно большей нагрузки катехоламинами для индукции СТ.

Метаболическая и энергетическая дисфункция. Современные данные свидетельствуют о том, что если в острой фазе СТ в кардиомиоцитах нарушаются метаболические и энергетические процессы, то это часто приводит к неполному выздоровлению [50]. В доклинических исследованиях было показано увеличение потребления глюкозы, и, хотя было выявлено увеличение концентрации ферментов, участвующих в гликолизе, концентрация промежуточных метаболитов глюкозы в гликолитическом пути существенно снижалась, что в свою очередь приводило к снижению концентрации метаболитов из цикла Кребса [49]. В настоящий момент до конца не ясно, является ли данное состояние результатом истощения метаболических субстратов вследствие их избыточного потребления, или оно является атрибутом станнинга кардиомиоцитов, приводящего к ферментативной блокаде гликолиза, β-окисления жирных кислот или пентозофосфатного пути [49]. Согласно золотому стандарту изучения метаболизма кардиомиоцитов с использованием фосфора-31, при магниторезонансной спектроскопии у пациентов с СТ зафиксировано снижение энергетического статуса (соотношение фосфокреатина и γ-АТФ) в острой фазе с неполным его восстановлением к 4-му месяцу болезни [34]. В действительности это объясняет, почему в отсроченном периоде восстановления у пациентов с СТ сохраняются симптомы, несмотря на нормализацию фракции выброса левого желудочка [51].

Воспалительная гипотеза. Количество доказательств, подтверждающих воспалительные изменения в миокарде в острой фазе СТ, постоянно растет. Хотя ряд авторов высказывают предположение, что воспаление является следствием СТ, другие считают это как причиной, так и следствием, более того, они уверены, что хроническое воспаление при СД может приводить в долгосрочном прогнозе к систолической дисфункции левого желудочка [50]. Пациенты с СТ в острой фазе задерживают оксид железа как в балонирующих, так и небалонирующих сегментах левого желудочка в острой фазе заболевания. В связи с тем, что оксид железа фагоцитируется тканевыми макрофагами, маркером клеточного воспаления в острой фазе СТ являются именно макрофаги, в то время как при остром миокардите основными маркерами воспаления являются лимфоциты. Более того, при СТ концентрация интерлейкина 6 и лиганда хиемокина 1 растет, в то время как количество $CD14^{+}$+$CD16^{+}$ и нетипичных моноцитов снижается. Через 5 месяцев оксид железа в кардиомиоцитах не определяется, хотя концентрация интерлейкина-6 может оставаться высокой при снижении количества моноцитов CD14++CD16+. Поэтому СТ характеризуется макрофагальной инфильтрацией миокарда и повышением концентрации в плазме провоспалительных цитокинов, которые могут сохраняться до 5 месяцев. Более того, данные аутопсии пациентов, скончавшихся в острой фазе СТ, показывают высокую концентрацию макрофагов М1 [37].

Лечение синдрома Такоцубо. В связи с тем, что клиническая картина СТ схожа с клиникой ОКС, особенно при первичном контакте с пациентом, он должен быть доставлен в сосудистый центр, где возможно проведение коронароангиографии в соответствии со стандартами оказания медицинской помощи пациентам с ОКС, а также получить двойную антиагрегантную терапию (аспирин + тикагрелор или клопидогрел), гепарин или низкомолекулярные гепарины, β-адреноблокаторы, при необходимости – морфин и кислород.

У пациентов с СТ, осложненным кардиогенным шоком, особенно с балонированием верхушки левого желудочка, в максимально короткие сроки должна быть проведена оценка наличия обструкции

выносящего тракта левого желудочка, которая встречается в 20% случаев [28]. Это крайне важно для пациентов, получающих катехоламины, так как, согласно полученным данным, среди пациентов этой группы летальность составляет 20% [52]. Поэтому некоторые авторы предлагают в этом случае рассмотреть возможность использования левосимендана, как альтернативы катехоламинов [53]. К сожалению, использование β-адреноблокаторов, которые могут улучшить ситуацию с обструкцией выносящего тракта левого желудочка, противопоказано при острой сердечной недостаточности со сниженной фракцией выброса, гипотензией и брадикардией. В таких ситуациях альтернативой является ингибитор If-каналов ивабрадин [54]. Учитывая тот факт, что концентрация катехоламинов при СТ повышена, вполне обоснована была идея рутинного использования β-адреноблокаторов, однако в экспериментах на животных было показано, что снижение баллонирования верхушки левого желудочка достигалось при использовании препаратов, обладающих α-блокирующими свойствами [55]. Ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента (иАПФ) или блокаторы рецепторов ангиотензина II (АРА) могут потенциально ускорить восстановление систолической дисфункции ЛЖ. Диуретики доказали свою эффективность при СТ, течение которого осложнилось отеком легких. С целью снижения постнагрузки при острой сердечной недостаточности возможно использование нитроглитцерина, однако он противопоказан при обструкции выносящего тракта левого желудочка. В острой фазе СТ следует с осторожностью назначать препараты, удлиняющие интервал QTc, так как они могут индуцировать *torsades de pointes* (фр. скручивание пиков), желудочковую тахикардию или фибрилляцию желудочков. Акинез апикальных сегментов с дилатацией верхушки левого желудочка при СТ является субстратом для ее тромбоза с последующими системными эмболиями, с целью профилактики которых используется гепарин, низкомолекулярные гепарины, прямые и непрямые пероральные антикоагулянты.

Длительное использование иАПФ или АРА при СТ было ассоциировано с лучшей выживаемостью в первый год, в то время как использование β-адреноблокаторов никак не повлияло на годовую выживаемость, более того треть пациентов, получавших β-адреноблокаторы, имели рецидивирующее течение СТ в связи с тем, что α-адренорецепторы, превалирующие в микроциркуляторном коронарном русле, оставались вовлеченными в процесс их активации эпинефрином и норэпинефрином. Важно отметить, что пациенты с атеросклерозом коронарного русла и СТ должны получать статины и аспирин. Учитывая тот факт, что СТ чаще встречается у женщин в постменопаузе, возможно рассмотрение использования заместительной гормональной терапии. Эксперименты на животных показали снижение рецидивирования СТ при использовании эстрогенов [55]. Комбинация психологической коррекции с кардиореабилитацией показала свою эффективность среди пациентов с СТ и психическими расстройствами, в то время как эффективность использования антидепрессантов или других психотропных препаратов оказалось противоречивой [11].

Заключение. СТ – все чаще выявляемое заболевание, характеризующееся транзиторной систолической дисфункцией левого желудочка при отсутствии значимой обструкции коронарного русла. Клиническая картина при СТ часто схожа с клиникой ОКС, включая боль за грудиной, изменения на ЭКГ, повышение маркеров повреждения миокарда. Несмотря на то, что патогенез СТ до конца не ясен, большинство исследователей склоняются к тому, что избыточный выброс катехоламинов при наличии определенных триггеров является ведущим в генезе данного заболевания. Роль дополнительных методов исследования при диагностике СТ является определяющей. Трансторакальное ЭхоКГ часто является первым методом визуализации сердца в острой фазе СТ. По данным этого исследования выявляются характерные нарушения локальной сократимости миокарда левого желудочка, такие как акинезия или дискинезия апикальных и средних

сегментов с гиперкинезом базальных сегментов, что создает визуальную картину апикального баллонирования. КАГ играет важную роль в диагностике СТ, в особенности при регистрации элевации сегмента ST на ЭКГ. Стресс-индуцированная кардиомиопатия обычно диагностируется при КАГ, вентрикулографии ЛЖ, которая показывает акинез апикальных и средних сегментов миокарда ЛЖ с гиперкинезом базальных сегментов ЛЖ. У пациентов с СТ при КАГ визуализируется интактное коронарное русло или атеросклеротические изменения в бассейне венечных артерий, не соответствующие данным ЭКГ и ЭхоКГ. КМРТ помогает в постановке диагноза СТ так же, как и в выявлении осложнений, не идентифицированных при использовании других диагностических методов, особенно в острой фазе заболевания. КМРТ является достаточно точным методом диагностики СТ, позволяющим дифференцировать стресс-индуцированную кардиомиопатию от ОИМ или миокардита. Увеличивающееся количество данных свидетельствует о том, что СТ не является доброкачественным заболеванием и может быть ассоциировано со значительным количеством осложнений, сопоставимых по тяжести с таковыми при остром коронарном синдроме. Алгоритмы лечения СТ в острой фазе главным образом сфокусированы на исключении острого инфаркта миокарда и постсиндромной терапии. Последние данные свидетельствуют о том, что использование иАПФ и АРА может улучшать отдаленный прогноз пациентов с СТ. Вместе с тем, дальнейшие исследования необходимы для формирования более четких алгоритмов диагностики и специфического лечения синдрома Такоцубо.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Tako-tsubo-like left ventricular dysfunction with ST-segment elevation: a novel cardiac syndrome mimicking acute myocardial infarction / S. Kurisu, H. Sato, T. Kawagoe [et al] // American Heart Journal. – 2002. – Vol. 143 (3). – P. 448–455. DOI: 10.1067/mhj.2002.120403.
2. R. Long-Term Prognosis of Patients With Takotsubo Syndrome / J.R. Ghadri, K. Kato, V.L. Cammann [et al] // Journal of the American College of Cardiology. – 2018. – Vol. 72 (8). – P. 874–882. DOI: 10.1016/j.jacc.2018.06.016.
3. Minhas, A. S. Nationwide Trends in Reported Incidence of Takotsubo Cardiomyopathy from 2006 to 2012 / A.S. Minhas, A.B. Hughey, T.J. Kolias // The American Journal of Cardiology. – 2015. – Vol. 116 (7). – P. 1128–1131. DOI: 10.1016/ j.amjcard.2015.06.042.
4. Madhavan, M. Proposed Mayo Clinic criteria for the diagnosis of Tako-Tsubo cardiomyopathy and long-term prognosis / M. Madhavan, A. Prasad // Herz. – 2010. – Vol. 35 (4). – P. 240–243. DOI: 10.1007/s00059-010-3339-x.
5. Mortality in takotsubo syndrome is similar to mortality in myocardial infarction - A report from the SWEDEHEART registry / B. Redfors, R. Vedad, O. Angerås [et al] // International Journal of Cardiology. – 2015. – Vol. 185. – P. 282–289. DOI: 10.1016/j.ijcard.2015.03.162.
6. Health protection in times of economic crisis: challenges and opportunities for Europe / D. McDaid, G. Quaglio, A. Correia de Campos [et al]// Journal of Public Health Policy. – 2013. – Vol. 34 (4). – P. 489–501. DOI: 10.1057/jphp.2013.35.
7. Clustering of takotsubo cardiomyopathy cases in united states in 2011 / S. Pant, A. Deshmukh, K. Mehta [et al] // Journal of the American College of Cardiology. – 2014. – Vol. 63 (12_Supplement). – P. A828–A828. DOI: 10.1016/S0735-1097(14) 60828-7.
8. Incidence of Stress Cardiomyopathy During the Coronavirus Disease 2019 Pandemic / A. Jabri, A. Kalra, A. Kumar [et al] // JAMA network open. – 2020. – Vol. 3 (7). – P. e2014780. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2020.14780.
9. Aizawa, K. Takotsubo cardiomyopathy: Japanese perspective / K. Aizawa, T. Suzuki // Heart Failure Clinics. – 2013. – Vol. 9 (2). – P. 243–247. DOI: 10.1016/j.hfc.2012.12.001.
10. International Expert Consensus Document on Takotsubo Syndrome (Part II): Diagnostic Workup, Outcome, and Management / J.-R. Ghadri, I.S. Wittstein, A. Prasad [et al] // European Heart Journal. – 2018. – Vol. 39 (22). – P. 2047–2062. DOI: 10.1093/eurheartj/ehy077.
11. Anxiodepressive disorders and chronic psychological stress are associated with Tako-Tsubo cardiomyopathy- New Physiopathological

Hypothesis / C. Delmas, O. Lairez, E. Mulin [et al] // Circulation Journal: Official Journal of the Japanese Circulation Society. – 2013. – Vol. 77 (1). – P. 175–180. DOI: 10.1253/circj.cj-12-0759.
12. Pathophysiology of Takotsubo Syndrome / F. Pelliccia, J.C. Kaski, F. Crea, P.G. Camici // Circulation. – 2017. – Vol. 135 (24). – P. 2426–2441. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.116. 027121.
13. Change in the functional status of extreme athletes in response to adverse environmental conditions / V.I. Pustovoit, E.I. Balakin, N.F. Maksjutov [et al] // Human. Sport. Medicine. – 2022. – Vol. 22 (S2). – P. 22–29. DOI: 10.14529/hsm22s203.
14. Самойлов А.С. Стресс в экстремальной профессиональной деятельности: монография / А.С. Самойлов, Р.В. Никонов, В.И. Пустовойт. – Москва: ФГБУ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2022. – 84 с. [In English] Samojlov A.S., Nikonov R.V., Pustovojt V.I. Stress in extreme professional activity: a monograph. Moscow: Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 2022. 84 p. (in Russ.)
15. Самойлов, А.С. Боевой и служебный стресс: причины возникновения и способы преодоления / А.С. Самойлов, В.И. Пустовойт. – Москва: ФГБУ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2023. – 406 с. [In English] Samojlov A.S., Pustovojt V.I. Combat and service stress: origins and ways to overcome. Moscow: Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 2023. 406 p. (in Russ.)
16. International Expert Consensus Document on Takotsubo Syndrome (Part I): Clinical Characteristics, Diagnostic Criteria, and Pathophysiology / J.-R. Ghadri, I.S. Wittstein, A. Prasad [et al] // European Heart Journal. – 2018. – Vol. 39 (22). – P. 2032–2046. DOI: 10.1093/eurheartj/ehy076.
17. Camici, P. G. Microvascular angina: a women's affair? / P.G. Camici, F. Crea // Circulation. Cardiovascular Imaging. – 2015. – Vol. 8(4). – P. e003252. DOI: 10.1161/CIRCIMAGING.115.003252.
18. Kumar, G. «Familial» apical ballooning syndrome (Takotsubo cardiomyopathy) / G. Kumar, D. R. Holmes, A. Prasad // International Journal of Cardiology. – 2010. – Vol. 144 (3). – P. 444–445. DOI: 10.1016/j.ijcard.2009.03.078.
19. Catecholamine-Dependent β-Adrenergic Signaling in a Pluripotent Stem Cell Model of Takotsubo Cardiomyopathy / T. Borchert, D. Hübscher, C.I. Guessoum [et al] // Journal of the American College of Cardiology. – 2017. – Vol. 70 (8). – P. 975–991. DOI: 10.1016/j.jacc.2017.06.061.
20. Gregorio, C. de Left ventricular thrombus formation and cardioembolic complications in patients with Takotsubo-like syndrome: a systematic review / C. de Gregorio, P. Grimaldi, C. Lentini // International Journal of Cardiology. – 2008. – Vol. 131 (1). – P. 18–24.DOI: 10.1016/j.ijcard.2008.05.060.
21. A novel clinical score (InterTAK Diagnostic Score) to differentiate takotsubo syndrome from acute coronary syndrome: results from the International Takotsubo Registry / J.R. Ghadri, V.L. Cammann, S. Jurisic [et al] // European Journal of Heart Failure. – 2017. – Vol. 19 (8). – P. 1036–1042. DOI: 10.1002/ejhf.683.
22. Assessment of clinical features in transient left ventricular apical ballooning / Y. Abe, M. Kondo, R. Matsuoka [et al] // Journal of the American College of Cardiology. – 2003. – Vol. 41 (5). – P. 737–742. DOI: 10.1016/s0735-1097(02)02925-x.
23. Happy heart syndrome: role of positive emotional stress in takotsubo syndrome / J.R. Ghadri, A. Sarcon, J. Diekmann [et al] // European Heart Journal. – 2016. – Vol. 37 (37). – P. 2823–2829. DOI: 10.1093/eurheartj/ehv757.
24. Apical ballooning syndrome following perioperative anaphylaxis is likely related to high doses of epinephrine / P. Dewachter, C. Tanase, E. Levesque [et al]//Journal of Anesthesia.–2011.–Vol.25 (2).–P.282–285.DOI:10.1007/s00540-010-1085-0.
25. Gunasekara, M.Y. An Update on Cardiac Magnetic Resonance Imaging in Takotsubo Cardiomyopathy / M.Y. Gunasekara, A.M. Mezincescu, D.K. Dawson // Current Cardiovascular Imaging Reports. – 2020. – Vol. 13 (5). – P. 17. DOI: 10.1007/s12410-020-09536-0.
26. Wittstein, I.S. Why Age Matters in Takotsubo Syndrome / I.S. Wittstein // Journal of the American College of Cardiology. – 2020. – Vol. 75 (16). – P. 1878–1881. DOI: 10.1016/j.jacc.2020.03.030.
27. Pheochromocytoma-induced reverse tako-tsubo with rapid recovery of left ventricular function / N. Naderi, A. Amin, A. Setayesh [et al] // Cardiology Journal. – 2012. – Vol. 19 (5). – P. 527–531. DOI: 10.5603/cj.2012.0097.
28. Left ventricular end-diastolic pressure predicts in-hospital outcomes in takotsubo syndrome / M.G. Del Buono, R.A. Montone, M.C. Meucci [et al] // European Heart Journal. Acute Cardiovascular Care. – 2021. – Vol. 10 (6). – P. 661–667. DOI: 10.1093/ehjacc/zuab028.
29. Stress-associated neurobiological activity associates with the risk for and timing of subsequent Takotsubo syndrome / A. Radfar, S. Abohashem, M.T. Osborne [et al] // European Heart Journal. – 2021. – Vol. 42 (19). – P. 1898–1908. DOI: 10.1093/eurheartj/ehab029.
30. Takotsubo cardiomyopathy and neurogenic stunned myocardium: similar albeit different / F.

Ancona, L.F. Bertoldi, F. Ruggieri [et al] // European Heart Journal. – 2016. – Vol. 37 (37). – P. 2830–2832. DOI: 10.1093/eurheartj/ehw035.
31. Lyon, A.R. Use of cardiac MRI to diagnose Takotsubo syndrome / A.R. Lyon, Y.J. Akashi // Nature Reviews Cardiology. – 2015. – Vol. 12 (11). – P. 669–669. DOI: 10.1038/nrcardio.2015.155.
32. Takotsubo-like cardiomyopathy in a large cohort of patients with pheochromocytoma and paraganglioma / N. Gagnon, S. Mansour, Y. Bitton, I. Bourdeau // Endocrine Practice: Official Journal of the American College of Endocrinology and the American Association of Clinical Endocrinologists. – 2017. – Vol. 23 (10). – P. 1178–1192. DOI: 10.4158/EP171930.OR.
33. Bratis, K. Cardiac Magnetic Resonance in Takotsubo Syndrome / K. Bratis // European Cardiology. – 2017. – Vol. 12 (1). – P. 58–62. DOI: 10.15420/ecr.2017:7:2.
34. Circulating microRNAs predispose to takotsubo syndrome following high-dose adrenaline exposure / L. S. Couch, J. Fiedler, G. Chick [et al] // Cardiovascular Research. – 2022. – Vol. 118 (7). – P. 1758–1770. DOI: 10.1093/cvr/cvab210.
35. Izumo, M. Role of echocardiography for takotsubo cardiomyopathy: clinical and prognostic implications / M. Izumo, Y.J. Akashi // Cardiovascular Diagnosis and Therapy. – 2018. – Vol. 8 (1). – P. 90–100. DOI: 10.21037/cdt.2017.07.03.
36. Differences in the Clinical Profile and Outcomes of Typical and Atypical Takotsubo Syndrome: Data From the International Takotsubo Registry / J.R. Ghadri, V.L. Cammann, L.C. Napp [et al] // JAMA cardiology. – 2016. – Vol. 1 (3). – P. 335–340. DOI: 10.1001/jamacardio.2016.0225.
37. Characterization of the Myocardial Inflammatory Response in Acute Stress-Induced (Takotsubo) Cardiomyopathy / H.M. Wilson, L. Cheyne, P.A.J. Brown [et al] // JACC: Basic to Translational Science. – 2018. – Vol. 3 (6). – P. 766–778. DOI: 10.1016/j.jacbts.2018.08.006.
38. Activated cell survival cascade protects cardiomyocytes from cell death in Tako-Tsubo cardiomyopathy / H.M. Nef, H. Möllmann, P. Hilpert [et al] // European Journal of Heart Failure. – 2009. – Vol. 11 (8). – P. 758–764. DOI: 10.1093/eurjhf/hfp076.
39. A mouse model reveals an important role for catecholamine-induced lipotoxicity in the pathogenesis of stress-induced cardiomyopathy / Y. Shao, B. Redfors, M. Ståhlman [et al] // European Journal of Heart Failure. – 2013. – Vol. 15 (1). – P. 9–22. DOI: 10.1093/eurjhf/hfs161.
40. Short- and Long-Term Clinical Outcomes for Patients With Takotsubo Syndrome and Patients With Myocardial Infarction: A Report From the Swedish Coronary Angiography and Angioplasty Registry / B. Redfors, S. Jha, S. Thorleifsson [et al] // Journal of the American Heart Association. – 2021. – Vol. 10 (17). – P. e017290. DOI: 10.1161/JAHA.119.017290.
41. Local release of catecholamines from the hearts of patients with tako-tsubo-like left ventricular dysfunction / T. Kume, T. Kawamoto, H. Okura [et al] // Circulation Journal: Official Journal of the Japanese Circulation Society. – 2008. – Vol. 72 (1). – P. 106–108. DOI: 10.1253/circj.72.106.
42. Вариабельность сердечного ритма, как основной метод оценки функционального состояния организма спортсменов, принимающих участие в экстремальных видах спорта / В.И. Пустовойт, М.С. Ключников, С.Е. Назарян [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2021. – Т. 5(2). DOI: 10.51871/2588-0500_2021_05_02_4. [In English] Pustovojt V.I., Klyuchnikov M.S., Nazaryan S.E., Eroyan I.A., Samojlov A.S. Heart rate variability as the main method of assessing the functional state of athletes participating in extreme sports. Modern Issues of Biomedicine, 2021, vol. 5(2). DOI: 10.51871/2588-0500_2021_05_02_4. (in Russ.)
43. Применение методики анализа вариабельности сердечного ритма для определения индивидуальной устойчивости к токсическому действию кислорода / А.С. Самойлов, Р.В. Никонов, В.И. Пустовойт, М.С. Ключников // Спортивная медицина: наука и практика. – 2020. – Т. 10 (3). – P. 73–80. DOI: 10.47529/2223-2524.2020.3.73. [In English] Samoilov A.S., Nikonov R.V., Pustovoit V.I., Kljuchnikov M.S. Using heart rate variability to determine individual resistance to the hyperbaric oxygen toxicity. *Sports medicine: research and practice*, 2020, vol. 10(3), pp.73-80. DOI: 10.47529/2223-2524.2020.3.73 (in Russ.)
44. A signature of circulating microRNAs differentiates takotsubo cardiomyopathy from acute myocardial infarction / M. Jaguszewski, J. Osipova, J.-R. Ghadri [et al] // European Heart Journal. – 2014. – Vol. 35 (15). – P. 999–1006. DOI: 10.1093/eurheartj/eht392.
45. Altered limbic and autonomic processing supports brain-heart axis in Takotsubo syndrome / C. Templin, J. Hänggi, C. Klein [et al] // European Heart Journal. – 2019. – Vol. 40 (15). – P. 1183–1187. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz068.
46. Increased responsiveness of left ventricular apical myocardium to adrenergic stimuli / H. Mori, S. Ishikawa, S. Kojima [et al] // Cardiovascular Research. – 1993. – Vol. 27 (2). – P. 192–198. DOI: 10.1093/cvr/27.2.192.
47. Time-Related Microcirculatory Dysfunction in Patients With Takotsubo Cardiomyopathy / F. Rivero, J. Cuesta, M. García-Guimaraes [et al] //

JAMA Cardiology. – 2017. – Vol. 2 (6). – P. 699–700. DOI: 10.1001/jamacardio.2016.5993.
48. Microcirculation in Patients with Takotsubo Syndrome-The Prospective CIRCUS-TTS Study / C. Möller, T. Stiermaier, M. Meusel [et al] // Journal of Clinical Medicine. – 2021. – V 10 (10). – P. 2127. DOI: 10.3390/jcm10102127.
49. Metabolic alterations in a rat model of takotsubo syndrome / N. Godsman, M. Kohlhaas, A. Nickel [et al] // Cardiovascular Research. – 2022. – Vol. 118(8).–P.1932–1946. DOI: 10.1093/cvr/cvab081.
50. Myocardial and Systemic Inflammation in Acute Stress-Induced (Takotsubo) Cardiomyopathy / C. Scally, H. Abbas, T. Ahearn [et al] // Circulation. – 2019. – Vol. 139 (13). – P. 1581–1592. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA. 118.037975.
51. Persistent Long-Term Structural, Functional, and Metabolic Changes After Stress-Induced (Takotsubo) Cardiomyopathy / C. Scally, A. Rudd, A. Mezincescu [et al] // Circulation. – 2018. – Vol. 137 (10). – P. 1039–1048. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.117.031841.
52. Templin, C. Takotsubo (Stress) Cardiomyopathy / C. Templin, J.-R. Ghadri, L.C. Napp//The New England Journal of Medicine.–2015.–Vol. 373 (27). – P. 2689–2691. DOI: 10.1056/NEJMc1512595.
53. Safety and feasibility of levosimendan administration in takotsubo cardiomyopathy: a case series / F. Santoro, R. Ieva, A. Ferraretti [et al] // Cardiovascular Therapeutics. – 2013. – Vol. 31 (6). – P. e133-137. DOI: 10.1111/1755-5922.12047.
54. Madias, J.E. If channel blocker ivabradine vs. β-blockers for sinus tachycardia in patients with takotsubo syndrome / J.E. Madias // International Journal of Cardiology. – 2016. – Vol. 223. – P. 877–878. DOI: 10.1016/j.ijcard.2016.08.281.
55. Catecholamines and estrogen are involved in the pathogenesis of emotional stress-indu-ced acute heart attack / T. Ueyama, K. Kasamatsu, T. Hano [et al] // Annals of the New York Academy of Sciences. – 2008. – Vol. 1148. – P. 479–485. DOI: 10.1196/annals.1410.079.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Дмитрий Александрович Андреев – кандидат медицинских наук, руководитель кардиологического центра ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России, Москва, e-mail: drada_rus@mail.ru.
Ксения Алексеевна Юрку – кандидат медицинских наук, заведующая Лабораторией больших данных и прецизионной восстановительной медицины ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России, Москва, e-mail: ks_yurku@mail.ru.
Александр Сергеевич Самойлов – доктор медицинских наук, член-корреспондент РАН, профессор, генеральный̆ директор ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России, Москва, e-mail: asamoilov@fmbcfmba.ru.
Ольга Эдуардовна Апрышко – младший научный сотрудник Лаборатории больших данных и прецизионной восстановительной медицины Федерального медицинского биофизического центра имени А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва, e-mail: olga_apryshko@mail.ru.
Василий Игоревич Пустовойт – доктор медицинских наук, руководитель отдела клинической и радиационной медицины, ФГБУ ГНЦ ФМБЦ имени А.И. Бурназяна» ФМБА России, Москва, e-mail: vipust@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Dmitrij A. Andreev – Candidate of Medical Sciences, Head of Cardiology Center, Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, e-mail: drada_rus@mail.ru.
Ksenia A. Yurku – Candidate of Medical Sciences, Head of the Laboratory of Big Data and Precision Sports Medicine, Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, e-mail: ks_yurku@mail.ru.
Aleksandr S. Samojlov – Doctor of Medical Sciences, General Director, Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, e-mail: asamoilov@fmbcfmba.ru.
Ol'ga E. Apryshko – Junior Researcher of the Laboratory of Big Data and Precision Sports Medicine, Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, e-mail: olga_apryshko@mail.ru.
Vasilij I. Pustovojt - Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Clinical and Radiation Medicine, Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, e-mail: vipust@yandex.ru.

Для цитирования: Стресс-индуцированная кардиомиопатия (критический обзор) / Д.А. Андреев, К.А. Юрку, А.С. Самойлов [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_26

For citation: Andreev D.A., Yurku K.A., Samojlov A.S., Apryshko O.E., Pustovojt V.I. Stress-induced cardiomyopathy (critical review). *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_26

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_27
УДК 612; 796

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_27
UDC 612; 796

ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКА СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ У ЮНЫХ СПОРТСМЕНОВ В УСЛОВИЯХ НЕУСТОЙЧИВОГО РАВНОВЕСИЯ

И.Е. Никитюк, М.В. Савина
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Представлены результаты анализа вертикального баланса юных спортсменов в условиях неустойчивого равновесия с помощью ускоренного метода стабилометрии. Обследованы две группы детей обоих полов в возрасте от 7 до 10 лет, по 12 человек в каждой. Основная группа – спортсмены, контрольная группа – дети с обычным уровнем физической активности. У детей-спортсменов выявлена более высокая степень вертикальной устойчивости по сравнению со сверстниками, не занимающимися спортом. Это обусловлено формированием у спортсменов оптимальной постуральной стратегии. У детей, не занимающихся спортом, наоборот, обнаружены проявления дисфункции статокинетической системы с признаками субкомпенсации. Стабилометрический экспресс-метод диагностики позволяет оценить функциональное состояние опорно-двигательного аппарата юных спортсменов и выяснить механизмы адаптации детского организма к повышенным физическим нагрузкам.
Ключевые слова: младший школьный возраст, спорт, адаптационные изменения организма спортсмена, стабилометрия.

EXPRESS DIAGNOSTICS OF STABILOMETRIC PARAMETERS IN YOUNG ATHLETES IN UNSTABLE EQUILIBRIUM CONDITIONS

I.E. Nikityuk, M.V. Savina
H. Turner National Medical Research Center for Children’s Orthopedics and Trauma Surgery, Saint Petersburg, Russia

Abstract. This article presents the results of the analysis of the vertical balance of young athletes in conditions of unstable equilibrium using the accelerated method of stabilometry. Two groups of children of both genders aged 7 to 10 years, 12 people each, were examined. The main group is athletes, the control group is children with a normal level of physical activity. Child athletes have a higher degree of vertical stability compared to their peers who do not play sports. This is due to the formation of an optimal postural strategy in athletes. On the contrary, in children who do not play sports, the authors have found manifestations of the statokinetic system’s dysfunction with signs of subcompensation. The rapid stabilometric diagnostic method makes it possible to assess the functional state of the musculoskeletal system of young athletes and to find out the mechanisms of adaptation of the child's body to increased physical loads.
Keywords: primary school age, sport, adaptive changes in the athlete’s body, stabilometry.

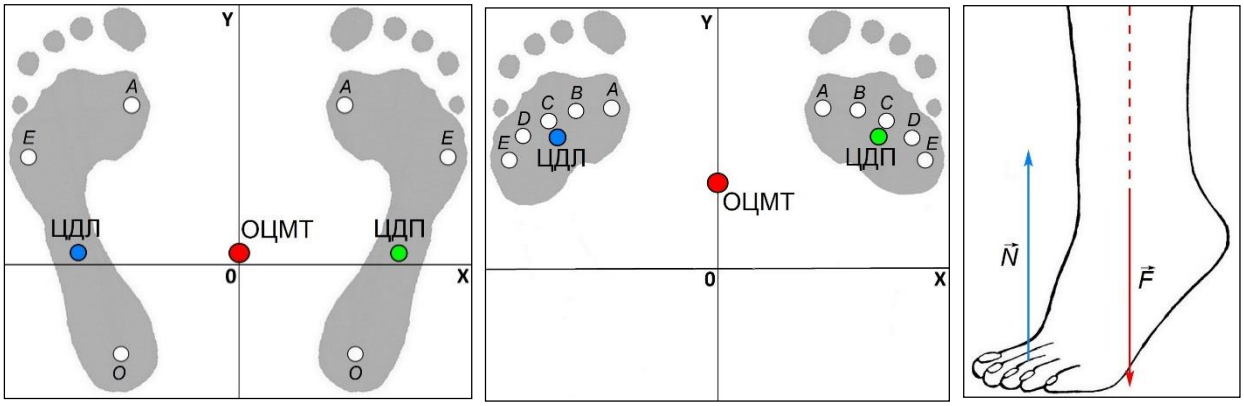
Введение. Способность спортсменов удерживать равновесие является одним из решающих факторов улучшения координации их движений, что способствует повышению спортивной квалификации [1]. Поскольку при занятиях спортом атлеты демонстрируют лучший контроль над осанкой в результате систематических повышенных физических нагрузок, многие исследования были посвящены умению спортсменов сохранять равновесие. Выявлено, что у детей младшего школьного возраста, занимающихся спортом, показатели вертикального баланса по ряду параметров оказались выше, чем у сверстников-неспортсменов [2]. Однако все эти результаты были получены только при регистрации стабилограмм при обычном стоянии участников исследования с полной опорой подошвенной поверхности обеих стоп на горизонтальную плоскость, когда в акте опоры участвуют все отделы стоп – как передний, так и задний. При этом ни одно из современных исследований не было посвящено изучению стабилометрических параметров у юных спортсменов в условиях

неустойчивого равновесия. Необходимо подчеркнуть, что стабилометрия квалифицированных спортсменов в условиях неустойчивого равновесия в последние годы приобретает повышенный научный интерес [3]. В настоящее время спортивного врача интересуют не только особенности постуральной системы детей, но и в большей степени адаптивные реакции нейромышечной системы неокрепшего организма ребенка на повышенные физические нагрузки. В детском спорте, несмотря на щадящий режим тренировок, используются сложные технико-координационные вариации движений. Во время спортивных занятий и соревнований выполняется большое количество прыжков и приземлений на одну или две нижние конечности. При этом для достижения максимальной результативности прыжков и подскоков, а также для оптимального приземления требуется высокий уровень контроля положения и ориентации межсегментных движений тела. Нередко физические нагрузки требуют выполнения с высокой интенсивностью в течение короткого периода времени, поэтому набирают популярность быстродействующие методики регистрации стабилограмм в условиях повышенных силовых нагрузок спортсменов [4]. Занятия спортом предъявляют детскому организму повышенные требования к нервно-мышечной системе, которые направлены на постепенное и неуклонное повышение уровня мышечной силы. Понимание того, как юные спортсмены удерживают вертикальный баланс тела в условиях неустойчивого равновесия на фоне увеличенной физической нагрузки, поможет лучше понять нейромышечные механизмы адаптационных изменений в их организме.

Цель исследования – оценка ускоренным методом стабилометрии вертикального баланса юных спортсменов в условиях неустойчивого равновесия.

Методы и организация исследования. Методом стабиломерии была изучена способность 12 спортсменов младшего школьного возраста (7-10 лет, мальчики и девочки в равном количестве) удерживать вертикальное положение тела при различных условиях. На момент обследования дети проходили подготовку в спортивных учреждениях Санкт-Петербурга в течение 1-3 лет по дисциплинам: футбол, баскетбол, легкая атлетика, спортивная и художественная гимнастика. Для сравнительного анализа сформировали группу из 12 детей аналогичного возраста с обычной физической активностью. Стабилометрическое исследование у всех детей основной и контрольной групп проводили в два этапа с использованием комплекса «Стабилан 01-2» (ОКБ РИТМ, г. Таганрог, Россия) в двухплатформенном исполнении. На первом этапе каждому ребенку предлагалось встать каждой стопой на соответствующую стабилоплатформу по «американскому» варианту – с параллельным их расположением. Указанное положение стоп с равномерной нагрузкой на все их отделы обеспечивает высокую стабильность вертикального баланса тела, поэтому в англоязычной научной литературе существует термин «quiet standing» – спокойная стойка. Опорность каждой стопы в таком случае реализуется по «трехточечной» схеме, когда вся нагрузка распределяется преимущественно по трем зонам – пяточная кость, головки первой и пятой плюсневых костей. При такой стойке тело стоящего человека можно рассматривать как перевернутый маятник, осью вращения которого являются голеностопные суставы. Так как коленные суставы и суставы стопы замкнуты, количество степеней свободы человеческого организма как колебательной системы является ограниченным, что способствует спокойному удержанию вертикального положения тела.

На втором этапе каждый ребенок также становился на платформу с «американским» расположением стоп, после чего ему предлагалось подняться на цыпочки, не меняя взаиморасположения стоп. Такая стойка является нестабильной вследствие уменьшения площади опоры тела и смещения проекции вектора силы тяжести тела за пределы его опорного контура (рис. 1).



а) б) в)

Рис. 1. Схема распределения нагрузки на стопы ребенка на стабилометрической платформе: а) спокойная стойка; б) стойка на цыпочках; в) проецирование вектора силы тяжести тела F вне границ опорного контура тела в стойке на цыпочках (N – вектор силы реакции опоры)

Примечание: Площадь опорного контура тела ребенка в положении на цыпочках резко снижена по сравнению с таковой в спокойном положении. Опорные точки: A, B, C, D, и E – соответственно головки 1-й, 2-й, 3-й, 4-й и 5-й плюсневых костей; O – пяточная кость; ЦДЛ и ЦДП – центры давления левой и правой нижних конечностей; ОЦМТ – проекция общего центра масс тела на плоскость опоры.

Регистрацию параметров на первом и втором этапах осуществляли при опущенных руках вдоль туловища: в спокойной стойке – последовательно с открытыми и закрытыми глазами, в стойке на цыпочках – только с открытыми глазами, чтобы исключить падение ребенка. Тесты в положении на цыпочках должны были быть кратковременными, так как указанная стойка является нестабильной [5]. Каждому ребенку предлагалось простоять на цыпочках в течение 5 секунд. Регистрацию сигналов проводили в середине указанного периода в течение 1 секунды. Аналогичными временными интервалами руководствовались при проведении стабилометрических тестов в спокойной стойке.

Регистрировали параметры движения проекции общего центра масс тела (ОЦМТ) ребенка на плоскость опоры: отклонение во фронтальной плоскости (X, мм), линейную скорость (V, мм/с), коэффициент резкого изменения направления движения (КРИНД, %). Рассчитывали показатели ширины (x, мм) и площади (S, мм^2) статокинезиограмм, качество функции равновесия (КФР, %). Фиксировали вариации углов направления колебаний (α, град). Измеряли различия в распределении веса тела между левой и правой нижними конечностями (Δm, кг).

Статистический анализ проводили с использованием программы Statgraphics Centurion 16.2. Предварительно осуществляли оценку выборки на нормальность распределения по критерию Колмогорова-Смирнова. Использовали критерии Манна-Уитни и Фишера (F) с уровнем для принятия различий 0,05. Применяли коэффициент Спирмена (r_s) для определения силы корреляционных связей.

Результаты исследования и их обсуждение. В обеих группах детей, независимо от положения обследуемых – в спокойной стойке или на цыпочках, была выявлена тенденция к левостороннему отклонению ОЦМТ, что характеризовалось смещением показателей координаты X справа налево в зону отрицательных значений (табл.). У спортсменов младшего школьного возраста наблюдаемое явление можно объяснить фактором неравнозначности двигательной специализации контралатеральных нижних конечностей человека [6], которая особенно выражена у растущих детей [7]. У них левая нижняя конечность функционально является более нагружаемой. Указанный факт подтверждается данными настоящего исследования, согласно которому у детей-спортсменов имеют место различия Δm в распределении

веса тела между левой и правой нижними конечностями, что приводит к частичному смещению опорности с правой нижней конечности – на левую.

Таблица

Показатели движений общего центра масс тела детей в течение 1 секунды при различных методах стабилометрии, Me [Q1; Q3]

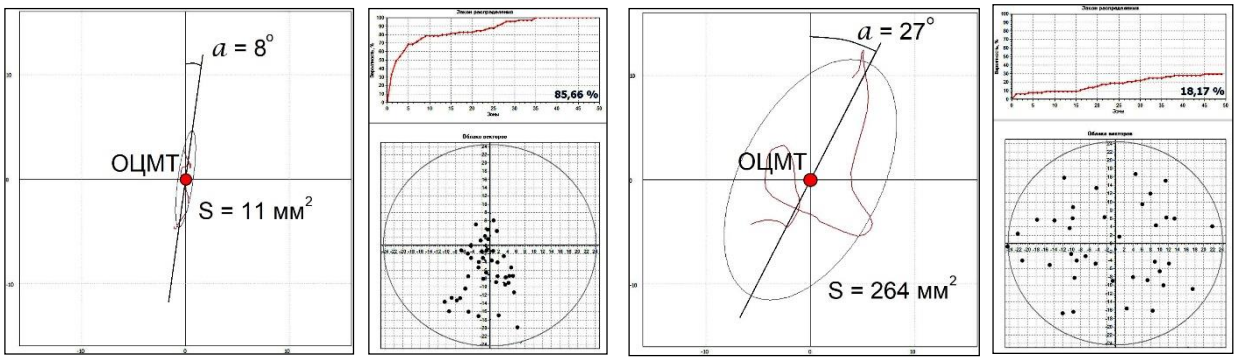
Параметры	Метод стабилометрии				P	
	Спокойная стойка		Стойка на цыпочках			
	СПОРТ (1)	НЗС (2)	СПОРТ (3)	НЗС (4)		
Отклонение X, мм	-7 [-18; 5]	-15 [-24; -3]	-7 [-15; 2]	-6 [-22; 5]	p^{1-2}=0,142 p^{3-4}=0,783	p^{1-3}=0,979 p^{2-4}=0,279
Δm, кг	-0,8 [-1,9; 1,0]	0,3 [-1,3; 1,3]	-0,2 [-1,3; 0,5]	0,8 [-1,3; 2,1]	p^{1-2}=0,597 p^{3-4}=0,395	p^{1-3}=0,662 p^{2-4}=0,505
Площадь S, мм^2	14 [8; 21]	23 [14; 56]	116 [102; 183]	159 [97; 465]	**p^{1-2}=0,012** p^{3-4}=0,408	**p^{1-3}<0,001** **p^{2-4}<0,001**
Скорость V, мм/с	10 [8; 13]	14 [10; 18]	35 [25; 46]	42 [27; 61]	**p^{1-2}=0,013** p^{3-4}=0,198	**p^{1-3}<0,001** **p^{2-4}<0,001**
КРИНД, %	15 [12; 19]	15 [12; 20]	18 [12; 25]	15 [11; 22]	p^{1-2}=0,533 p^{3-4}=0,395	p^{1-3}=0,200 p^{2-4}=0,789
Ширина x, мм	0,9 [0,5; 1,2]	1,2 [0,9; 1,8]	3,4 [2,2; 4,2]	3,6 [3,0; 7,3]	**p^{1-2}=0,022** p^{3-4}=0,083	**p^{1-3}<0,001** **p^{2-4}<0,001**
Угол α, град	-5 [-19; 16]	-4 [-27; 18]	-1 [-37; 48]	-34 [-82; 27]	p^{1-2}=0,799 p^{3-4}=0,281	p^{1-3}=0,650 p^{2-4}=0,215
КФР, %	82 [69; 89]	67 [50; 81]	18 [9; 31]	11 [7; 27]	**p^{1-2}=0,011** p^{3-4}=0,214	**p^{1-3}<0,001** **p^{2-4}<0,001**

Примечание: Отрицательные значения Δm указывают на частичный перенос веса тела с правой нижней конечности на левую. СПОРТ – дети-спортсмены; НЗС – дети, не занимающиеся спортом; КРИНД – коэффициент резкого изменения направления движения; КФР – качество функции равновесия

Таким образом, у детей, занимающихся спортом, прослеживается четкая постуральная стратегия: независимо от условий проведения стабилометрического исследования отклонение общего центра масс тела совпадает с направлением частичного переноса веса тела с одной нижней конечности на другую.

С другой стороны, у сверстников-неспортсменов отсутствовала подобная однозначная постуральная стратегия, так как у них в стойке на цыпочках на фоне преобладающего отклонения общего центра масс тела влево наблюдалась противоположная направленность переноса веса тела, преимущественно с левой нижней конечности на правую. Подобная рассогласованность направленности векторов отклонений центров давления нижних конечностей и общего центра масс тела является признаком дисбаланса кинематических цепей опорно-двигательного аппарата человека [8].

В положении «спокойная стойка» у детей-спортсменов параметры движений ОЦМТ: площадь S, скорость V и разброс колебаний во фронтальной плоскости x были значительно меньше по сравнению с таковыми у детей, не занимающихся спортом. С учетом показателей качества функции равновесия КФР это свидетельствует о более стабильном балансе их тела, что объясняется позитивным влиянием адекватных спортивных нагрузок на функцию опорно-двигательного аппарата детей [9]. В неустойчивом положении «стойка на цыпочках» в обеих группах детей произошли существенные изменения указанных параметров, демонстрирующие снижение равновесия тела (рис. 2). Хотя различия между группами не являются значимыми, отмечается тенденция к более выраженному нарушению вертикального баланса у детей, не занимающихся спортом.



а) б)

Рис. 2. Примеры графического отображения движений общего центра масс тела (ОЦМТ) ребенка Г., 8 лет, занимающегося спортом (статокинезиограмма, качество функции равновесия, облако векторов): а) в спокойной стойке; б) в стойке на цыпочках
Примечание: a – угол направления колебаний; S – площадь статокинезиограммы

При анализе медианных и квартильных показателей углов колебаний α общего центра масс тела в тестах «спокойная стойка» не было выявлено значимых различий между группами детей в величинах отклонений осей колебаний от срединной линии. В указанном положении отмечалась тенденция к левостороннему отклонению угла α как у спортсменов, так и у неспортсменов, что может быть обусловлено преимущественным однонаправленным смещением их ОЦМТ в сторону левой нижней конечности. В тестах «стойка на цыпочках», вследствие ее нестабильности, у обследованных детей было зафиксировано увеличение отклонений углов α от срединной оси. При этом в группе спортсменов на фоне значимого возрастания квартильных составляющих (F=0,41, P-value=0,046) угла α его медианный показатель практически не изменился, то есть колебания главным образом сохранили свою сагиттальную направленность. У детей, не занимающихся спортом, в указанном положении было выявлено более выраженное нарушение стабильности баланса, что демонстрировалось большей степенью увеличения квартильных составляющих (F=0,42, P-value=0,048) угла α наряду с резким левосторонним смещением медианного показателя. В этом случае ориентация колебаний ОЦМТ приобрела преимущественно фронтальную направленность, что является свидетельством менее стабильного равновесия.

В группе детей-спортсменов в спокойной стойке при повышении скорости общего центра масс тела V наблюдается с высокой вероятностью (r_s=0,76) увеличение площади колебаний S в допустимых для организма пределах. При этом вертикальный баланс сохраняет самодостаточность, так как для реализации его стабильности не требуется подключения каких-либо дополнительных механизмов уравновешивания легких отклонений ОЦМТ. Организм спортсменов не нуждается в инициации вспомогательных процессов балансировки, например резкого изменения направления колебательных движений тела. Поэтому при повышении скорости ОЦМТ у отдельных представителей указанной группы происходит снижение (r_s=-0,56) КРИНД, что может быть обусловлено компенсаторным снижением энергетических затрат по обеспечению вертикального положения тела. Иная картина наблюдается у детей, не занимающихся спортом, у которых в спокойной стойке уровень постурального равновесия по совокупности параметров значительно ниже, чем у сверстников-спортсменов. В указанной группе детей при повышении скорости колебаний общего центра масс тела V отмечается увеличение площади колебаний S, однако с меньшей силой корреляционной связи по сравнению со спортсменами (r_s=0,70). Это можно объяснить тем, что при недостаточно стабильном вертикальном балансе организм ребенка не

может беспредельно увеличивать амплитуду отклонений ОЦМТ и площадь колебаний S тела во избежание падения. В связи с этим для предотвращения избыточных отклонений ОЦМТ в опорно-двигательном аппарате инициируется вспомогательный процесс балансировки путем легкого увеличения (r_s=0,21) количества резких изменений направления колебательных движений тела, что проявляется повышением КРИНД.

Положение «стойка на цыпочках» для обеих групп обследованных детей с точки зрения биомеханики кинематических цепей опорно-двигательного аппарата является неустойчивым. Кроме того, в указанном положении уменьшается поток полезной афферентной информации со стороны подошвенных рецепторов стоп, так как пятки ребенка не касаются поверхности опоры. Это приводит к снижению соматосенсорной чувствительности системы постурального контроля, вследствие чего увеличивается амплитуда колебаний тела, что требует компенсаторного повышения мышечной активности путем увеличения энергетических затрат организма [10]. Ввиду этого в стойке на цыпочках для обеих групп детей характерно быстрое маятникообразное раскачивание тела, чтобы уравновесить нестабильность кинематических цепей и возместить снижение соматической чувствительности. В условиях неустойчивого равновесия у спортсменов отмечается повышение скорости колебаний общего центра масс тела V, что приводит к увеличению площади колебаний S (r_s=0,84). Для упреждения чрезмерных отклонений ОЦМТ постуральная система активизирует предохранительный механизм, направленный на ограничение колебаний тела, что сопровождается выраженным увеличением количества резких изменений направления его движений (r_s=0,70). Это демонстрируется повышением показателя КРИНД. Таким образом, постуральная стратегия детей-спортсменов может считаться оптимальной: четкая скоординированность отклонения ОЦМТ и смещений центров давления нижних конечностей, преимущественно сагиттальная направленность колебаний угла α, активация компенсаторного механизма ограничения избыточной скорости ОЦМТ за счет резкого изменения направлений его движений.

У детей, не занимающихся спортом, положение на цыпочках из-за его неустойчивости также приводит к повышению скорости общего центра масс тела V, величина которой в еще большей степени коррелирует с увеличением площади колебаний S статокинезиограмм (r_s=0,90) по сравнению со сверстниками-спортсменами. В таких условиях сниженной вертикальной стабильности организму ребенка необходимо подключение дополнительных механизмов уравновешивания выраженных отклонений ОЦМТ. Однако у этих детей, в отличие от спортсменов, не инициируется вспомогательный процесс оптимизации балансировки, заключающийся в резком изменении направлений движений тела. Поэтому при повышении скорости ОЦМТ у детей наблюдается процесс субкомпенсации – уменьшение количества корректирующих движений ОЦМТ (r_s=-0,46), что проявляется снижением показателя КРИНД. Поэтому в настоящем исследовании для обеспечения стойки на цыпочках у детей, не занимающихся спортом, был активизирован иной вспомогательный механизм стабилизации баланса. Его реализация заключалась в изменении направленности колебаний общего центра масс тела *a* с сагиттального в преимущественно фронтальный. В такой ситуации постуральная система обеспечивает повышение стабильности опорно-двигательного аппарата, однако при этом от организма ребенка требуются повышенные энергетические затраты. Таким образом, у детей, не занимающихся спортом, обнаруживаются проявления дисфункции статокинетической системы с признаками субкомпенсации: рассогласованность отклонения общего центра масс тела и смещений центров давления нижних конечностей, фронтализация направленности колебаний угла *α*. Рассмотренные в настоящей работе аспекты закономерностей и особенностей механизмов адаптации организма детей младшего школьного возраста к повышенным физическим нагрузкам отвечают

важнейшим задачам современной спортивной медицины.

Заключение. Метод стабилометрической экспресс-диагностики выявил у детей-спортсменов младшего школьного возраста более высокую степень вертикальной устойчивости по сравнению со сверстниками, не занимающимися спортом. Это обусловлено тем, что систематические адекватные возрасту повышенные физические нагрузки способствуют формированию у спортсменов оптимальной постуральной стратегии. У детей, не занимающихся спортом, наоборот, обнаружены проявления дисфункции статокинетической системы с признаками субкомпенсации. Стабилометрический экспресс-метод инструментальной диагностики является информативным, удобным и простым для анализа функционального состояния опорно-двигательного аппарата у юных спортсменов и изучения механизмов адаптации детского организма к повышенным физическим нагрузкам.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Финансирование. Исследование выполнено в рамках государственного задания Минздрава России (№ 1023030700030-9-3.2.10).

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Financing. The study was performed as a part of the state assignment of the Ministry of Health of the Russian Federation (№ 1023030700030-9-3.2.10).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Liang, Y. The effect of contact sport performance level on postural control / Y. Liang, M. Hiley, K. Kanosue // PLoS ONE. – 2019. – Vol. 14. – № 2. – P. e0212334. DOI: 10.1371/journal.pone.0212334.
2. Никитюк, И.Е. Сравнительный анализ моторной асимметрии у школьников 7-10 лет, занимающихся и не занимающихся спортом / И.Е. Никитюк // Научное обозрение. Медицинские науки. – 2024. – № 3. – С. 37–42. DOI: 10.17513/srms.1402.
3. Физиологическое обеспечение точности и координации движений в условиях неустойчивого равновесия и подвижной цели (на примере ударов в спортивном карате) / Л.В. Капилевич, Ф.А. Гужов, Ю.П. Бредихина, А.А. Ильин // Теория и практика физической культуры. – 2014. – № 12. – С. 22-24.
4. Физиологические характеристики техники выполнения баллистических ударных движений у спортсменов / М.Б. Ложкина, С.Н. Неупокоев, С.Г. Кривощеков, Л.В. Капилевич // Физиология человека. – 2020. – Т. 46. – № 2. – С. 47–62. DOI: 10.31857/S0131164620020083.
5. Tanabe, H. Joint Coordination and Muscle Activities of Ballet Dancers During Tiptoe Standing / H. Tanabe, K. Fujii, M. Kouzaki // Motor Control. – 2017. – Vol. 21. – № 1. – P. 72–89. DOI: 10.1123/mc.2015-0002.
6. Schorderet, C. The role of the dominant leg while assessing balance performance. A systematic review and meta-analysis / C. Schorderet, R. Hilfiker, L. Allet // Gait Posture. – 2021. – № 84. – P. 66–78. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2020.11.008.
7. EMG Based Analysis of Gait Symmetry in Healthy Children / K. Daunoraviciene, J. Ziziene, J. Pauk [et al] // Sensors. – 2021. – Vol. 21. – № 17. – P. 5983. DOI: 10.3390/s21175983.
8. Center of pressure and center of mass behavior during gait initiation on inclined surfaces: A statistical parametric mapping analysis / M.F. Vieira, A.A. Junior de Brito, G.C Lehnen, F.B. Rodrigues // J Biomech. – 2017. – Vol. 3. – № 56. – P. 10–18. DOI: 10.1016/j.jbiomech. 2017.02.018.
9. Striking a balance in sports: the interrelation between children's sports experience, body size, and posture / P. Bhati, T.C.K. Cheung, G. Sithamparanathan, M.A. Schmuckler // AIMS Neurosci. – 2022. –Vol. 9. – № 2. – P. 288–302. DOI: 10.3934/Neuroscience.2022016.
10. Tanabe, H. Large postural fluctuations but unchanged postural sway dynamics during tiptoe standing compared to quiet standing / H. Tanabe, K. Fujii, M. Kouzaki // J Electromyogr Kinesiol. – 2012. – Vol. 22. – № 6. – P. 975–982. DOI: 10.1016/j.jelekin.2012.05.006.

REFERENCES

1. Liang Y., Hiley M., Kanosue K. The effect of contact sport performance level on postural control. *PLoS ONE*, 2019, vol. 14, no. 2, pp. e0212334. DOI: 10.1371/journal.pone.0212334.
2. Nikityuk I.E. Comparative analysis of motor asymmetry in schoolchildren aged 7-10 years, engaged and not engaged in sports. *Scientific review. Medical sciences*, 2024, no. 3, pp. 37–42. DOI: 10.17513/srms.1402. (in Russ.)

3. Kapilevich L.V., Guzhov F.A., Bredikhina Yu.P., Il'in A.A. Physiological mechanisms to ensure accuracy and coordination of movements under conditions of unstable equilibrium and moving target (the case of strikes in sports karate). *Theory and Practice of Physical Culture*, 2014, no. 112, pp. 22–24. (in Russ.)
4. Lozhkina M.B., Neupokoev S.N., Krivoshchekov S.G., Kapilevich L.V. Physiological parameters of the performance of ballistic punch movements in athletes. *Human Physiology*, 2020, vol. 46, no. 2, pp. 47–62. DOI: 10.31857/S0131164620020083 (in Russ.)
5. Tanabe H., Fujii K., Kouzaki M. Joint Coordination and Muscle Activities of Ballet Dancers During Tiptoe Standing. *Motor Control*, 2017, vol. 21, no. 1, pp. 72–89. DOI: 10.1123/mc.2015-0002.
6. Schorderet C., Hilfiker R., Allet L. The role of the dominant leg while assessing balance performance. A systematic review and meta-analysis. *Gait Posture*, 2021, no. 84, pp. 66–78. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2020.11.008.
7. Daunoraviciene K., Ziziene J., Pauk J., Juskiene G., Raistenskis J. EMG Based Analysis of Gait Symmetry in Healthy Children. *Sensors*, 2021, vol. 21, no. 17, pp. 5983. DOI: 10.3390/s21175983.
8. Vieira M.F., de Brito A.A. Junior, Lehnen G.C., Rodrigues F.B. Center of pressure and center of mass behavior during gait initiation on inclined surfaces: A statistical parametric mapping analysis. *J Biomech*, 2017, vol. 3, no. 56, pp. 10–18. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2017.02.018.
9. Bhati P., Cheung T.C.K., Sithamparanathan G., Schmuckler M.A. Striking a balance in sports: the interrelation between children's sports experience, body size, and posture. *AIMS Neurosci*, 2022, vol. 9, no. 2, pp. 288–302. DOI: 10.3934/Neuroscience.2022016.
10. Tanabe H., Fujii K., Kouzaki M. Large postural fluctuations but unchanged postural sway dynamics during tiptoe standing compared to quiet standing. *J Electromyogr Kinesiol*, 2012, vol. 22, no. 6, pp. 975–982. DOI: 10.1016/j.jelekin.2012.05.006.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Игорь Евгеньевич Никитюк – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физиологических и биомеханических исследований, Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера, Санкт-Петербург, e-mail: femtotech@mail.ru, ORCID: 0000-0001-5546-2729.
Маргарита Владимировна Савина – кандидат медицинских наук, руководитель лаборатории физиологических и биомеханических исследований, Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера, Санкт-Петербург, e-mail: drevma@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-8225-3885.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Igor E. Nikityuk – Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher of the Laboratory of Physiological and Biomechanical Research, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, Saint Petersburg, e-mail: femtotech@mail.ru, ORCID: 0000-0001-5546-2729.
Margarita V. Savina – Candidate of Medical Sciences, Head of the Laboratory of Physiological and Biomechanical Research, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, Saint Petersburg, e-mail: drevma@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-8225-3885.

Для цитирования: Никитюк, И.Е. Экспресс-диагностика стабилометрических параметров у юных спортсменов в условиях неустойчивого равновесия / И.Е. Никитюк, М.В. Савина // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_27

For citation: Nikityuk I.E., Savina M.V. Express diagnostics of stabilometric parameters in young athletes in unstable equilibrium conditions. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_27

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_28
УДК 796.012

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_28
UDC 796.012

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СТУДЕНТОВ ТРАНСПОРТНОГО ВУЗА

А.В. Кокшаров, Э.В. Кладов, А.С. Мартынова
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный университет путей сообщения», г. Омск, Россия

Аннотация. Цель исследования – совершенствование методики контроля физической подготовленности студентов транспортного вуза посредством разработки новой шкалы оценки показателей развития физических качеств и комплексной оценки физической подготовленности студентов транспортного вуза. Определены количественные значения показателей развития физических качеств современных студентов, разработана девятибалльная шкала оценки показателей развития физических качеств, предложены критерии комплексной оценки и трехуровневая классификация индивидуальной физической подготовленности студентов. В результате повысилась эффективность тестирования за счет увеличения диапазона оцениваемых показателей и точности оценки.
Ключевые слова: показатели тестирования, физические качества, студенты транспортного вуза, комплексная оценка, физическая подготовленность, девятибалльная шкала.

IMPROVING THE METHODOLOGY FOR MONITORING THE PHYSICAL FITNESS OF STUDENTS OF A TRANSPORT UNIVERSITY

A.V. Koksharov, E.V. Kladov, A.S. Martynova
Omsk State Transport University, Omsk, Russia

Abstract. The purpose of the study is to improve the methods of monitoring the physical fitness of students of a transport university by developing a new scale for assessing the development of physical qualities and a comprehensive assessment of the physical fitness of students of a transport university. The authors have identified quantitative values of indicators of the development of physical qualities of modern students, developed a nine-point scale for assessing indicators of the development of physical qualities, and proposed criteria for a comprehensive assessment and a three-level classification of individual physical fitness of students. As a result, the testing effectiveness has increased by increasing the range of estimated indicators and the assessment's accuracy.
Keywords: testing indicators, physical qualities, students of a transport university, comprehensive assessment, physical fitness, nine-point scale.

Введение. Трудно переоценить значение физического воспитания в системе подготовки молодых специалистов. Развитие физических качеств и освоение двигательных навыков, необходимых для успешной профессиональной и учебной деятельности – одна из основных задач, решаемых на занятиях по элективным дисциплинам по физической культуре и спорту. Несмотря на прилагаемые усилия, снижение двигательной активности, связанное с научно-техническим процессом, а также эпидемиологические ограничения последних лет отрицательно сказываются на состоянии здоровья и физической подготовленности современной молодежи [1-4].

Ранее проведенный нами исследовательский анализ результатов промежуточного тестирования физической подготовленности студентов транспортного вуза показал, что, несмотря на удовлетворительные средние показатели, значительная часть студентов не справляется с существующими контрольными упражнениями [5]. 22% студентов при выполнении теста «подтягивание из виса на высокой перекладине» и 18% в упражнении «прыжок в длину с места толчком двумя» не набирают даже 1 балл. При этом упражнение «подъем туловища из положения лежа на спине» 39% студентов выполняют на максимальные 5 баллов, т.е. значительная часть показателей

тестирования остается «не оцененной» или имеет недостаточно дифференцированную оценку, что снижает качество контроля и анализа уровня и динамики физической подготовленности студентов.

Многие студенты не выполняют контрольные упражнения до максимальных индивидуальных значений, а прекращают выполнение с показателями нижней границы диапазона оценки, доступной для них. Возможно, мотивация к достижению максимальных индивидуальных показателей у тестируемых повысилась бы при более дифференцированной шкале оценок.

Вышесказанное указывает на возникновение проблемной ситуации, связанной с необходимостью дальнейшего совершенствования методики контроля физической подготовленности студентов через разработку новых шкал оценки показателей развития физических качеств и комплексной оценки физической подготовленности студентов транспортного вуза.

Цель исследования – совершенствование методики контроля физической подготовленности студентов транспортного вуза посредством разработки новой шкалы оценки показателей развития физических качеств и комплексной оценки физической подготовленности студентов транспортного вуза, получение актуальной информации о количественных значениях показателей развития отдельных физических качеств и комплексной оценке физической подготовленности студентов транспортного вуза.

Методы и организация исследования. В исследовании использовались данные, полученные в процессе промежуточного тестирования студентов 1 и 2 курсов ОмГУПС в 2023-2024 учебном году. В тестировании приняли участие 134 юноши и 139 девушек основной медицинской группы с низким и средним уровнем двигательной активности [2]. Студенты, регулярно занимающиеся в спортивных секциях, в исследовании не участвовали. Используемые контрольные упражнения и полученные средние арифметические результаты представлены в таблице 1. Все контрольные упражнения выполнялись в соответствии с методическими указаниями комплекса ГТО.

Таблица 1

Физическое развитие студентов основной медицинской группы с низким и средним уровнем двигательной активности

Тест / Пол	Наклон вперед из положения стоя на скамье, см	Поднимание туловища из положения лежа на спине, кол-во раз за 1 мин	Сгибание и разгибание рук в упоре лежа на полу, кол-во раз	Подтягивание из виса на высокой (девушки – из виса лежа на низкой 90 см) перекладине, кол-во раз	Прыжок в длину с места толчком двумя ногами, см	Сумма баллов 5 тестов по девятибалльной шкале
Юноши (n=134)	8,9±5,9	42,6±9,5	27,7±9,8	8,8±5,1	225,7±18,5	25,4±6,8
Девушки (n=139)	14,8±5,8	36,3±8,9	6,1±4,1	6,6±3,6	169,6±20,9	25,4±6,5

Методы исследования: теоретический анализ научно-методической литературы, педагогическое наблюдение и тестирование, методы математической статистики (среднее арифметическое, стандартное квадратическое отклонение). Оценка нулевой гипотезы о подчинении исследуемых выборок нормальному закону Гаусса проводилась по коэффициентам асимметрии и эксцесс для этих выборок. Коэффициенты As и Es сравнивались с критическими значениями для уровня значимости ά=5% и объемов выборок n=134 (юноши) и n=139 (девушки). Расчеты показали соответствие исследуемых выборок закону нормального распределения.

Результаты исследования и их обсуждение. Для повышения точности и расширения диапазона оцениваемых показателей необходима разработка новой шкалы оценок. Существующая пятибалльная шкала не в полной мере отражает объективную картину уровня развития тестируемых физических качеств. Исполь-

зуемые авторами 100-балльные шкалы, в том числе перцентильные, не всегда оптимальны, слишком громоздки и увеличивают время обработки результатов [3, 4]. Поэтому была выбрана девятибалльная шкала оценок [6]. Это стандартная шкала, связанная с нормальным распределением, среднему уровню показателей соответствует оценка 5 (табл. 2-4). В разработанной шкале расчетные нижние границы оценки «1» в таких тестах, как «подтягивание» у юношей и девушек, а также «сгибание и разгибание рук» у девушек, были скорректированы до одного повторения.

Таблица 2

Градация оценок разработанных девятибалльных шкал на основе средних значений и стандартных отклонений

Оценка в баллах	Границы оценки
1	до $\bar{x}$ - 1,75σ
2	до $\bar{x}$ - 1,25σ
3	до $\bar{x}$ - 0,75σ
4	до $\bar{x}$ - 0,25σ
5	до $\bar{x}$ + 0,25σ
6	до $\bar{x}$ + 0,75σ
7	до $\bar{x}$ + 1,25σ
8	до $\bar{x}$ + 1,75σ
9	от $\bar{x}$ + 1,75σ

Таблица 3

Шкала оценок показателей тестирования студентов основной медицинской группы с низким и средним уровнем двигательной активности

№ п/п	Содержание контрольных тестов	Оценка в баллах								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Наклон вперед из положения стоя на гимнастической скамье, см	-2	0	2	5	7	10	12	15	18
2	Поднимание (сед.) и опускание туловища из положения лежа на спине, кол-во раз за 1 мин	20	27	31	36	40	44	49	53	58
3	Сгибание и разгибание рук в упоре лежа на полу, кол-во раз	6	11	16	21	25	30	35	40	45
4	Подтягивание из виса на высокой перекладине, кол-во раз	1	2	3	5	8	10	13	15	18
5	Прыжки в длину с места толчком двумя ногами, см	184	193	203	212	221	230	240	250	260

Таблица 4

Шкала оценок показателей тестирования студенток основной медицинской группы с низким и средним уровнем двигательной активности

№ п/п	Содержание контрольных тестов	Оценка в баллах								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Наклон вперед из положения стоя на гимнастической скамье, см	0	4	7	10	13	16	19	22	25
2	Поднимание (сед.) и опускание туловища из положения лежа на спине, кол-во раз за 1 мин	16	21	25	30	34	39	43	47	52
3	Сгибание и разгибание рук в упоре лежа на полу, кол-во раз	1	2	3	4	5	7	9	11	13
4	Подтягивание из виса лежа (высота перекладины – 90 см), кол-во раз	1	2	3	4	6	7	9	11	13
5	Прыжки в длину с места толчком двумя ногами, см	123	133	143	154	164	175	185	196	206

Использование новой девятибалльной шкалы позволило повысить точность оценки показателей тестирования, значительно снизило количество студентов, не набравших даже одного балла при тестировании уровня развития силы и силовой выносливости мышц плечевого пояса и скоростно-силовых качеств (рис. 1, 2). Это способствовало повышению эффективности педагогического контроля в процессе физической подготовки студентов к будущей профессиональной деятельности.

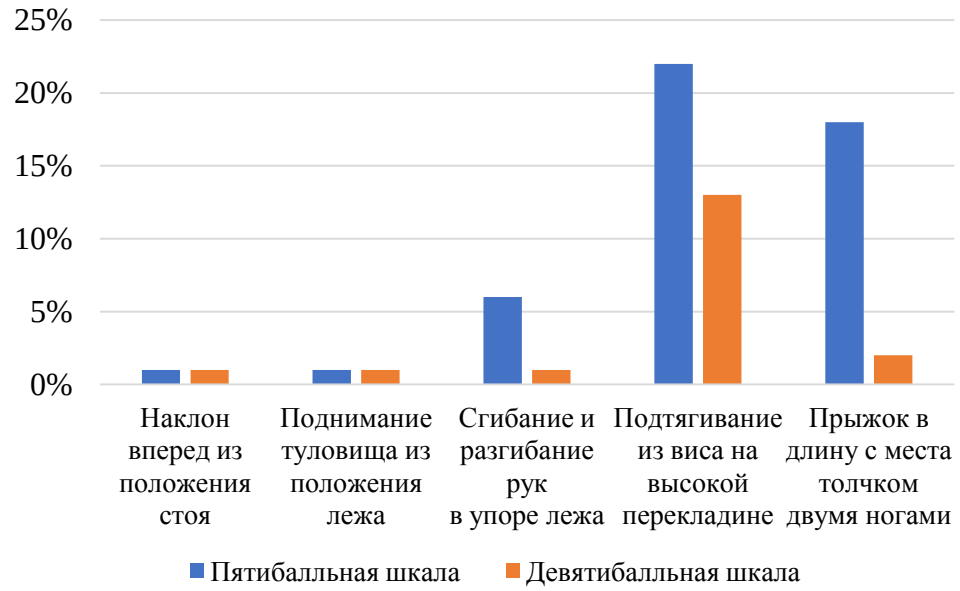


Рис. 1. Доля студентов-юношей, не набравших ни одного балла по видам испытаний, по пятибалльной и девятибалльной шкале

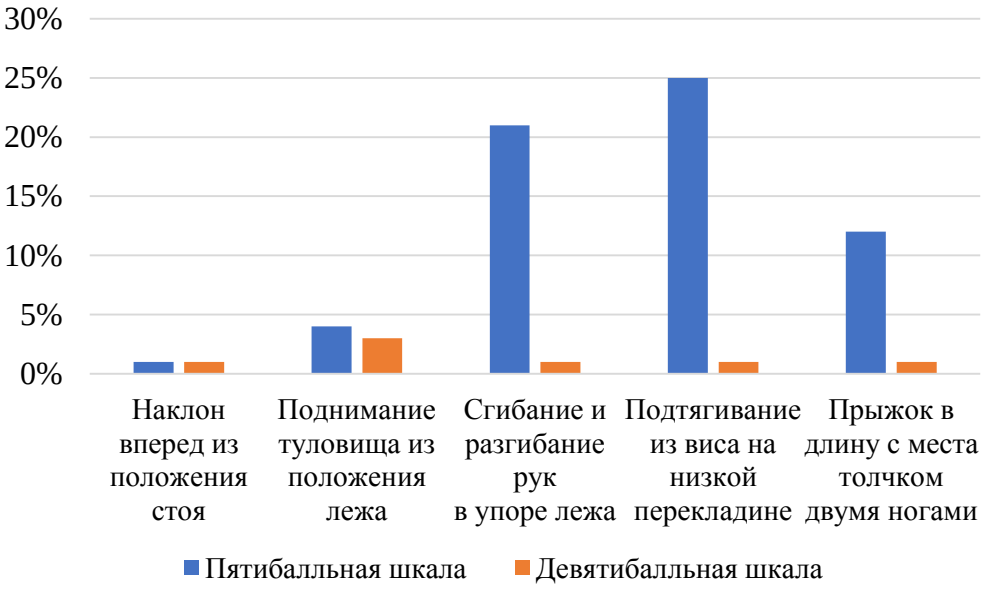


Рис. 2. Доля студенток, не набравших ни одного балла по видам испытаний, по пятибалльной и девятибалльной шкале

Несмотря на сокращение количества студентов, не имеющих оценок показателей развития отдельных физических качеств, в упражнении «подтягивание из виса на высокой перекладине» 13% юношей по-прежнему не смогли выполнить задание даже на 1 балл. Данная категория студентов не может подтянуться из виса на высокой перекладине даже один раз, что свидетельствует о низком уровне развития силы мышц плечевого пояса и сгибателей рук.

Далее были разработаны критерии комплексной оценки физической подготовленности по сумме баллов пяти тестов.

Предложена трехуровневая классификация физической подготовленности. Рассчитывались средние арифметические комплексных показателей и стандартные отклонения (суммы баллов пяти тестов) для юношей и девушек. Показатели, находящиеся в оптимальном диапазоне ($\bar{x}\pm0,5\sigma$), соответствуют среднему, а выше и ниже – высокому и низкому уровню физической подготовленности студентов (табл. 5).

Таблица 5

Распределение студентов по уровню физической подготовленности

Уровень физической подготовленности	Юноши (n=134)	Девушки (n=139)
Высокий (>29 баллов)	27%	29%
Средний (22-29 баллов)	52%	45%
Низкий (<22 баллов)	21%	26%

Заключение. Усовершенствованная методика контроля физической подготовленности студентов транспортного высшего учебного заведения с использованием девятибалльной шкалы оценки показателей тестирования и комплексной оценки физической подготовленности позволила повысить точность и диапазон оцениваемых показателей развития физических качеств, а также классифицировать студентов по уровню физической подготовленности.

Определены современные количественные значения показателей развития физических качеств студентов транспортного вуза. Полученные данные могут быть использованы в дальнейших научных исследованиях, практической работе преподавателей вузов и самостоятельных занятиях студентов.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Динамика физического здоровья и личностных характеристик студентов за период 2012-2024 гг. / Т.Т. Щелина, С.П. Акутина, С.В. Михайлова [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8. – № 4(30). – С. 172–180. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_04_19

2. Горская, И.Ю. Сравнительный анализ показателей физического развития и подготовленности у студентов с разным уровнем двигательной активности / И.Ю. Горская, О.В. Крживецкая, А.Н. Нефедченко // Современные вопросы биомедицины. – 2023. – Т. 7. – № 1. – С. 243–248. DOI: 10.51871/2588-0500_2023_07_01_30

3. Влияние мотивации на результаты студентов при оценке их физической подготовленности / С.П. Мещеряков, Н.В. Зырянова, Н.В. Титушина, Л.П. Мещерякова // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2021. – № 2 (192). – С. 195–202.

4. Кокшаров А.В. Обоснование модельного уровня развития физических качеств студентов технического вуза с использованием перцентильных шкал / А.В. Кокшаров // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2019. – № 1 (167). – С. 162–166.

5. Кокшаров А.В. Анализ результатов тестирования гибкости и силовых качеств студентов транспортного вуза / А.В. Кокшаров // Актуальные проблемы развития и совершенствования системы физического воспитания для подготовки специалистов в транспортной отрасли: Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции. М., 2024. – С. 103–108.

6. Зациорский В.М. Основы спортивной метрологии / В.М. Зациорский. – М.: Физкультура и спорт, 1982. – С. 32–35.

REFERENCES

1. Shchelina T.T., Akutina S.P., Mikhajlova S.V., Sidorova T.V., Polyakova T.A. Changes in physical health and personal traits of students in 2012-2024. *Modern Issues of Biomedicine*, 2024, vol. 8, no. 4(30), pp. 172–180. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_04_19 (in Russ.)

2. Gorskaya I.Yu., Krizhivetskaya O.V., Nefedchenko A.N. Comparative analysis of the physical development and fitness indicators of students with different level of motor activity. *Modern Issues of Biomedicine*, 2023, vol. 7, no. 1, pp. 243–248. DOI: 10.51871/2588-0500_2023_07_01_30 (in Russ.)

3. Meshcheryakov S.P., Zyryanova N.V., Titushina N.V., Meshcheryakova L.P. The influence of motivation on students' results in assessing their physical fitness. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2021, vol. 192, no. 2, pp. 195-202. (in Russ.)
4. Koksharov A.V. Substantiation of the model level of development of physical qualities of technical university students using percentile scales. *Scientific Notes of P.F. Lesgaft University,* 2019, vol. 167, no. 1, pp. 162–166. (in Russ.)
5. Koksharov A.V. Analysis of the results of testing flexibility and strength qualities of students of a transport university. Actual problems of development and improvement of the physical education system for training specialists in the transport industry: Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference, Moscow, 2024, p. 103–108. (in Russ.)
6. Zatsiorskij V.M. Fundamentals of sports metrology. Moscow: Fizicheskaya kul'tura i sport, 1982. pp. 32–35. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Андрей Валериевич Кокшаров – доцент кафедры физического воспитания и спорта, Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), Омск, e-mail: ak2nite@rambler.ru.
Эдуард Владимирович Кладов – доцент кафедры физического воспитания и спорта, Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), Омск, e-mail: edboxing@mail.ru.
Анна Сергеевна Мартынова – доцент кафедры физического воспитания и спорта, Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), Омск, e-mail: anna_omsk81@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Andrej V. Koksharov – Associate Professor of the Department of Physical Education and Sports, Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, e-mail: ak2nite@rambler.ru.
Eduard V. Kladov – Associate Professor of the Department of Physical Education and Sports, Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, e-mail: edboxing@mail.ru.
Anna S. Martynova – Associate Professor of the Department of Physical Education and Sports, Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, e-mail: anna_omsk81@mail.ru.

Для цитирования: Кокшаров, А.В. Совершенствование методики контроля физической подготовленности студентов транспортного вуза / А.В. Кокшаров, Э.В. Кладов, А.С. Мартынова // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_28

For citation: Koksharov A.V., Kladov E.V., Martynova A.S. Improving the methodology for monitoring the physical fitness of students of a transport university. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_28

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_29
УДК 796.332

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_29
UDC 796.332

МЕТОДИКА РАЗВИТИЯ КООРДИНАЦИОННЫХ СПОСОБНОСТЕЙ ФУТБОЛИСТОВ 8-9 ЛЕТ, НАПРАВЛЕННАЯ НА СНИЖЕНИЕ ВЫРАЖЕННОСТИ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АСИММЕТРИИ

Г.С. Баймаков
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет физической культуры и спорта», г. Омск, Россия

Аннотация. Цель исследования – разработка методики, обеспечивающей снижение выраженности двигательной асимметрии при одновременном развитии координационных способностей у юных спортсменов. Применение предложенной методики привело к следующим изменениям: улучшение уровня координационной подготовки по критериям пространственной ориентации, равновесия и точности движений; повышение реактивности и способности перестраивать действия (как для ведущей, так и неведущей стороны тела); уменьшение проявления двигательной асимметрии во время выполнения координационных заданий; снижение асимметрии при выполнении технических действий и стандартных комбинаций (низкой сложности); уменьшение риска получения травм. Эффективность данного подхода проявляется в снижении уровней двигательной асимметрии и росте показателей координационной подготовки со стороны как «ведущей», так и «неведущей» частей тела.
Ключевые слова: футбол, юные футболисты, координационные способности, средства координационной подготовки, двигательная асимметрия.

METHOD OF DEVELOPING COORDINATION ABILITIES IN 8-9-YEAR-OLD SOCCER PLAYERS AIMED AT REDUCING THE SEVERITY OF MOTOR ASYMMETRY

G.S. Bajmakov
Siberian State University of Physical Culture and Sports, Omsk, Russia

Abstract. The purpose of the study is to develop a methodology that ensures a decrease in the severity of motor asymmetry while simultaneously developing coordination abilities in young athletes. The application of the proposed methodology led to the following changes: improvement in the level of coordination training according to the criteria of spatial orientation, balance and movement precision; improved reactivity and the ability to restructure actions (for both the leading and non-leading sides of the body); decreased manifestation of motor asymmetry during the performance of coordination tasks; reduction of asymmetry when performing technical actions and standard combinations (low complexity); reduction of the risk of injury. The effectiveness of this approach is manifested in the reduction of motor asymmetry levels and the growth of coordination training indicators for both the “leading” and “non-leading” parts of the body.
Keywords: soccer, young soccer players, coordination abilities, means of coordination training, motor asymmetry.

Введение. Аспекты физической подготовки футболистов в настоящее время достаточно основательно проработаны в исследовательском поле, однако невысокий рейтинг российских футбольных команд на международном уровне обусловливает дальнейший поиск резервов повышения качества подготовки, что особенно применительно к ранним этапам подготовки, так как именно на этих этапах выстраивается правильный вектор спортивной карьеры. Дальнейшее наращивание объемов и интенсивности предъявляемых физических нагрузок не имеет смысла, что обусловлено уже достигнутыми околопредельными величинами этих нагрузок в сфере подготовки спортсменов. Перспективным направлением является поиск более точных, целевых решений повышения качества подготовки, и многие исследователи связывают дальнейший прогресс в развитии футбола с обоснованием содержания

координационной подготовки, определяя высокий уровень координационных способностей одним из ведущих критериев успешного прогноза повышения спортивных результатов [1-5].

Следует отметить, что в значительном количестве научных публикаций авторы, исследуя показатели технической, физической и координационной подготовленности футболистов, включают в программу тестирования выполнение тестового задания правой и левой ногой, что подтверждает значимость двусторонней подготовки спортсменов в футболе [6-8]. В исследовании М.О. Руденко, А.П. Золотарева (2019), посвященном обоснованию методики начального обучения техническим действиям футболистов, доказывается эффективность равноценного симметричного подхода при освоении новых элементов правой и левой ногой [7]. Б.Г. Чирва, В.С. Козлов, Е.С. Змиевская (2019), анализируя эффективность действий всемирно известного выдающегося футболиста современности Л. Месси, имеющего левую доминирующую ногу, отмечают, что «в будущем игрок высокого класса обязан уметь одинаково хорошо оперировать мячом правой и левой ногой» [9]. Попытки реализовать «двустороннюю» подготовку юных спортсменов предпринимались исследователями и практиками, что отражено в отдельных работах [6, 8, 9, 10], однако преимущественно направляли внимание на скоростно-силовую и техническую подготовку, в публикациях прослеживается отсутствие научно-методического обоснования содержания такой технологии применительно к координационной подготовке в футболе.

Цель данного исследования – изучение возможности снижения выраженности двигательной асимметрии в процессе реализации методики развития ведущих координационных способностей футболистов 8-9 лет.

Методы и организация исследования. В эксперименте участвовали 47 футболистов 8-9 лет (группы начальной подготовки 2-го года обучения). Предварительно у всех испытуемых определен тип межполушарной асимметрии с расчетом коэффициента асимметрии по методике Н.Н. Брагиной, Т.А. Доброхотовой (1988) [11]. Методы исследования: тестирование, педагогический эксперимент, статистическая обработка. Фиксировались показатели среднегрупповых значений, стандартного квадратичного отклонения, оценка соответствия распределению данных в выборках закону нормального распределения (тест Шапиро-Уилка), оценка достоверности различий между показателями в связных выборках на разных этапах эксперимента и в несвязанных выборках на одном этапе эксперимента с применением Т-критерия Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение. В данной статье представлены результаты апробирования методики развития ведущих координационных способностей, одним из основных направлений которой являлось акцентированное внимание на обеспечение равноценного двустороннего воздействия с целью повышения качества владения ведущей и неведущей конечностью футболистов групп начальной подготовки. Структурно-содержательная схема разработанной методики кратко отражена на рисунке 1.

Разработанная методика подразумевала интеграцию разработанного подхода в систему физической и технической подготовки юных футболистов, при этом сохраняя основные цели тренировочного процесса, заложенные в программе подготовки по футболу.

Реализация разработанной методики и ее встраивание в тренировочный процесс происходили поэтапно (рис. 2). Каждый из этапов продолжался два месяца, позволяя обеспечить постепенное освоение предлагаемых средств координационной подготовки по принципу сохранения приоритета ведущей стороны тела, то есть сначала добиваясь качественного выполнения ведущей конечностью/стороной тела, затем переходя к неведущей, что позволяло нивелировать риск искажения техники выполнения движения, а также снизить психомоторное напряжение, что является известным фактом отрицательных эффектов агрессивного двигательного «переучивания».

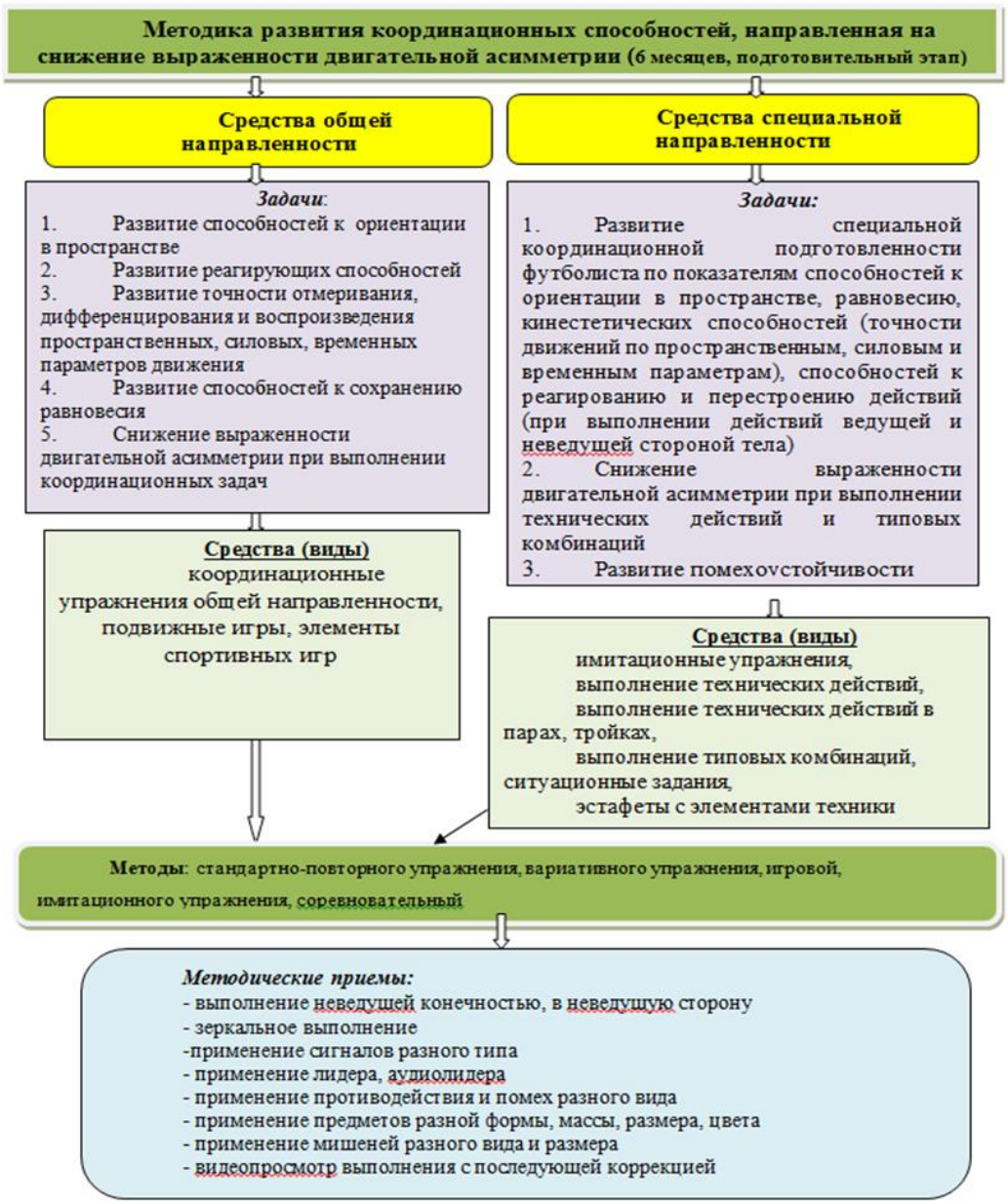


Рис. 1. Схема содержания методики развития координационных способностей, направленной на снижение выраженности двигательной асимметрии, предназначенной для начинающих футболистов 8-9 лет

Применение данной методики запланировано на шесть месяцев. Занятия, основанные на разработанном подходе, проводились в подготовительной и основной частях каждой тренировки (при четырех тренировках в неделю) и занимали около одной четвертой части общего времени тренировки (примерно 20-25 минут из 90).

Результаты анализа эффектов от внедрения и апробации разработанной методики в подготовке юных футболистов позволяют свидетельствовать о выраженных на достоверно значимом уровне приростах в большинстве исследуемых показателей как общей, так и специальной координационной подготовленности в экспериментальной группе (табл. 1,2). Для примера, сравнительный анализ результатов эксперимента позволил установить достоверно значимое повышение показателей, отражающих общую координационную подготовленность: в показателях, оценивающих темпо-ритмовые характеристики движения, прирост составил в ЭГ: ведущая конечность – 8,18%, неведущая – 12,21%, в КГ: ведущая конечность – 2,33%, неведущая – 1,16%. В показателях, характеризующих способность к сохранению равновесия при выполнении теста

проба Ромберга, поза «Аист», прирост составил в ЭГ: ведущая конечность – 75,61%, неведущая – 127,59%, в КГ: ведущая конечность – 7,32%, неведущая – 10,71%.

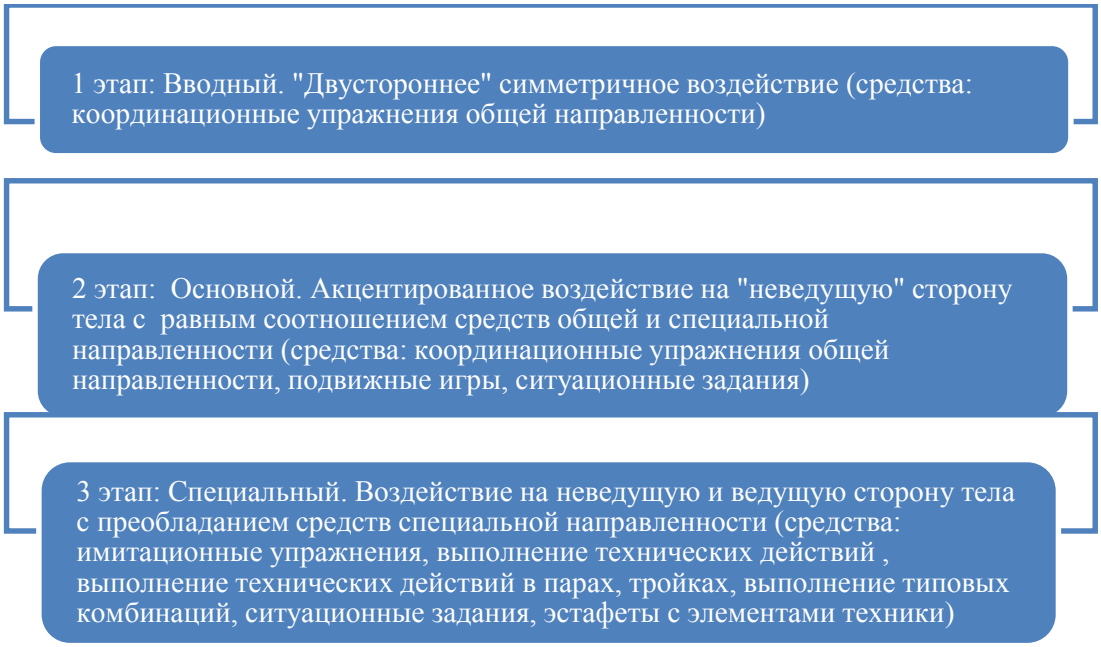


Рис. 2. Этапы реализации методики развития координационных способностей, направленной на снижение выраженности двигательной асимметрии, предназначенной для начинающих футболистов

Таблица 1

Уровень общей координационной подготовленности и выраженность двигательной асимметрии (%) футболистов 8-9 лет после педагогического эксперимента

Показатели		Экспериментальная группа		Контрольная группа	
		$\bar{x}$±σ	Выраженность двигательной асимметрии	$\bar{x}$±σ	Выраженность двигательной асимметрии
1		2	3	4	5
Время реакции на свет (нога), мс	ведущая	448,47±42,63	2,5%	453,71±68,21	4,8%
	неведущая	460,34±62,31		476,73±71,12	
Время реакции на звук (нога), мс	ведущая	401,65±43,48	3%	423,41±71,23	4,1%%
	неведущая	414,13±56,78		441,33±67,34	
Время реакции слежения, мс	ведущая	160,71±29,40	15,1%	170,17±26,38	17,8%
	неведущая	189,37±16,21		207,24±17,24*	
Точность воспроизведения заданной величины отрезков, ошибка, %	ведущая	15,7±2,38	3,1%	16,7±2,46	9,2%
	неведущая	16,2±3,12		18,4±2,77*	
Точность воспроизведения силовых и пространств. параметров движения (½ от макс. прыжка в длину на одной ноге, ошибка, см)	ведущая	11,5±2,1	14,1%	11,5±2,1	22,3%
	неведущая	13,4±1,91		14,8±1,88*	
Теппинг-тест, сумма за 60 с, кол-во раз	ведущая	396,66±57,12*	7,8%	382,46±51,52	12,9%
	неведущая	367,71±39,54*		338,67±46,11*	
Теппинг-тест, max, кол-во раз за 10 с	ведущая	81,35±12,02*	8,1%	74,37±11,09*	10,4%
	неведущая	75,22±11,48*		67,33±12,44*	
Проба Ромберга, пяточно-носочн. поза, с	ведущая	91,88±7,46*	6,3%	61,92±8,22*	9,7%
	неведущая	86,41±8,51*		56,44±9,36*	
Проба Ромберга, поза «Аист», с	ведущая	7,2±1,8*	9%	4,4±1,3*	41,9%
	неведущая	6,6±1,3*		3,1±0,6*	

Примечание: * – отмечены статистически значимые различия между результатами теста ЭГ и КГ ($p<0,05$)

Следует отметить, что достижение поставленной цели – снижение выраженности двигательной асимметрии – в целом хорошо просматривается по показателям специальных тестов, которые тесно связаны со спецификой соревновательных нагрузок (табл. 2). Полностью ликвидировать проявление асимметрии при выполнении специфичных для футболиста действий не представляется возможным, однако степень выраженности двигательной асимметрии в экспериментальной группе в среднем в два раза ниже, чем в группе контроля. Наблюдается следующая закономерность – более выражена асимметрия в сложных двигательных заданиях, которая сохраняется и после полугодового эксперимента, однако ее удалось значительно снизить, а в более простых заданиях приросты результатов тестирования по неведущей конечности выше, чем по ведущей, выраженность асимметрии достигла 10%.

Таблица 2

Уровень специальной координационной подготовленности и выраженность двигательной асимметрии (%) футболистов 8-9 лет после педагогического эксперимента

Показатели		Экспериментальная группа		Контрольная группа	
		$\bar{x}$±σ	Выраженность двигательной асимметрии	$\bar{x}$±σ	Выраженность двигательной асимметрии
1		2	3	4	5
Жонглирование (3 попытки, сумма), кол-во	ведущая	9,1±3,4	28,1%	8,8±4,3	54,4%
	неведущая	7,1±1,5		5,7±1,3*	
Удары по воротам 3х2 метров после ведения мяча (5 ударов), кол-во попаданий	ведущая	4,2±0,5	23,5%	3,9±0,2	56%
	неведущая	3,4±0,9		2,5±1,1*	
Удары по воротам 1 метр на расстоянии 8 метров (5 ударов), кол-во попаданий	ведущая	4,9±1,1	29%	3,9±1,1*	70%
	неведущая	3,8±1,1		2,3±1,3*	
Ведение мяча между фишек с последующем ударом по мячу, с	ведущая	5,8±0,2	10,7%	6,2±0,9*	16,2%
	неведущая	6,5±0,5		7,4±1,5*	
Передача мяча в цель (5 ударов), кол-во раз, метр	ведущая	3,9±1,1	77,2%	2,5±1,5*	177%
	неведущая	2,2±0,8		0,9±0,8*	
Ведение мяча по прямой, с	ведущая	5,1±0,2	10,5%	5,5±0,6*	22,5%
	неведущая	5,7±0,4		7,1±0,4*	

Примечание: * – отмечены статистически значимые различия между результатами теста ЭГ и КГ ($p<0,05$)

Эффективность разработанного подхода проявляется в снижении уровней двигательной асимметрии и росте показателей координационной подготовки со стороны как «ведущей», так и «неведущей» частей тела. Проведенный в течение 6 месяцев эксперимент позволил определить величину возможных приростов показателей координационных способностей при применении двустороннего поэтапного воздействия.

Заключение. Реализация двустороннего подхода в процессе развития ведущих координационных способностей футболистов 8-9 лет позволяет добиться прироста показателей, отражающих уровень ориентации в пространстве, частоты движений и их точности, а также значимого снижения выраженности двигательной асимметрии в двигательных заданиях общей и специфической для футбола направленности, что происходит за счет улучшения показателей

по ведущей конечности, а также более выраженных приростов по неведущей конечности/стороне тела. Это способствует уменьшению неточностей в технических действиях, что позволяет повысить результативность игры. Однако следует понимать, что эффекты такого подхода требуют более длительного времени для закрепления, поэтому двустороннюю подготовку целесообразно осуществлять на постоянной основе, что приведет к расширению двигательных возможностей футболиста при возникновении игровых ситуаций с неведущей стороны тела.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict interest. The author declares no conflicts of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горская, И.Ю. Развитие координационных способностей футболистов 8-9 лет с акцентом на снижение выраженности двигательной асимметрии / И.Ю. Горская, Г.С Баймаков, А.Ю. Переплеткин // Современные вопросы биомедицины. – 2021. – Т. 5 (4). – С. 266–275.
2. Дашкова, К.В. Влияние развития координационных способностей на качество овладения техническими приемами у юных футболисток / К.В. Дашкова // Шаг в науку: сборник статей по материалам VII научно-практической конференции молодых ученых (V всероссийской). – М., 2024. – С. 278–282.
3. Двейрина, О.А. Концепция и программирование координационной подготовки спортсмена в соответствии со спецификой вида спорта / О.А. Двейрина // Научно-педагогические школы Университета. – 2021. – № 6. – С. 101–120.
4. 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.
5. Иванов, О.Н. Общая и специальная координационная подготовка детей младшего школьного возраста в футболе и мини-футболе / О.Н. Иванов, Д.Г. Печенник // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2023. – № 6 (220). – С. 146–152.
6. Богданец, В. Нетрадиционный подход к обучению юных футболистов технике игры в аспекте латеральных двигательных предпочтений / В. Богданец, В. Перепекин // Теория и практика футбола. – 2009. – № 1. – С. 12–15.
7. Необходимость учета функциональной асимметрии в начальной технической подготовке юных футболистов: миф или реальность? / М.О. Руденко, А.П. Золотарев, Р.З. Гакаме, М.Р. Григорян // Физическая культура, спорт – наука и практика. – 2021. – № 4. – С. 63–68.
8. Vertical and Horizontal Asymmetries Are Related to Slower Sprinting and Jump Performance in Elite Youth Female Soccer Players / Ch. Bishop, P. Read, J. McCubbine, A. Turner // Journal of Strength and Conditioning Research. – 2021. – Vol. 35. – № 1. – P. 56–63.
9. Чирва Б.Г. Анализ действий Л. Месси с мячом в играх кубков мира ФИФА 2014 и 2018 гг. / Б.Г. Чирва, В.С. Козлов, Е.С. Змиевская // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2019. – № 12 (178). – С. 345–351.
10.Захарова, В.В. Функциональная межполушарная асимметрия в спорте / В.В. Захарова, Е.А. Ерсакова // Вестник науки. – 2023. – Т. 1. – № 12 (69). – С. 974–980.
11.Брагина, Н.Н. Функциональные асимметрии человека / Н.Н. Брагина, Т.А. Доброхотова.–2-е изд. перераб. и доп. – М.: Медицина,1988.–237 с.

REFERENCES

1. Gorskaya I.Yu. Bajmakov G.S., Perepletkin A.Yu. Development of coordination abilities of 8-9 years old soccer players with a focus on reducing the severity of motor asymmetry. *Modern Issues of Biomedicine*, 2021,vol.5(4), pp. 266–275. (in Russ.)
2. Dashkova K.V. Influence of the coordination ability development on the quality of learning techiques in young female soccer players. Step into Science: collection of articles of the VII Scientific and Practical Conference of Young Scientists (V All-Russian). Moscow,2024.pp.278–282. (in Russ.)
3. Dvejrina O.A. Concept and programming of an athlete's coordination training in accordance with sports specifics. *Nauchno-pedagogicheskie shkoly Universiteta*, 2021, no. 6, pp. 101–120. (in Russ.)
4. Dunaev K.S., Yarushin S.A., Shergin 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.)
5. Ivanov O.N., Pechennik D.G. General and special coordination training of primary school children in football and mini-football. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2023,

no. 6 (220), pp. 146–152. (in Russ.)
6. Bogdanets V., Perepelkin V. A non-traditional approach in the training of young soccer players in the aspect of lateral motor preferences. *Teoriya i praktika futbola*, 2009, no. 1, pp. 12–15. (in Russ.)
7. Rudenko M.O., Zolotarev A.P., Gakame R.Z., Grigoryan M.R. The need to take into account functional asymmetry in the initial technical training of young football players: myth or reality? *Physical Education, Sport – Science and Practice*, 2021, no. 4, pp. 63–68. (in Russ.)
8. Bishop Ch. Read P., McCubbine J., Turner A. Vertical and Horizontal Asymmetries Are Related to Slower Sprinting and Jump Performance in Elite Youth Female Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2021, vol. 35, no. 1, pp. 56–63.
9. Chirva B.G., Kozlov V.S., Zmievskaya E.S. Analysis of L. Messi controlling the ball in games of FIFA world cup 2014 and 2018 years. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2019, no. 12 (178), pp. 345–351. (in Russ.)
10.Zakharova V.V., Ersakova E.A. Functional hemispheric asymmetry in sports. *Vestnik nauki*, 2023, vol. 1, no. 12 (69), pp. 974–980. (in Russ.)
11.Bragina N.N., Dobrokhotova T.A. Human functional asymmetry. 2nd ed. with add. Moscow: Meditsina, 1988. 237 p. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Григорий Станиславович Баймаков – соискатель кафедры естественно-научных дисциплин, ФГБОУ ВО СибГУФК, Омск, e-mail: sheriff2008_88@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Grigorij S. Bajmakov – Applicant of the Department of Natural Disciplines, Siberian State University of Physical Culture and Sports, Omsk, e-mail: sheriff2008_88@mail.ru.

Для цитирования: Баймаков, Г.С. Методика развития координационных способностей футболистов 8-9 лет, направленная на снижение выраженности двигательной асимметрии / Г.С. Баймаков// Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_29

For citation: Bajmakov G.S. Method of developing coordination abilities in 8-9-year-old soccer players aimed at reducing the severity of motor asymmetry. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_29

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_30
УДК 796.83

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_30
UDC 796.83

СВЯЗЬ ОБЩЕФИЗИЧЕСКОЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ БОКСЕРОВ 14-15 ЛЕТ, РАЗЛИЧАЮЩИХСЯ СТИЛЕВЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ВЕДЕНИЯ ПОЕДИНКА

Ю.В. Демченко[1], В.А. Головлев[1], Ю.В. Яцин[1], В.А. Сальников[2]
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет физической культуры и спорта», г. Омск, Россия
[2]Филиал Федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева», г. Омск, Россия

Аннотация. В статье проанализированы взаимосвязи и динамика результатов общей и специальной подготовки боксеров 14-15 лет после тренировочного мезоцикла скоростной направленности. Исследование проводилось на спортивной базе СибГУФК. В эксперименте участвовали боксеры 14-15-летнего возраста спортивных клубов г. Омска «СШОР №21 им. Леонида Киселева» в количестве 24 человек. Специальная подготовка определялись с применением боксерского мешка «КИКТЕСТ-100» с обработкой данных на программе «Киктестер». Также показаны темпы прироста в рассматриваемых показателях в соответствии с различиями в индивидуальных стилях ведения соревновательного поединка. В частности, темпы прироста результатов скоростно-силовых способностей выше у «темповиков» и «нокаутеров», силовых способностей и специальной выносливости – у «темповиков» и «игровиков». Темпы прироста быстроты реакции и скоростной выносливости значительнее у «нокаутеров», оценки расстояния – у «игровиков», чувства движения – у боксеров-«темповиков».
Ключевые слова: общая и специальная подготовка, стили ведения поединка, темп прироста, психомоторные способности.

CONNECTION BETWEEN GENERAL PHYSICAL AND SPECIAL TRAINING OF 14-15-YEAR-OLD BOXERS WITH DIFFERENT FIGHTING STYLES

Yu.V. Demchenko[1], V.A. Golovlyov[1], Yu.V. Yatsin[1], V.A. Sal'nikov[2]
[1]Siberian State University of Physical Culture and Sports, Omsk, Russia
[2]Branch of the Military Academy of Logistics named after General of the Army A.V. Khrulyov, Omsk, Russia

Abstract. The article analyzes the relationships and changes in the results of general and special training of boxers aged 14-15 years after a speed-oriented training mesocycle. The study was conducted in the sports base of the Siberian State University of Physical Culture and Sport. The experiment involved 14-15-year-old boxers from sports clubs of the L. Kiselev Sports School No. 21. Special training level was identified with the KIKTEST-100 boxing machine with data processing with the Kiktester software. The study also shows the growth rates in the examined indices in accordance with the differences in individual fighting styles. In particular, the growth rates in speed-strength abilities are higher among the in-fighters and puncher-boxers, in strength abilities and special endurance – among in-fighters and counterpunchers. The growth rates of reaction speed and speed endurance are significant among puncher-boxers, distance assessment – among counterpunchers, the sense of movement – among in-fighters.
Keywords: general and special training, fighting styles, growth rate, psychomotor abilities.

Введение. Эффективность стиля ведения поединка в большей степени обусловлена не формой, а содержанием, поэтому боевые действия, к которым чаще всего прибегает спортсмен, должны быть подкреплены высоким развитием специальных физических качеств [1]. Имеющая место значительная детализация технико-тактических действий лишний раз подтверждает многообразие путей достижения победы, однако результативность будет выше у тех, кто нашел или сформировал стиль деятельности, реализуя в полной мере свои двигательные и психомоторные способности [2].

Отмечается, что атакующие действия составляют основу боксерского поединка, и от их эффективности зависит результат поединка [3-5]. При этом к настоящему времени наиболее полно представлены сведения, дающие развернутую и часто детализированную характеристику структуры индивидуального стиля, и значительно меньше изучаются общие компоненты [6]. В соответствии с этим немаловажным является изучение темпов прироста общей и специальной подготовки боксеров 14-15 лет, различающихся стилем ведения поединка.

Цель исследования: изучить связи динамики общефизической и специальной подготовки боксеров 14-15 лет, различающихся стилем ведения поединка, после тренировочного мезоцикла скоростной направленности.

Методы и организация исследования. Исследование проводилось на спортивной базе СибГУФК. В эксперименте участвовали боксеры 14-15-летнего возраста спортивных клубов г. Омска «СШОР №21 им. Леонида Киселева» в количестве 24 человек. Специальная подготовка определялись с применением боксерского мешка «КИКТЕСТ-100» с обработкой данных на программе «Киктестер». Тестировали количество ударов за определенное время; силу ударов – среднеарифметическое значение за определенное время, в килограммах; резкость ударов – скорость вложения силы в удар (кг/мс); тоннаж трехударной серии, начало атаки с левой и правой руки – сумма силы 3 ударов в серии.

Также определялись латентное время простой двигательной реакции (ЛВПДР) на свет и звук, реакция на движущийся объект (РДО), время реакции выбора (ВРВ) с использованием методики «Исследователь временных и пространственных свойств человека» Ю.В. Корягиной, С.В. Нопина [6], локальная скоростная выносливость (ЛСВ) – соотношение максимальной частоты движений кистью за первые 10 с к показателю третьей десятисекундной серии и максимальная частота движений кистью за 10 с. Тест «Оценка величины предъявляемых отрезков» использовался для определения точности восприятия расстояния, а также тест «Двигательная чувствительность» (ДЧ). Расчет темпов прироста произведен с использованием формулы O. Brodi. Оценка линейной зависимости между изучаемыми показателями выполнялась при помощи коэффициента корреляции Пирсона. Достоверность различий между показателями оценивалась параметрическим методом (Т-критерий Стьюдента). Статистическая обработка первичного экспериментального материала осуществлялась с применением программ Statistics 6.0 и Microsoft Excel 2010.

Результаты исследования и их обсуждение. Темп прироста показателей общей и специальной подготовки и их корреляционные связи показывают довольно высокий уровень их интегрированности после тренировочного мезоцикла скоростной направленности. Принимая это во внимание, остановимся только на анализе отдельных связей, представленных на рисунке. В частности, более выраженные связи наблюдаются со стороны показателей специальной подготовленности. Так, темп прироста показателя «Тоннаж трехударной серии с левой руки» (1) положительно коррелирует с другими показателями специальной подготовки 3, 4, 7, 8, 9. Динамика силы ударов за 1 минуту трехминутного раунда (4) положительно коррелирует с показателями 5, 6, 7, 8, 9. Темп прироста в показателе «Резкость ударов» за 2 минуту трехминутного раунда (7) положительно коррелирует с силой ударов за 3 минуту трехминутного раунда.

Определенные корреляционные связи наблюдаются между темпом прироста в показателях психомоторики и специальных упражнений. Так, ЛВПДР на свет (10) коррелирует с показателями 2, 8. Динамика ВРВ (12) связана с показателями 1, 9, а ЛСВ (14) связана с показателями 1, 3, 9. Двигательная чувствительность коррелирует с показателями 1, 4, 8, 9, а максимальная частота движения кистью отрицательно коррелирует с показателями 2, 3, 8 и положительно с 7-ым. Обращает на себя внимание практическое отсутствие корреляционных связей между динамикой психомоторных способностей. Более интегрированы

корреляционные связи показателей специальной подготовки между собой, а также и с показателями психомоторики.

В спортивной деятельности представляется особый интерес в установлении связей динамики результатов между общими и специальными способностями боксеров на определенном этапе подготовки, беря за основу индивидуальный стилевой подход. Одновременно темп прироста в показателях общей и специальной подготовки в определенной степени различаются у боксеров в соответствии со стилем ведения поединка. Данные, приведенные в таблице 1, показывают различия в динамике показателей психомоторики у боксеров различных стилей ведения поединка.

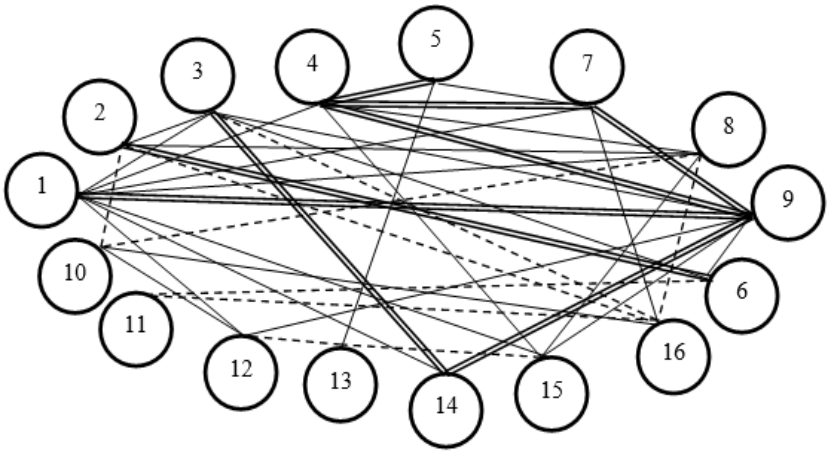


Рис. Связи темпов прироста результатов специальной подготовленности и психомоторных способностей боксеров 14-15 лет, после тренировочного мезоцикла скоростной направленности

Примечание: 1) тоннаж трехударной серии с левой руки; 2) тоннаж трехударной серии с правой руки; 3) количество ударов за 1 минуту трехминутного раунда; 4) сила ударов за 1 минуту трехминутного раунда; 5) резкость ударов за 1 минуту трехминутного раунда; 6) количество ударов за 2 минуту трехминутного раунда; 7) резкость ударов за 2 минуту трехминутного раунда; 8) количество ударов за 3 минуту трехминутного раунда; 9) сила ударов за 3 минуту трехминутного раунда; 10) ЛВПДР (латентное время простой двигательной реакции) на свет; 11) ЛВПДР на звук; 12) ВРВ (время реакции выбора); 13) оценка величины отрезка; 14) ЛСВ (локальная силовая выносливость); 15) двигательная чувствительность; 16) максимальное движение кистью за 10 с. Линии, соединяющие кружки, достоверность связи: сплошная – положительная связь; пунктирная – отрицательная связь. Одна любая линия – $p \leq 0,05$; две линии – $p \leq 0,01$.

Таблица 1

Темпы прироста психомоторных показателей после тренировочного мезоцикла скоростной направленности с учетом стилей ведения поединка, %

Тесты / Стили	ВР свет	ВР звук	РДО	ВРВ	Оценка отрезков	ЛСВ	ДЧ	Движение кистью за 10 с
Нокаутер	15,23	-2,35	-4,43	2,72	-0,97	6,43	19,85	1,14
±Σ	1,3	0,8	0,6	0,2	0,1	0,7	1,8	0,1
Темповик	7,24	-5,38	-2,50	1,02	-14,83	-0,65	0,33	1,93
±Σ	0,8	0,7	0,9	0,4	1,5	0,1	0,1	0,1
Игровик	4,40	-1,78	-0,44	-1,31	9,40	-1,24	0,57	0,36
±Σ	0,5	0,4	0,7	0,1	0,8	0,2	0,1	0,1
P	1-2; 1-3	>	>	1-3	1-2; 2-3*	1-2; 1-3	1-2; 1-3	>

Примечание: ВР – время реакции; РДО – реакция на движущийся объект; ВРВ – время реакции выбора; ЛСВ – локальная скоростная выносливость; ДЧ – двигательная чувствительность; Р – достоверность <0,05; * – достоверность <0,01.

В частности, темпы прироста времени простой двигательной реакции на свет значительнее у «нокаутеров» (15,23%) в сравнении с «темповиками» (7,24%) и «игровиками» (4,40%, p<0,05), а время реакции выбора выше у «нокаутеров» (2,72), чем у игровиков (-1,31, при p<0,05). В оценке отрезков меньше ошибок у «игровиков» (9,40%) по отношению к «нокаутерам» (-0,97%, при p<0,05) и «темповикам» (-14,83%, при p<0,01). Динамика ЛСВ выше у «нокаутеров» (6,43%) в сравнении с «игровиками» (-1,24%) и «темповиками» (-0,65%, при p<0,05). Темп прироста двигательной чувствительности выше у «нокаутеров» (19,8%), чем у «темповиков» и «игровиков» (соответственно 0,3% и 0,5%, при p<0,5) (табл 2).

Таблица 2

Темпы прироста результатов специальной подготовленности боксеров после мезоцикла скоростной направленности с учетом стилей ведения боя, %

Тесты / Стили	Тоннаж серии с левой руки	Тоннаж серии с правой руки	1 минута			2 минута			3 минута		
			кол-во	сила	резкость	кол-во	сила	резкость	кол-во	сила	резкость
Нокаутер	-1,12	2,72	-9,60	8,48	11,71	2,57	-2,79	7,79	7,10	2,41	3,29
±Σ	2,1	1.4	1,8	3,5	1,1	0,3	1,4	3,2	0,9	0,5	0,2
Темповик	0,99	1,01	-5,60	8,13	16,57	1,98	7,95	12,00	4,72	3,73	8,43
±Σ	1,3	0,9	2,3	2,7	1,4	0,7	0,8	1,9	1,6	0,7	0,9
Игровик	-2,47	3,47	-3,44	4,02	4,51	1,61	5,89	11,00	4,11	4,83	10,82
±Σ	3,4	4,6	0,5	1,2	0,7	0,4	0,6	2,0	0,8	0,9	1,1
P	>	>	>	>	1-3; 2-3*	>	1-2*; 1-3	>	>	>	1-2; 1-3

Примечание: P – достоверность <0,05; * – достоверность <0,01.

В результате тренировочного мезоцикла скоростной направленности темп прироста в рассматриваемых показателях имеет определенные различия в соответствии со стилем ведения поединка, в частности темпы прироста результатов скоростно-силовых способностей выше у «темповиков» и «нокаутеров», силовых способностей и специальной выносливости – у «темповиков» и «игровиков». Темпы прироста быстроты реакции и скоростной выносливости значительнее у «нокаутеров», оценки расстояния – у «игровиков», чувства движения – у боксеров-«темповиков». Как показывают приведенные данные, не существует индивидуального стиля, определенного только природными особенностями человека, а стиль является интегральным эффектом взаимодействия с предметной и социальной средой. Это дает основание отметить, что юные спортсмены с различными природными и функциональными особенностями могут не только добиваться примерно одинаковой успешности в соревновательной деятельности, но и наиболее полно реализовать свои потенциальные возможности.

Заключение. Динамика общей и специальной подготовки боксеров 14-15 лет после тренировочного мезоцикла скоростной направленности в значительной степени интегрируется. Характерно, что корреляционные связи между динамикой показателей общей и специальной подготовки чаще носят положительный характер. Обращает на себя внимание незначительное количество корреляционных связей между динамикой психомоторных способностей. Более интегрированы корреляционные связи показателей специальной подготовки между собой, а также с показателями психомоторики. Вместе с тем, темп прироста в некоторых обозначенных показателях существенно различается в соответствии с индивидуальным стилем ведения поединка. Так, динамика скоростно-силовых показателей выше у

«темповиков», скоростная выносливость – у «нокаутеров», а оценка расстояния – у «игровиков». Установленные закономерности в ходе исследования позволят применить дифференцированную методику развития специальных способностей, обучения технико-тактических действий в соответствии с индивидуальными особенностями, выраженных различиями стиля ведения поединка боксеров.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яцин, Ю.В. Индивидуальные различия в тренировочном процессе боксеров: монография / Ю.В. Яцин, В.А. Сальников, Г.И. Макеев. – Уфа: УГАТУ, 2017. – 282 с.
2. Тактико-технические показатели боксеров с разным стилем ведения поединка / Ю.В. Демченко, В.А. Головлев, Ю.В. Яцин, В.А. Сальников // Теория и практика физической культуры. – 2024. – № 3. – С. 95–97.
3. Жуков, М.В. Содержание контроля технической и тактической подготовленности юных боксеров / М.В. Жуков, С.И. Петров, В.В. Козин // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2024. – № 8 (234). – С. 121–125.
4. Никифоров, Ю.Б. Эффективность тренировки боксеров / Ю.Б. Никифоров. – Москва: Физкультура и спорт, 1987. – 191 с.
5. Худадов, Н.А. К вопросу об автоматизации учета ударных действий боксеров / Н.А. Худадов, Г.Ф. Васильев, А.А. Новиков // Вестник спортивной науки. – 2012. – № 2. – С. 12–14.
6. Толочек, В.А. Стили деятельности: ресурсный подход / В.А. Толочек. – Москва: Институт психологии РАН, 2015. – 366 с.
7. Корягина, Ю.В. Исследователь временных и пространственных свойств человека / Ю.В. Корягина, С.В. Нопин // Теория и практика физической культуры. – 2004. – № 2. – С. 51–54.

REFERENCES

1. Yatsin Yu.V., Sal'nikov V.A., Makeev G.I. Individual differences in the training process of boxers: a monograph. Ufa: USATU, 2017. 282 p. (in Russ.)
2. Demchenko Yu.V., Golovlyov V.A., Yatsin Yu.V., Sal'nikov V.A. Tactical and technical indicators of boxers with different fighting styles. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2024, no. 3, pp. 38–40. (in Russ.)
3. Zhukov M.V., Petrov S.I., Kozin V.V. The content of the control of technical and tactical preparedness of young boxers. *Scientific notes of the P.F. Lesgaft University*, 2024, no. 8 (234), pp. 121–125. (in Russ.)
4. Nikiforov Yu.B. Efficiency in training boxers. Moscow: Fizicheskaya kul'tura i sport, 1987. (in Russ.)
5. Khudadov N.A., Vasil'ev G.F., Novikov A.A. On the issue of automating the accounting of boxer's shock actions. *Bulletin of sports science*, 2012, no. 2, pp. 12–14. (in Russ.)
6. Tolochek V.A. Activity styles: a resource approach. Moscow: Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences, 2015. 366 p. (in Russ.)
7. Koryagina Yu.V., Nopin S.V. Researcher of temporal and spatial properties of a person. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2004, no. 2, pp. 51–54. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Юрий Владимирович Демченко – старший преподаватель кафедры теории и методики единоборств и силовых видов спорта, Сибирский государственный университет физической культуры и спорта; мастер спорта СССР по боксу, президент Омской региональной общественной организации «Спортивно-патриотический клуб единоборств «Пересвет», Омск, e-mail: o083km@bk.ru.

Владислав Александрович Головлев – магистрант кафедры естественно-научных дисциплин, преподаватель кафедры теории и методики единоборств и силовых видов спорта, Сибирский государственный университет физической культуры и спорта; кандидат в мастера спорта Республики Казахстан по боксу, Омск, e-mail: vlad_golovlev@mail.ru.

Юрий Васильевич Яцин – кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры теории и методики единоборств и силовых видов спорта, Сибирский государственный университет физической культуры и спорта; мастер спорта СССР по боксу, судья международной категории по боксу, отличник физической культуры, тренер высшей категории по боксу, Омск, e-mail: jacin.boks@mail.ru.

Виктор Александрович Сальников – доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры физической подготовки, филиал Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулева, Омск, e-mail: viktor.salnikov1@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Yurij V. Demchenko – Senior Lecturer of the Department of Theory and Methods of Martial Arts and Power Sports, Siberian State University of Physical Culture and Sport; Master of Sports (USSR) in boxing, President of the Peresvet Sports and Patriotic Club, Omsk, e-mail: o083km@bk.ru.
Vladislav A. Golovlyov – Master's Student of the Department of Natural Sciences, Lecturer of the Department of Theory and Methods of Martial Arts and Power Sports, Siberian State University of Physical Culture and Sport; Candidate for Mater of Sports (Kazakhstan) in boxing, Omsk, e-mail: vlad_golovlev@mail.ru.
Yurij V. Yatsin – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Theory and Methods of Martial Arts and Power Sports, Siberian State University of Physical Culture and Sport; Master of Sports (USSR) in boxing, International Class Boxing Referee, High Class Boxing Coach, Omsk, e-mail: jacin.boks@mail.ru.
Viktor A. Sal'nikov – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of the Physical Training Department, Branch of the Military Academy of Logistics named after General of the Army A.V. Khrulyov, Omsk, e-mail: viktor.salnikov1@yandex.ru.

Для цитирования: Связь общефизической и специальной подготовки боксеров 14-15 лет, различающихся стилевыми характеристиками ведения поединка / Ю.В. Демченко, В.А. Головлев, Ю.В. Яцин, В.А. Сальников // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_30

For citation: Demchenko Yu.V., Golovlyov V.A., Yatsin Yu.V., Sal'nikov V.A. Connection between general physical and special training of 14-15-year-old boxers with different fighting styles. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_30

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_31
УДК 796.342

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_31
UDC 796.342

СТРУКТУРА ВЗАИМОСВЯЗИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОДВИЖНОСТИ В ЛУЧЕЗАПЯСТНЫХ СУСТАВАХ У ДЕТЕЙ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ТЕННИСОМ

А.А. Джумок, А.В. Пикалова, К.О. Козырев
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», г. Москва, Россия

Аннотация. Профессиональный спорт сегодняшнего дня сопряжен с высокими по объему и интенсивности физическими нагрузками, систематическое преодоление которых зачастую сопровождается снижением функционального состояния опорно-двигательного аппарата как в целом, так и отдельных его локомоторных звеньев в частности. При этом специфика основного соревновательного упражнения, формируя уязвимые звенья в костно-мышечной системе, преодолев порог адаптационных возможностей, часто является компрометирующим фактором травмы. Известно, что кисть является реализующим звеном или так называемым «наконечником» кинематической цепи двигательного стереотипа деятельности теннисиста. Целью настоящего исследования было изучение взаимосвязи показателей подвижности в лучезапястных суставах у детей, занимающихся теннисом. Были изучены показатели объема активных и пассивных движений в лучезапястных суставах, а именно движения в сагиттальной (сгибание и разгибание) и фронтальной (отведение и приведение) плоскостях. Полученные результаты свидетельствуют о возрастном снижении показателей объема пассивных движений в лучезапястных суставах у детей, систематически занимающихся теннисом, т.е. повышении риска возникновения структурно-функциональных изменений в изученном локомоторном звене теннисистов и, как следствие, частичного либо полного прекращения процесса спортивной подготовки.

Ключевые слова: лучезапястный сустав, теннисисты, подвижность в суставе, сгибание в лучезапястном суставе, разгибание в лучезапястном суставе, отведение в лучезапястном суставе, приведение в лучезапястном суставе, активная и пассивная гибкость.

RELATIONSHIP STRUCTURE OF THE WRIST JOINT MOBILITY INDICATORS IN CHILDREN PLAYING TENNIS

A.A. Dzhumok, A.V. Pikalova, K.O. Kozyrev
Russian University of Sports “GTSOLIFK”, Moscow, Russia

Abstract. Professional sports today are associated with physical activity of high volume and intensity, the systematic overcoming of which is often accompanied by the worsened functional state of the musculoskeletal system both in general and its separate locomotor units in particular. At the same time, the specificity of the main competitive exercise, forming vulnerable links in the musculoskeletal system, having overcome the adaptive capability threshold, is often a compromising factor for injury. It is known that the hand is the implementing link or the so-called “point” of the kinematic chain of the motor stereotype of a tennis player’s activity. The aim of this study was to investigate the relationship between mobility indicators in the wrist joints in children playing tennis. The indicators of the volume of active and passive movements in the wrist joints were studied, namely movements in the sagittal (flexion and extension) and frontal (abduction and adduction) planes. The results obtained indicate an age-related decrease in the range of passive movements in the wrist joints in children systematically involved in tennis, i.e. an increased risk of structural and functional changes in the studied locomotor unit of tennis players and, as a consequence, partial or complete cessation of the sports training process.

Keywords: wrist joint, tennis players, mobility in the joint, flexion in the wrist joint, extension in the wrist joint, abduction in the wrist joint, adduction in the wrist joint, active and passive flexibility.

Введение. Спорт сегодняшнего дня относится к самостоятельно функционирующему виду профессиональной деятельности, при этом реализации в этой деятельности в трудовом контексте предшествует длительный процесс спортивной подготовки продолжительностью в разных видах спорта от 5 до 10-12 лет. Не вызывает

сомнения, что на протяжении спортивной подготовки нейтрализация наиболее острых причин ее частичного или полного прекращения имеет наивысший социально-значимый приоритет [1].

Неоспоримым является факт, что одной из основных причин как окончания спортивной подготовки, так и деятельности в профессиональном спорте для спортсмена является низкий функциональный статус его (спортсмена) костно-мышечной системы. Известно, что возрастание конкуренции в спорте в последние десятилетия сопровождается повышением объема и интенсивности нагрузки на спортсмена в процессе подготовки, в том числе на начальных (фундаментальных) ее этапах [2]. Очень часто систематическое преодоление специализированных физических нагрузок, переходя адаптационный порог со стороны опорно-двигательного аппарата (ОДА), сопровождается изменениями в его состоянии функционального, а в хронических случаях и структурного характера, при этом зачастую эти изменения продиктованы непосредственно спецификой основного соревновательного упражнения в избранном виде спорта [3-7].

Абсолютно не является противоречием, что в ходе филогенетического развития кисть человека, являясь дистальным сегментом верхней конечности, определилась как исполнительный орган, в связи с чем в большом количестве видов спорта выполняет реализующую функцию в структуре двигательного стереотипа деятельности [8].

В связи с этим педагогически целесообразным является изучение показателей подвижности в лучезапястных суставах, главным образом в видах спорта, где они преодолевают наибольшую нагрузку в избранном виде спорта.

Цель исследования – изучение структуры взаимосвязи показателей подвижности в лучезапястных суставах у детей, занимающихся теннисом.

Методы и организация исследования. Исследование проводилось на базе Московской теннисной академии (МТА), в нем приняло участие 32 юных теннисиста в возрасте от 7 до 21 года, из них 12 человек проходят спортивную подготовку в группах начальной подготовки, 10 человек в учебно-тренировочных группах и 10 человек в группах совершенствования спортивного мастерства соответственно.

Оценка объема движений (подвижности) в лучезапястных суставах осуществлялась методом плюриметрии с использованием плюриметра «DR JULES RIPPSTEIN» (рис.). Измерения производились при выполнении активного и пассивного движения в лучезапястном суставе. Под активным движением мы понимали физиологическое движение, которое испытуемый может выполнять самостоятельно, без какого-либо вмешательства исследователя. Под пассивным движением – движение, полностью выполняемое исследователем без участия испытуемого. Были изучены показатели объема активных (а) и пассивных (п) движений в лучезапястных суставах, а именно движения в сагиттальной (сгибание и разгибание) и фронтальной (отведение и приведение) плоскостях. Их изучение осуществлялось в 2-х исходных положениях локтевых суставов: 90º (рука согнута в локте) и 180º (рука прямая) с использованием нейтрального 0-проходящего метода [9].

Установление тесноты связанности изучаемых показателей осуществлялось с использованием линейного коэффициента корреляции Пирсона, критические значения для уровня значимости ($p<0,001$) – 0,449 ($n=32$). Для проверки гипотезы о нормальности распределения использовали критерий Колмогорова-Смирнова.

Результаты исследования и их обсуждение. Изучение взаимосвязи показателей подвижности в лучезапястных суставах в сагиттальной плоскости показало, что в правом суставе при положении локтевого сустава в 90° у показателя активного сгибания установлена прямая взаимосвязь с показателем пассивного сгибания со значением коэффициента корреляции $r=0,84$, а у показателя активного разгибания установлена прямая взаимосвязь с показателем пассивного разгибания со значением коэффициента корреляции $r=0,69$ соответственно. В левом суставе при положении локтевого сустава в 90º у показателя активного сгибания установлена прямая взаимосвязь с

показателем пассивного сгибания со значением коэффициента корреляции r=0,83, а у показателя активного разгибания установлена прямая взаимосвязь с показателем пассивного разгибания со значением коэффициента корреляции r=0,83 (табл.).



Рис. Плюриметр «DR JULES RIPPSTEIN»

В правом лучезапястном суставе при положении локтевого сустава 180° (рука прямая) у показателя активного сгибания установлена прямая взаимосвязь с показателем пассивного сгибания со значением коэффициента корреляции r=0,86, а у показателя активного разгибания – прямая взаимосвязь с показателем пассивного разгибания со значением коэффициента корреляции r=0,83 соответственно. Помимо этого, обращает на себя особое внимание обнаруженная обратная взаимосвязь показателя пассивного разгибания с показателем «возраста» теннисистов, значения коэффициента корреляции которого составили r=-0,58. В левом суставе при положении локтевого сустава в 180° у показателя активного сгибания установлена прямая взаимосвязь с показателем пассивного сгибания со значением коэффициента корреляции r=0,54, а у показателя активного разгибания установлена прямая взаимосвязь с показателем пассивного разгибания со значением коэффициента корреляции r=0,84 соответственно (табл.).

Таким образом, изучение взаимосвязей показателей подвижности в лучезапястных суставах в сагиттальной плоскости при положении локтевого сустава 90º как в правом, так и левом лучезапястных суставах обнаружило тесные прямые связи между показателями активного и пассивного сгибания, а также активного и пассивного разгибания соответственно, что, на наш взгляд, выглядит вполне логично и непротиворечиво. Аналогичные результаты в правом и левом лучезапястных суставах обнаружены и при положении локтевого сустава 180º. Так, в правом и левом лучезапястных суставах между активным и пассивным сгибанием и активным и пассивным разгибанием установлена прямая связь, при этом установленная обратная взаимосвязь между показателями возраста теннисиста и пассивным разгибанием в правом лучезапястном суставе дает право предположить о снижении функционального состояния «игровой» руки теннисистов в процессе спортивной подготовки.

Таблица

Взаимосвязь показателей подвижности в лучезапястных суставах при различных положениях локтевых суставов

Правый сустав (угол в локтевом суставе 90º)						Правый сустав (угол в локтевом суставе 180º)					
Показатели объема движений	Возраст	Сгибание (а)	Сгибание (п)	Разгибание (а)	Разгибание (п)	Показатели объема движений	Возраст	Сгибание (а)	Сгибание (п)	Разгибание (а)	Разгибание (п)
Возраст	1					Возраст	1				
Сгибание (а)	-0,37	1				Сгибание (а)	-0,19	1			
Сгибание (п)	-0,28	0,84	1			Сгибание (п)	-0,08	0,86	1		
Разгибание (а)	0,003	-0,24	-0,13	1		Разгибание (а)	-0,39	0,05	0,24	1	
Разгибание (п)	-0,09	0,26	0,38	0,69	1	Разгибание (п)	-0,58	0,05	0,21	0,83	1
Левый сустав (угол в локтевом суставе 90º)						Левый сустав (угол в локтевом суставе 180º)					
Возраст	1					Возраст	1				
Сгибание (а)	-0,29	1				Сгибание (а)	0,20	1			
Сгибание (п)	-0,19	0,83	1			Сгибание (п)	0,16	0,54	1		
Разгибание (а)	0,12	-0,03	0,10	1		Разгибание (а)	-0,16	0,00	0,43	1	
Разгибание (п)	0,26	-0,05	0,11	0,83	1	Разгибание (п)	-0,18	0,05	0,47	0,84	1
Правый сустав (угол в локтевом суставе 90º)						Правый сустав (угол в локтевом суставе 180º)					
Показатели объема движений	Возраст	Приведение (а)	Приведение (п)	Отведение (а)	Отведение (п)	Показатели объема движений	Возраст	Приведение (а)	Приведение (п)	Отведение (а)	Отведение (п)
Возраст	1					Возраст	1				
Приведение (а)	-0,91	1				Приведение (а)	-0,91	1			
Приведение (п)	-0,90	0,97	1			Приведение (п)	-0,90	0,96	1		
Отведение (а)	-0,63	0,56	0,59	1		Отведение (а)	-0,43	0,36	0,28	1	
Отведение (п)	-0,63	0,59	0,59	0,87	1	Отведение (п)	-0,30	0,23	0,20	0,73	1
Левый сустав (угол в локтевом суставе 90º)						Левый сустав (угол в локтевом суставе 180º)					
Возраст	1					Возраст	1				
Приведение (а)	-0,86	1				Приведение (а)	-0,88	1			
Приведение (п)	-0,85	0,96	1			Приведение (п)	-0,88	0,94	1		
Отведение (а)	-0,59	0,64	0,66	1		Отведение (а)	-0,38	0,44	0,35	1	
Отведение (п)	-0,64	0,69	0,69	0,73	1	Отведение (п)	-0,33	0,33	0,33	0,74	1

Примечание: $p<0,001 – 0,449$ (n=32).

Изучение взаимосвязи показателей подвижности в лучезапястных суставах во фронтальной плоскости обнаружило, что в правом суставе при положении локтя в 90º у показателя активного приведения установлена прямая взаимосвязь с показателями пассивного приведения, активного и пассивного отведения со значениями коэффициента корреляции r=0,97, r=0,56 и r=0,59 соответственно; у показателя пассивного приведения прямая взаимосвязь с показателями активного и пассивного отведения со значениями коэффициента корреляции r=0,59 и r=0,59; у показателя активного отведения прямая взаимосвязь с показателем пассивного отведения со значением коэффициента корреляции r=0,87. Особое внимание на себя обращают установленные обратные взаимосвязи показателей как активного и пассивного приведения со значениями коэффициента корреляции r=-0,91 и r=-0,90, так и активного и пассивного отведения со значением коэффициента корреляции r=-0,63 и r=-0,63 соответственно. В левом суставе при положении локтевого сустава 90º у показателя активного приведения установлена прямая взаимосвязь с показателями пассивного приведения, активного и пассивного отведения со значениями коэффициента корреляции r=0,96, r=0,64 и r=0,69 соответственно; у показателя пассивного приведения прямая взаимосвязь с показателями активного и пассивного отведения со значениями коэффициента корреляции r=0,66 и r=0,69; у показателя активного отведения прямая взаимосвязь с показателем пассивного отведения со значением коэффициента корреляции r=0,73. Особое внимание на себя обращают установленные обратные взаимосвязи показателей как активного и пассивного приведения со значениями коэффициента корреляции r=-0,86 и r=-0,85, так и активного и пассивного отведения со значением коэффициента корреляции r=-0,59 и r=-0,64 соответственно (табл.).

В правом лучезапястном суставе при положении локтевого сустава 180º (рука прямая) у показателя активного приведения установлена прямая взаимосвязь с показателем пассивного приведения со значением коэффициента корреляции r=0,96, а у показателя активного отведения – с показателем пассивного отведения (r=0,73). Стоит обратить внимание, что у показателей активного и пассивного приведения установлена обратная взаимосвязь с показателем возраста теннисистов, со значением коэффициента корреляции r=-0,91 и r=-0,90 соответственно. Также обнаружено снижение зависимости между показателем возраста теннисистов и показателями активного и пассивного отведения, тогда как при положении локтевого сустава в 90º эти показатели более тесно связаны между собой (табл.).

В левом лучезапястном суставе при положении локтевого сустава 180º у показателя активного и пассивного приведения установлена прямая взаимосвязь с показателем пассивного приведения со значением коэффициента корреляции r=0,94, а у показателя активного отведения – с показателем пассивного отведения (r=0,74). Стоит обратить внимание, что у показателей активного и пассивного приведения установлена обратная взаимосвязь с показателем возраста теннисистов, со значением коэффициента корреляции r=-0,88 и r=-0,88 соответственно. Также обнаружено снижение зависимости между показателем возраста теннисистов и показателями активного и пассивного отведения, тогда как при положении локтевого сустава в 90º эти показатели более тесно связаны между собой (табл.).

Следовательно, изучение структуры взаимосвязей показателей подвижности в лучезапястных суставах во фронтальной плоскости при положении локтевого сустава 90º как в правом, так и в левом суставах обнаружили тесные прямые взаимосвязи между показателями активного и пассивного приведения, активного и пассивного отведения. При этом между показателями активного/пассивного приведения и активного/пассивного отведения также установлены менее тесные связи, что объясняется, на наш взгляд, высокой функциональной зависимостью движений в этой анатомической плоскости. Обращают на себя особое внимание установленные обратные взаимосвязи показателя возраста теннисиста с показателями активного/ пассивного приведения и активного/ пассивного отведения, что свидетельствует о возрастном снижении функциональных возможностей данного локомоторного звена при выполнении движений во фронтальной плоскости, тогда как при положении локтевого сустава 180º как в правом, так и левом лучезапястных суставах

установлены тесные прямые связи показателей активного и пассивного приведения и активного и пассивного отведения, а обратные тесные взаимосвязи с показателем возраста теннисиста в правом и левом лучезапястных суставах установлены только с показателями активного и пассивного приведения. Снижение тесноты взаимосвязи между показателями возраста теннисиста и показателями активного/пассивного отведения при их оценке в положении локтевого сустава 180º (то есть прямой руке), вероятно, можно объяснить низкой интегрированностью этой функции в двигательный стереотип деятельности теннисиста.

Заключение. Изучение структуры взаимосвязей показателей подвижности в лучезапястных суставах у детей, занимающихся теннисом, свидетельствует о возрастном снижении функции пассивного разгибания в лучезапястном суставе «игровой» руки теннисиста, когда она находится в выпрямленном положении, то есть положении, приближенном к специфике выполнения основного соревновательного упражнения в теннисе, чего не было обнаружено при согнутом (угол в локтевом суставе 90º) положении. Это косвенным образом свидетельствует о снижении функциональных возможностей лучезапястного сустава «игровой» руки при выполнении движений в сагиттальной плоскости. Помимо этого, обнаруженные тесные обратные взаимосвязи показателя возраста теннисиста как с активным, так и пассивным приведением подтверждают высокую «загруженность» данного локомоторного звена теннисиста в процессе систематической реализации специфических игровых действий.

Таким образом, проведенное исследование свидетельствует о существующем отрицательном эффекте для функционального состояния лучезапястных суставов в ходе многолетней спортивной подготовки в теннисе, а следовательно, повышении риска травмы данного отдела опорно-двигательного аппарата теннисиста.

Вышесказанное подтверждает теоретическую актуальность, а также практическую необходимость и своевременность дальнейшего научного изучения данного вопроса в направлении поиска, разработки, экспериментальной проверки и последующего включения в содержание спортивной подготовки теннисистов тех педагогических средств подготовки, которые, главным образом, учитывая анатомо-биомеханические особенности реализации двигательных действий в теннисе, обеспечат повышение функционального состояния в лучезапястных суставах теннисистов.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коган, О.С. Научное обоснование роли медицины труда в профессиональном спорте : дис. … д-ра мед. наук : 14.00.50 / Ольга Станиславовна Коган. – Москва, 2008. – 274 с.
2. Орловская, Ю.В. Теоретико-методологическое обоснование профилактическо-реабилитационного направления в системе подготовки спортивных резервов (на примере специализации баскетбол): дис…. д-ра пед. наук: 13.00.04, 14.00.12 / Юлия Вячеславовна Орловская. – Малаховка, 2000. – 375 с.
3. Джумок, А.А. Динамика структурных и функциональных изменений опорно-двигательного аппарата у спортсменов различных видов спорта / А.А. Джумок, Е.Р. Шутов // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2021. – № 7 (197). – С. 85–90
4. Джумок, А.А. К вопросу о подвижности в локтевых суставах у теннисистов на разных этапах подготовки / А.А. Джумок // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2020. – № 5 (183). – С. 127–130
5. Джумок, А.А. Объем движений в голеностопных суставах у теннисистов различных этапов спортивной подготовки / А.А. Джумок, А.А. Павлова // В сборнике: Кафедральная наука РГУФКСМиТ. Материалы Итоговой научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава. – 2019. – С. 71–76.
6. Джумок, А.А. Особенности нарушений функционального состояния опорно-двигательного аппарата юных теннисистов на различных этапах спортивной подготовки / А.А. Джумок, А.А. Мамедова, Р.Р. Сафиуллин // В сборнике: Современные подходы в подготовке баскетболистов и волейболистов Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Министерство спорта Российской Федерации; Московская государственная академия физической культуры. – Малаховка, 2017. – С. 30–33.
7. Джумок, А.А. Подвижность шейного отдела позвоночника у детей, занимающихся теннисом / А.А. Джумок, А.А. Павлова // В сборнике: Актуальные проблемы теории и практики

физической культуры, спорта и туризма Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов с международным участием: в 3 томах. – Казань, 2019. – С. 716–718.
8. Капанджи, А.И. Верхняя конечность. Физиология суставов: схема биомеханики человека с комментариями. 1 том. Атлас / А.И. Капанджи. – Москва: Эксмо, 2020. – С. 376.
9. Маркс, В.О. Ортопедическая диагностика (руководство-справочник) / В.О. Маркс. – Минск: Наука и техника, 1978. – С. 512.

REFERENCES

1. Kogan O.S. Scientific substantiation of the role of occupational medicine in professional sports: an author's dissertation. Moscow, 2008. p. 274. (in Russ.)
2. Orlovskaya Yu.V. Theoretical and methodological substantiation of the preventive and rehabilitation direction in the system of training sports reserve (on the example of basketball): an author's dissertation. Malakhovka, 2000. p. 375. (in Russ.)
3. Dzhumok A.A., Shutov E.R. Dynamics of structural and functional changes of the support and locomotor system among the athletes of various kinds of sports. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2021, no. 7 (197), pp. 85–90. (in Russ.)
4. Dzhumok A.A. To the question of mobility in elbow joints of tennisists at different stages of preparation. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2020, no. 5 (183), pp. 127–130. (in Russ.)
5. Dzhumok A.A., Pavlova A.A. Range of movements in the ankle joints in tennis players at various stages of sports training. From the collection: Department Science of the RGUFKSMiT. Materials of the Final Scientific and Practical Conference of the Faculty, 2019. pp. 71–76. (in Russ.)
6. Dzhumok A.A. Mamedova A.A., Safiullin R.R. Features of violations of the functional state of the musculoskeletal system of young tennis players at various stages of sports training. From the collection: Modern Approaches to Train Basketball and Volleyball Players. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation. Malakhovka, 2017. pp. 30–33. (in Russ.)
7. Dzhumok A.A., Pavlova A.A. Cervical spine mobility in children playing tennis. From the collection: Current Problems of the Theory and Practice of Physical Culture, Sports and Tourism. Materials of the VII All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Graduate Students, Undergraduates and Students with International Participation: in 3 volumes. Kazan, 2019. pp. 716–718. (in Russ.)
8. Kapandzhi A.I. Upper limb. Physiology of joints: diagram of human biomechanics with comments. Volume 1. Atlas. Moscow: Eksmo, 2020. p. 376. (in Russ.)
9. Marks V.O. Orthopedic diagnostics (manual-handbook). Minsk: Nauka i Tekhika, 1978. p. 512. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Александр Александрович Джумок – кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой теории и методики тенниса, настольного тенниса и бадминтона, Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, e-mail: sawa_fresh-art@mail.ru.
Анна Владимировна Пикалова – кандидат педагогических наук, доцент кафедры теории и методики тенниса, настольного тенниса и бадминтона, Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, e-mail: a.pikalova2011@yandex.ru.
Клим Олегович Козырев – аспирант кафедры теории и методики тенниса, настольного тенниса и бадминтона, Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, e-mail: klimkozyrev@gmail.com.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Aleksandr A. Dzhumok – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Theory and Methods of Tennis, Table Tennis and Badminton, Russian University of Sports "GTSOLIFK", Moscow, e-mail: sawa_fresh-art@mail.ru.
Anna V. Pikalova – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Theory and Methodology of Tennis, Table Tennis and Badminton, Russian University of Sports "GTSOLIFK", Moscow, e-mail: a.pikalova2011@yandex.ru.
Klim O. Kozyrev – Post-Graduate Student of the Department of Theory and Methodology of Tennis, Table Tennis and Badminton, Russian University of Sports "GTSOLIFK", Moscow, e-mail: klimkozyrev@gmail.com.

Для цитирования: Джумок, А.А. Структура взаимосвязи показателей подвижности в лучезапястных суставах у детей, занимающихся теннисом / А.А. Джумок, А.В. Пикалова, К.О. Козырев // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_31
For citation: Dzhumok A.A., Pikalova A.V., Kozyrev K.O. Relationship structure of the wrist joint mobility indicators in children playing tennis. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_31

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_32
УДК 796.012

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_32
UDC 796.012

ПОКАЗАТЕЛИ СТАТОКИНЕТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ДЕТЕЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ПОДХОДА К ПРОЦЕССУ СПОРТИВНОЙ ПОДГОТОВКИ В УШУ

И.В. Краснобаев[1,2], О.О. Кастальский[1], Е.В. Быков[1]
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный университет физической культуры», г. Челябинск, Россия
[2]Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение города Москвы «Центр спорта и образования «Московская экспериментальная школа», г. Москва, Россия

Аннотация. Цель исследования – оценка статокинетической устойчивости юных спортсменов, занимающихся ушу, при использовании дифференцированного подхода к тренировочным нагрузкам. Исследование проводилось на базе лаборатории кафедры спортивной медицины и физической реабилитации Уральского государственного университета физической культуры. В данной работе мы рассматриваем возможности дифференцированного подхода к коррекции физических нагрузок юных спортсменов с учетом развития их статокинетической устойчивости. В статье представлены результаты исследований 11–12-летних мальчиков, занимающихся ушу (начало и конец учебного года) на учебно-тренировочном (спортивной специализации) этапе. Проведена стабилография в трех подгруппах в зависимости от уровня развития качества выносливости. Показана возможность целенаправленного развития данного физического качества.
Ключевые слова: ушу, спортсмены, учебно-тренировочный процесс, стабилография, координационные способности, дифференцированный подход.

STATOKINETIC STABILITY INDICES OF CHILDREN WHEN USING A DIFFERENTIATED APPROACH IN THE WUSHU TRAINING PROCESS

I.V. Krasnobaev[1,2], O.O. Kastal'skij[1], E.V. Bykov[1]
[1]Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, Russia
[2]Center for Sports and Education – Moscow Experimental School, Moscow, Russia

Abstract. The objective of the study – to evaluate the statokinetic stability of young wushu athletes using a differentiated approach to training loads. The study was conducted in the laboratory of the Department of Sports Medicine and Physical Rehabilitation of the Ural State University of Physical Culture. In this paper, we consider the possibilities of a differentiated approach to correct the physical activity of young athletes, taking into account the development of their statokinetic stability. The article presents the research results of 11–12-year-old boys who practice wushu (beginning and end of the school year) at the training (sports specialization) stage. A stabilography was performed in three subgroups, depending on the level of development of endurance quality. The results have also shown the possibility of purposeful development of this physical quality.
Keywords: wushu, athletes, educational and training process, stabilography, coordination abilities, differentiated approach.

Введение. Ушу является одним из самых массовых видов спорта в нашей стране. В спортивные секции приходят дети с различным уровнем физического развития и физической подготовленности. Соответственно, возникает проблема учета этих аспектов в процессе спортивной подготовки, которую можно решить путем индивидуально-дифференцированного подхода наряду с использованием средств подготовки, предусмотренных Федеральным стандартом спортивной подготовки по виду спорта ушу (ФССП), он «должен опираться на особенности развития спортсмена, его способностей и возможностей, которые, в свою очередь, помогут ему достигать высокого уровня подготовки и больших спортивных результатов» [1]. Предлагаются различные варианты дифференциации: на основании антропомет-

рических показателей/типов конституции, уровня физической подготовленности, в том числе сенситивных периодов развития отдельных физических качеств, функционального состояния кардиореспираторной системы, типов регуляции ритма сердца, биологического возраста [2-6]. При этом рекомендуется в первые годы занятий следует особое внимание уделять разносторонней физической подготовке, а затем развитию специальных физических качеств [7]. В то же время на начальном этапе тренировочного процесса большинство тренеров используют зачастую стандартизированный подход, что крайне неэффективно даже в подготовке юных спортсменов [8, с. 95].

Проведенный нами опрос тренеров спортивных школ Москвы и Челябинска показал, что первое место они отводят технико-тактической подготовке юных спортсменов, начиная уже с этапа начальной подготовки, и основной упор делается на уровень развития координационных способностей / статокинетической устойчивости, включая равновесие, точность движений, способность к ритму, произвольному расслаблению мышц. С другой стороны, в практической деятельности педагогами и тренерами уделяется недостаточное внимание развитию координационных способностей детей, а в научной литературе – описанию результатов исследований этого двигательного качества [9].

Проведенный В.Ю. Крюковым анализ содержания координационной тренировки в современной литературе показал, что мнения и отношения к ней различны и варьируют от положительного до частичного отрицания. По данным проведенного им исследования, «включение в тренировку юных каратеистов элементов координационной тренировки существенно отражается на уровне их технической подготовки, что, соответственно, приводит к улучшению спортивного результата» [10, с. 82]. Также можно отметить, что в спортивных исследованиях по координации движений, особенно связанных с молодыми спортсменами, практически ничего не публиковалось [11]. Авторы показали, что у детей с более развитыми координационными способностями больше шансов на дальнейший прогресс в этом виде спорта. Особенно в возрастном периоде (8-12 лет) необходимо контролировать координацию и двигательные навыки, чтобы эффективно заниматься спортом.

Цель исследования – оценка статокинетической устойчивости юных спортсменов, занимающихся ушу, при использовании дифференцированного подхода к тренировочным нагрузкам.

Методы и организация исследования. Исследование проводилось на базе лаборатории кафедры спортивной медицины и физической реабилитации УралГУФК. В данной работе мы рассматриваем возможности дифференцированного подхода к учебно-тренировочному процессу с учетом уровня статокинетической устойчивости. Учитывалось, что возрастной отрезок от 7 до 12 лет является благоприятным для развития координационных способностей [6]. Кроме того, «координационные способности (КС) являются базой для формирования всех двигательных качеств спортсменов» [10, с 78]. В статье представлены результаты исследований 11–12-летних мальчиков, занимающихся ушу: начало учебного года (сентябрь-октябрь) (возраст спортсменов – 11,76±0,21 лет) и конец учебного года (апрель-май) (возраст спортсменов – 12,34±0,21 лет). В исследованиях принимали участие дети, занимающиеся ушу на учебно-тренировочном (спортивной специализации) этапе (стаж тренировок – от трех лет). В период 2021-2024 гг. обследовано 86 человек.

Проведена стабилография в трех подгруппах. В основе разделения на подгруппы – результаты при выполнении позиции «дулибу» с учетом ее корреляции с показателем КР% стабилографии (r=0,85): 1 – спортсмены с результатами ниже среднего по группе, которым далее корректировалась нагрузка; 2 – спортсмены с результатами ниже среднего по группе, которым далее не корректировалась нагрузка; 3 (контрольная группа) – спортсмены с результатами выше среднего по группе, занимались по утвержденному плану подготовки в микро-

и мезоциклах. Нами для проведения статистической обработки включено в исследование 60 человек, распределенных согласно приведенному выше критерию по 20 спортсменов в каждой подгруппе. Дифференциация физических нагрузок с учетом уровня развития физических качеств осуществлялась с 3-го года подготовки. «Сложность физических упражнений можно увеличивать за счет изменения пространственных, временных и динамических параметров, внешних условий, меняя порядок расположения оборудования и инвентаря, их вес, высоту, площадь опор, увеличивая ее подвижность, комбинируя двигательные навыки, сочетая ходьбу с прыжками, бег и ловлю предметов, выполняя упражнения по сигналу или в ограниченное время» [12, с. 114, с. 118].

Все спортсмены и их законные представители дали информированное согласие на участие в исследовании и разрешение на обработку персональных данных. Исследование одобрено этическим комитетом ФГБОУ ВО «УралГУФК», протокол №3 от 29.09.2021.

Исследование статокинетической устойчивости проведено с помощью стабилоанализатора с биологически обратной связью «Стабилан-01» ЗАО «ОКБ «Ритм» (г. Таганрог). Характер движения тела в процессе поддержания вертикальной позы наилучшим образом отражает векторный анализ статокинезиограммы. Использован модернизированный тест Ромберга, адаптированный к методам компьютерной стабилографии, дается оценка реакции человека на ограничение потока внешней информации при закрывании глаз. Проведена оценка следующих параметров: площадь статокинезиограммы (S, мм^2), скорость перемещения центра давления (V, мм/с), длина статокинезиограммы (L, мм), энергозатраты (А, Дж), коэффициент Ромберга (КР, %) при проведении пробы с открытыми (ОГ) и закрытыми (ЗГ) глазами.

Математическая обработка результатов исследования проводилась при помощи программного обеспечения Microsoft Excel 2003 и STATISTICA v.6. Проводился расчет среднего арифметического значения (M), ошибки средней арифметической (±m). Нормальность распределения данных определялась по критерию Шапиро-Уилка. Достоверность различий между независимыми количественными показателями при нормальном распределении определяли по параметрическому Т-критерию Стьюдента. Уровень значимости принимался при $p<0,05$. Взаимосвязь показателей в позиции «дулибу» и КР% стабилографии в сравниваемых группах спортсменов определяли с помощью r-коэффициента по Спирмену.

Результаты исследования и их обсуждение. В таблице представлены результаты стабилографии юных спортсменов 11-12 лет, занимающихся ушу-таолу на протяжении трех лет и более, в начале и в конце учебного года.

Полученные результаты отражают положительный эффект проведенной коррекции учебно-тренировочного процесса в 1-й подгруппе. Они имели к концу учебного года более высокие показатели стабилографии, приблизившись к контрольной группе. Особенно заметным был прогресс показателей длины и площади стабилограммы при проведении пробы с закрытыми глазами. Так, в 1-й подгруппе изменения L ОГ составило 17,1 мм, L ЗГ – 61,53 мм, S ОГ – 18,12 мм^2, S ЗГ – 22,33 мм^2, в то время как во 2-й подгруппе – 4,72 мм и 12,58 мм, 6,18 мм^2 и 2,90 мм^2 соответственно. Следовательно, введение в учебно-тренировочный процесс дифференцированных нагрузок способствовало тому, что более высокими темпами повышалась устойчивость юных спортсменов в вертикальном положении при исключении зрительного контроля.

Также заметны различия в динамике показателя скорости смещения центра давления – юные спортсмены 1-й подгруппы быстрее достигали устойчивого положения (V ОГ изменялся на 0,96 мм/с и 0,37 во 2-й подгруппе и V ЗГ – соответственно на 1,04 и 0,38 мм/с). Показатель 1-й подгруппы приблизился к контрольной группе: различия в начале учебного года составляли для V ОГ 0,67 мм/с и 0,53 для V ЗГ, а в конце учебного года – 0,24 и 0,09 мм/с соответственно.

Таблица

Результаты стабилографии в пробе Ромберга юных спортсменов, занимающихся ушу 1-й и 2-й подгруппы и контрольной группы (n=20 в каждой подгр.), M±m

Показатель	1-я подгр. (1)	2-я подгр. (2)	Контрольная гр. (3)
L ОГ, мм	286,41±18,53	291,25±19,29	273,37±16,16
	269,31±14,54	286,53±17,03	266,48±14,04
L ЗГ, мм	381,62±41,78	380,47±42,22	369,94±25,71
	320,09±20,70	367,89±21,18	324,62±19,51
S ОГ, мм^2	206,23±26,85	209,10±28,69	202,54±24,37
	188,11±21,16	202,92±26,25	186,74±20,73
S ЗГ, мм^2	241,58±29,91	239,96±29,34	230,17±26,84
	219,55±24,33	237,06±27,13	221,08±25,48
V ОГ, мм/с	9,26±0,78	9,41±0,79	8,59±0,62
	8,30±0,60	9,04±0,67	8,06±0,53
V ЗГ, мм/с	11,56±1,59	11,76±1,62	11,03±1,28
	10,52±1,52	11,38±1,60	10,43±1,46
A ОГ, Дж	2,15±0,36	2,12±0,37	2,02±0,29
	1,88±0,22	1,99±0,35	1,84±0,21
A ЗГ, Дж	3,17±0,41	3,21±0,42	2,97±0,35
	2,90±0,36	3,05±0,40	2,84±0,29
NA, %	55,48±5,77	56,06±5,89	47,94±4,88
	58,04±5,31	57,12±5,93	48,19±5,46
КР, %	147,67±17,93	146,52±18,13	141,32±17,90
	136,56±14,49	143,27±16,54	131,31±14,36

Примечание: ОГ – открытые глаза; ЗГ – закрытые глаза; L – длина статокинезиограммы; S – площадь статокинезиограммы; V – скорость перемещения центра давления; A – энергозатраты; NA – энергоэффективность деятельности; КР – коэффициент Ромберга; в числителе – показатели в начале учебного года; в знаменателе – в конце учебного года.

В 1-й подгруппе существенно снизились энергозатраты (А, дж) на поддержание устойчивого равновесия при обеих пробах и повысилась энергоэффективность деятельности (NA, %), соответственно это привело к повышению в целом качества равновесия по показателю КР. Необходимо отметить, что во 2-й подгруппе реакция на пробу с закрытыми глазами сопровождалась более выраженными сдвигами показателей по сравнению с 1-й подгруппой и контрольной группой, отражая более низкий уровень статокинетической устойчивости.

Учитывая, что не было установлено достоверных различий сравниваемых показателей, у обследованных спортсменов проводилось сравнение их индивидуальных величин. Определено, что показатели спортсменов 2-й подгруппы при их ранжировании занимали места ниже тридцатого (при общей популяции обследованных лиц в 60 человек). Также отдельного внимания заслуживают результаты контрольных стартов: спортсмены 1-й подгруппы показали более высокий итоговый балл, чем 2-й: 8,14±0,28 балла против 7,07±0,36 балла ($p<0,05$), т.е. практически на уровне контрольной группы (8,22 балла), средний показатель мест (соответственно 8,4 против 13,9) в контрольной группе 7,5 (по 10 лучшим результатам участников каждой из групп) подтверждают эффективность проведенной коррекции учебно-тренировочного процесса с использованием комплекса специально подобранных упражнений, направленных на повышение статокинетической устойчивости.

Как указывают авторы [6], «зная индивидуальные критические периоды и оптимальные модели тренировок, можно

продуманно разработать индивидуальную систему физической подготовки и развития. 9-летние представители обеих гендерных групп улучшают темп движений, координацию движений при беге, балансировку, контроль мышечного напряжения. У 10-летних девочек при тестировании отмечается дальнейший рост темпа движений, координации движений в прыжках/метаниях, показателей общей координации и показателей жизнедеятельности; а у мальчиков быстро растут показатели координации движений в прыжках/гимнастических/акробатических упражнениях. В 11 лет в обеих гендерных группах наблюдается дальнейший прогресс в координации движений при беге, балансировке, контроле точности движений. У 12-летних представителей обеих гендерных групп наблюдается дальнейший рост координации движений при беге и темпа движения». «Сложность физических упражнений можно увеличивать за счет изменения пространственных, временных и динамических параметров, внешних условий, меняя порядок расположения оборудования и инвентаря, их вес, высоту, площадь опор, увеличивая ее подвижность, комбинируя двигательные навыки, сочетая ходьбу с прыжками, бег и ловлю предметов, выполняя упражнения по сигналу или в ограниченное время» [12].

На современном этапе тема использования дифференцированного подхода в спортивной подготовке юных спортсменов очень актуальна. Во многих спортивных школах дифференциация тренировочного процесса используется крайне редко, а применяются общепринятые тренировочные программы и планы, накопленный опыт тренеров за многие годы работы с детьми, что не позволяет раскрыться многим юным спортсменам, особенно на этапах начальной подготовки [4, с. 79]. Дифференцированный подход, по-видимому, является самым рациональным на данный момент способом реализации принципов детерминации, фазового акцента и адекватности в детско-юношеском спорте [4, с. 82].

Под термином «координационные способности» подразумевается, «во-первых, способность целесообразно строить движения; во-вторых, способность преобразовывать выработанные формы действий или переключаться от одних действий к другим на основании требований меняющихся условий окружающей среды» [13, с. 27]. Статокинетическая устойчивость – это способность человека сохранять стабильными функциональное состояние и пространственную ориентировку, функцию равновесия и профессиональную работоспособность, обеспечиваемую оптимальным уровнем регуляции всех физиологических функций при воздействии статокинетических раздражителей, возникающих как при пассивных, так и активных перемещениях в пространстве [14]. Автор указывает, что в зависимости от способа перемещению в пространстве Г.Л. Комендантов и В.И. Копанев выделяли несколько частных видов статокинетической устойчивости человека, а именно: ортостатическую, которая определяется во время пассивных или активных перемещений тела из горизонтального положения в вертикальное; клиноортостатическую – при перемещении тела из вертикального в горизонтальное положение; статическую – удержание вертикальной позы (голова вверху) при действии сил гравитации, когда скорость смещения тела равняется нулю; антигравитационную – удержание вертикальной позы (голова внизу) при действии сил гравитации; кинетическую – при действии различных видов ускорений (угловых, линейных кориолисных, комбинированных), обусловленных пассивным или активным перемещением тела в пространстве; оптокинетическую – при влиянии оптокинетических раздражителей, возникающих при перемещениях тела в пространстве. Вместе с тем В.И. Копаневым (1974) определена статокинетическая устойчивость в качестве важного звена общей устойчивости, определяющей состояние организма при его взаимодействии с внешней средой и обеспечивающей стабильную работоспособность человека при воздействии на него самых различных экстремальных факторов внешней среды [14].

ФССП по виду спорта отдает ведущие позиции развитию координационных способностей, но при этом предусматривает использование для его тестирования только челночного бега 3х10 м. В то же время проведенный нами анализ литературы указывает на необходимость использования дополнительных критериев оценки качества координации или статокинетической устойчивости спортсменов-ушуистов. Мы полагаем, что следует использовать и другие варианты – например, пробу Ромберга, либо «дулибу» (исходное положение: стойка на одной ноге, колено выше бедра, носок оттянут от себя, руки в стороны, пальцы вместе, глаза закрыты).

Отдельного внимания заслуживает изучение вопроса об оценке показателей, отражающих «физиологическую составляющую» адаптации к физическим нагрузкам детей, занимающихся различными дисциплинами ушу, и учет их для коррекции учебно-тренировочного процесса и повышения его эффективности. В этой связи мы предлагаем для объективизации оценки уровня подготовленности юных спортсменов-ушуистов и развития у них отдельных двигательных качеств проводить расширенное исследование показателей статокинетической устойчивости, включая инструментальные методы (ВСР и стабилография), учитывая высокие корреляционные связи позиции «дулибу» и стабилографии, как нами определено ранее.

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют об эффективности дифференцированного подхода к развитию координационных способностей и статокинетической устойчивости, а также об эффективности использования стабилографии как метода объективизации их оценки. Введение в учебно-тренировочный процесс дифференцированных нагрузок способствовало повышению темпа улучшения вертикальной устойчивости юных спортсменов в состоянии исключения зрительного контроля.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булатова, Г.И. Возрастные особенности развития функций равновесия у детей школьного возраста / Г.И. Булатова. – М.: Просвещение, 2007. – 275 с.
2. Влияние занятий по авторской программе комплексного физического развития на координационные способности детей младшего школьного возраста / С.С. Уделов, Е.В. Быков, Е.А. Сазонова, М.А. Пятых // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6. – № 1 (18). – С. 321–327.
3. Курамшин, Ю.Ф. Оценка спортивной одаренности детей на основе индивидуально-типологического подхода / Ю.Ф. Курамшин, О.А. Двейрина, В.С. Терехин // Теория и практика физической культуры. – 2022. – № 4. – С. 3–5.
4. Левушкин, С.П. Сравнительный анализ влияния физических нагрузок различной направленности на физическую подготовленность школьников 7-17 лет с разными типами телосложения в гендерном аспекте / С.П. Левушкин, С.Н. Блинков // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2022. – № 2 (224). – С. 265–270.
5. Мишин, Р.Г. Влияние дифференцированного подхода на процесс подготовки юных спортсменов / Р.Г. Мишин, О.С.Терентьева // Вестник ТГУ. – 2013. – № 6 (122). – С. 79–84.
6. Петренко, С.И. Особенности различия биологического и паспортного возраста в процессе подготовки юных спортсменов / С.И. Петренко // Вестник Краснодарского университета МВД России. – 2017. – № 3 (37). – С. 206–209.
7. Пятых, М.А. Спортивно-оздоровительный и начальный этап спортивной подготовки – фундамент будущих успехов. Физиологический аспект адаптации детей к физическим нагрузкам / М.А. Пятых, С.С. Уделов, Е.В. Быков // Актуальные проблемы спортивной подготовки, оздоровительной физической культуры, рекреации и туризма. Адаптивная физическая культура и медицинская реабилитация: инновации и перспективы развития: Матер. Всерос. науч.-практ. конф. (г. Челябинск, 27-28 окт. 2020 г.) / под ред. Е.В. Быкова, Н.Ю. Мищенко. – Челябинск : УралГУФК, 2020. – Т. 1. – С. 217–224.
8. Савинкова, О.Н. К вопросу о ранней спортивной специализации / О.Н. Савникова,

О.А. Разворотнева, Е.Н. Семенов // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2024. – № 11 (237). – С. 192–198.
9. Садыкова, С.В. Дифференцированный подход в подготовке спортсменов, занимающихся настольным теннисом, на этапе начальной подготовки / С.В. Садыкова, Ю.А. Шахова // Известия ТулГУ. Физическая культура. Спорт. – 2019. – № 11. – С. 95–102.
10.Ткачук, А.А. Статокинетическая устойчивость человека / А.А. Ткачук, В.А. Ткачук // Молодой ученый. – 2014. – № 2 (61). – С. 366–369.
11.The Impact of Age, Gender and Technical Experience on Three Motor Coordination Skills in Children Practicing Taekwondo / S. Boutios, G. Fiorilli, A. Buonsenso [et al] // Int J Environ Res Public Health. – 2021. – № 18(11). – P. 5998.
12.Sensitive periods in human ontogenesis / Yu.M. Kabanov, D.A. Venskovich, V.V. Truchenko, V.A. Koloshkina // Theory and Practice of Physical Culture. – 2019. – № 12. – P. 4.
13.Крюков, В.Ю. Формирование координационных способностей у юных каратистов, как фактор повышения результативности их соревновательной деятельности / В.Ю. Крюков // Вестник ТГУ. – 2011. – № 9 (101). – С. 78–82.
14.Трофимов, О.Н. Развитие координационных способностей и равновесия у детей младшего школьного возраста / О.Н. Трофимов // Ярославский педагогический вестник – 2011. – № 3. – Т. II (Психолого-педагогические науки). – С. 114–118.

REFERENCES

1. Bulatova G.I. Age-related features of the development of balance functions in school-age children. Moscow: Prosveshchenie,2007.275p. (in Russ.)
2. Udelov S.S., Bykov E.V., Sazonova E.A., Pyatykh M.A. The influence of comprehensive physical development classes on the primary school children's coordination abilities. *Modern Issues of Biomedicine*, 2022, vol.6, no.18,pp.321–327. (in Russ.)
3. Kuramshin Yu.F., Dweyrina O.A., Terekhin V.S. Assessment of sports talent children basis of individual typological approach. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2022, no. 4, pp. 3–5. (in Russ.)
4. Lyovushkin S.P., Blinkov S.N. Comparative analysis of the impact of physical activity of various directions on the physical fitness of schoolchildren aged 7-17 years with different body types in the gender aspect. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2022, no.2(224), pp. 265–270. (in Russ.)
5. Mishin R.G., Terentyeva O.S. Influence of differential approach on process of young sportsmen preparation. *Tambov University Review*, 2013, no. 6 (122), pp. 79–84. (in Russ.)
6. Petrenko S.I. The specific differences in biological and passport age in the process of training of young athletes. *Bulletin of Krasnodar University of Russian MIA*, 2017, no.3(37),pp.206–209.(in Russ.)
7. Pyatykh M.A., Udelov S.S., Bykov E.V. Sports and wellness and the initial stage of sports training – the foundation of future success. The physiological aspect of children's adaptation to physical activity. Actual Problems of Sports Training, Health-Improving Physical Culture, Recreation and Tourism. Adaptive Physical Culture and Medical Rehabilitation: Innovations and Development Prospects: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference (Chelyabinsk, October 27-28, 2020): in 2 vol. Bykov E.V., Mishchenko N.Yu., ed. Chelyabinsk: Ural State University of Physical Culture, 2020, vol. 1, pp. 217–224. (in Russ.)
8. Savinkova O.N., Razvorotneva O.A., Savnikova O.N., Semenov E.N. On the issue of early sports specialization. *Scientific notes of the P.F. Lesgaft University*, 2024,no.11(237),pp.192–198. (in Russ.)
9. Sadykova S.V., Shakhova Yu.A. Differentiated preparation approach during initial stage of training in table tennis players. *Izvestiya Tula State University. Physical Culture. Sport*, 2019, no 11, pp. 95–102. (in Russ.)
10. Tkachuk A.A., Tkachuk V.A. Statokinetic human stability. *Young Scientist*, 2014, no. 2 (61), p. 366–369. (in Russ.)
11. Butios S., Fiorilli G., Buonsenso A., Daniilidis P., Centorbi M., Intrigeri M., di Cagno A. The Impact of Age, Gender and Technical Experience on Three Motor Coordination Skills in Children Practicing Taekwondo. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, no. 18(11), p. 5998.
12. Kabanov Yu.M., Venskovich D.A., Truchenko V.V., Koloshkina V.A. Sensitive periods in human ontogenesis. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2019, no. 12, p. 4.
13. Kryukov V.Yu. Formation of coordination abilities in young karatekas as a factor of performance improvement. *Bulletin of TSU*, 2011, no. 9 (101), pp. 78–82. (in Russ.)
14. Trofimov O.N. Development of Coordination Abilities and Balance of Primary School Age Children. *Yaroslavl Pedagogical Bulletin*, 2011, no. 3, vol. II (Psychological and pedagogical sciences), pp. 114–118. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Иван Владимирович Краснобаев – соискатель кафедры теории и методики оздоровительных технологий и физической культуры Востока, Уральский государственный университет физической культуры, Челябинск; тренер-преподаватель, Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение города Москвы «Центр спорта и образования «Московская экспериментальная школа», Москва, e-mail: iv.krasnobaev@gmail.com.
Олег Олегович Кастальский – кандидат педагогических наук, доцент кафедры теории и методики оздоровительных технологий и физической культуры Востока, Уральский государственный университет физической культуры, Челябинск, e-mail: oleg-ushu@mail.ru.
Евгений Витальевич Быков – доктор медицинских наук, профессор, проректор по НИР, директор НИИ олимпийского спорта, зав. кафедрой спортивной медицины и физической реабилитации, Уральский государственный университет физической культуры, Челябинск; e-mail: bev58@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-7506-8793.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Ivan V. Krasnobaev – Post-Graduate Student of the Department of Theory and Methodology of Health Technologies and Physical Culture of the East, Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk; Coach-Instructor, Center for Sports and Education – Moscow Experimental School, Moscow e-mail: iv.krasnobaev@gmail.com.
Oleg O. Kastal'skij – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Theory and Methodology of Health Technologies and Physical Culture of the East, Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, e-mail: oleg-ushu@mail.ru.
Evgenij V. Bykov – Doctor of Medical Sciences, Professor, Vice-Rector for Research Projects, Director of the Scientific Research Institute of Olympic Sports, Head of the Department of Sports Medicine and Physical Rehabilitation, Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, e-mail: bev58@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-7506-8793.

Для цитирования: Краснобаев, И.В. Показатели статокинетической устойчивости детей при использовании дифференцированного подхода к процессу спортивной подготовки в ушу / И.В. Краснобаев, О.О. Кастальский, Е.В. Быков // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_32

For citation: Krasnobaev I.V., Kastal'skij O.O., Bykov E.V. Statokinetic stability indices of children when using a differentiated approach in the wushu training process. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_32

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_33
УДК 796.332

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_33
UDC 796.332

ВЛИЯНИЕ МЕЖПОЛУШАРНОЙ АСИММЕТРИИ НА ТЕХНИЧЕСКУЮ ПОДГОТОВЛЕННОСТЬ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ФУТБОЛИСТОВ

А.И. Сафроненко, В.А. Блинов, С.Н. Мищенко
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет физической культуры и спорта», г. Омск, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы об определении ведущей и неведущей ноги квалифицированных футболистов. Установлена недостаточная осведомленность специалистов и отсутствие у них единой точки зрения о специфике тренировки неведущей ноги. Разработаны специфические педагогические тесты на определение степени влияния межполушарной асимметрии на техническую подготовленность футболистов, по результатам которых было выявлено, что наблюдается разный уровень владения техническими приемами ведущей и неведущей ногой. По результатам педагогического тестирования определены особенности моторной асимметрии игроков футбольных команд «Иртыш» и «Иртыш-Д»: с преобладанием правосторонней асимметрии – 80%, с преобладанием левосторонней асимметрии – 7%, с наличием признаков амбидекстрии – 13%.
Ключевые слова: футболисты, ведущая нога, неведущая нога, межполушарная асимметрия.

HOW INTERHEMISPHERIC ASYMMETRY INFLUENCES THE TECHNICAL FITNESS OF QUALIFIED SOCCER PLAYERS

A.I. Safronenko, V.A. Blinov, S.N. Mishchenko
Siberian University of Physical Culture and Sport, Omsk, Russia

Abstract. The article discusses the issues of identifying the leading and non-leading leg of qualified soccer players. Insufficient awareness of specialists and their lack of a unified point of view on the specifics of training a non-leading leg has been found. Specific pedagogical tests have been developed to determine the degree of interhemispheric asymmetry influence on the technical fitness of soccer players, according to the results of which it was revealed that there is a different level of technique mastery with a leading and non-leading leg. According to the pedagogical testing results, the features of motor asymmetry of the players from the “Irtysh” and “Irtysh-D” soccer teams were determined: 80% with a predominance of right-sided asymmetry, 70% with a predominance of left-sided asymmetry, and 13% with signs of ambidexterity.
Keywords: soccer players, leading leg, non-dominant leg, interhemispheric asymmetry.

Введение. Анализ научно-методической литературы позволил выявить, что большинство авторов, проводя исследования в области технической подготовки спортсменов, используют неспецифические тесты (лабораторные). Недостаток данного подхода связан с отсутствием учета влияния вида спорта на координационную составляющую футболистов. Мы, в свою очередь, в данных исследованиях предлагаем разработанные нами специфические тесты, которые позволят более точно выявить степень влияния межполушарной асимметрии на техническую подготовленность футболистов.

Актуальность исследования определяется постоянным ростом требований к спортсменам в современном футболе. Большинство специалистов связывают нестабильные выступления национальной, молодежной и юношеских футбольных сборных команд России в соревнованиях последнего десятилетия со значительным отставанием наших игроков от сверстников лучших зарубежных команд в техническом мастерстве [1]. В современном футболе игры проходят на более высоких скоростях, с частым изменением направления движения и сильным физическим контактом с оппонентами. Уровень подготовленности футболиста зависит от степени развития всех физических качеств, однако их развитие отличается у игроков разного амплуа, возраста и этапа подготовки [2, 3]. Кроме

того, сложнокоординационные технико-тактические действия в конкретной ситуации выполняются ведущей и неведущей ногой. Поэтому необходимо своевременно выявлять факторы, лимитирующие эффективность тренировочного процесса, и совершенствовать методику технической подготовки футболистов с учетом межполушарной асимметрии [4].

Цель исследования: определить степень влияния межполушарной асимметрии на техническую подготовленность квалифицированных футболистов.

Задачи исследования:

1. Разработка специфических тестов, направленных на определение степени влияния межполушарной асимметрии на техническую подготовленность футболистов.

2. Определить соотношение квалифицированных футболистов по принципу ведущей ноги.

Методы и организация исследования. Настоящее исследование проводилось на базе кафедры теории и методики футбола и хоккея ФГБОУ ВО СибГУФК и АНО «ФК «Иртыш». Педагогическое тестирование проводилось в подготовительном периоде, на специально-подготовительном этапе. В исследовании приняли участие 55 футболистов футбольных команд «Иртыш» и «Иртыш-Д».

В данном исследовании применялись следующие методы:

1. Обобщение научно-методической литературы по проблеме исследования. В рамках изучения научной проблемы были изучены работы авторов по технической и координационной подготовке.

2. Анкетирование. Для выявления мнения тренеров о подготовке футболиста с учетом межполушарной асимметрии нами было предложено анкетирование, которое включало один вопрос и три варианта ответа. Анкета носила открытый характер. В анкетировании приняли участие 76 тренеров г. Омска, из которых опыт работы в детско-юношеском футболе имели 52, в профессиональном и детско-юношеском – 24. Средний стаж тренерской деятельности составил 12,9 года.

3. Педагогическое тестирование. Для определения степени владения техническими приемами нами были выбраны тесты, разработанные Голомазовым С.В., Чирвой Б.С. [5]. Тест, «Удары по воротам с разных точек» заключался в выполнении трех ударов любой ногой с линии штрафной площади (16,5 м) по воротам с трех обозначенных нами зон (левая, центральная, правая) без дополнительных заданий. Тест «Змейка» представляет собой 10-метровый отрезок, в котором необходимо выполнить скоростное ведение с изменением направления движения двумя ногами. Тест выполнялся в трех попытках, по итогам трех попыток фиксировалось лучшее время.

4. Методы математической статистики. Статистическую обработку данных проводили с помощью компьютерных программ IBM SPSS 20.0 (IBM, США). Описательные статистики количественных данных представлены в виде средней и стандартной ошибки. Для определения статистической значимости различий непрерывных величин использовали Т-критерий Стьюдента. Нормальность распределения определяли по критерию Краскела-Уоллиса. Для всех проведенных тестов различия считали достоверными при $p \leq 0{,}05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Для понимания того, почему устранение моторной асимметрии стало таким важным аспектом развития футбола, необходимо рассмотреть несколько факторов. Во-первых, многие современные футболисты играют на высоком уровне с раннего возраста, с 16-18 лет, что может привести к неравномерному развитию мышечной массы и несимметричному развитию правой и левой сторон тела. Во-вторых, в современном футболе все большее внимание уделяется физической подготовке игроков, что требует от них не только высокой техники и тактики игры, но и хорошей физической формы. В связи с этим тренеры и специалисты в области педагогики все больше обращают внимание на проблему межполушарной асимметрии и разрабатывают специальные программы тренировок, направленные на ее устранение [6].

Большинство респондентов – 70% (53 человека) – считают, что обучение необходимо начинать с «ведущей» ноги, 29% (22 человека) – за то, чтобы обучение начинать одновременно, и только 1% (1 человек) – за обучение с неведущей ноги. Достоверность определяется репрезентативностью выборки генеральной совокупности [7]. В 95% случаев получаемые ответы по законам статистики будут находиться в пределах доверительного интервала ±10,6% от исходного.

Анализ методической литературы и действующих программно-нормативных документов также показывает практическое отсутствие данных о тренировке футболистов с разными моторными предпочтениями, и даже такого термина, как «асимметрия», нет ни в одной из программ для ДЮСШ и СДЮШОР.

Для определения ведущей ноги был предложен тест «Удары по воротам с разных точек» (рис. 1).

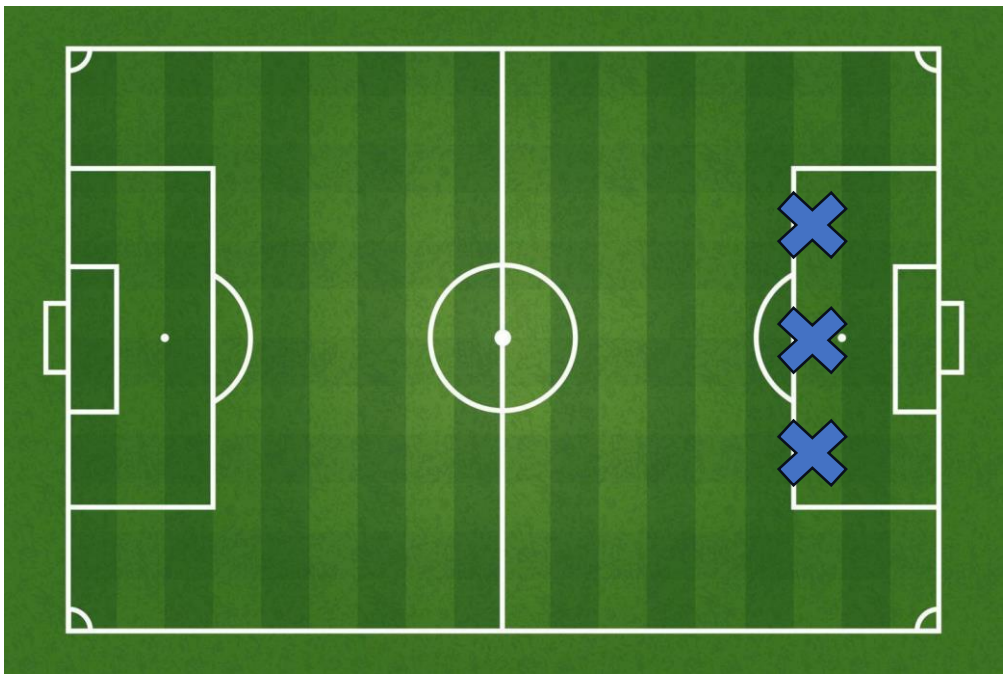


Рис. 1. Тест «Удары по воротам с разных точек»

Из 25 футболистов ФК «Иртыш», выполнявших данный тест, 20 футболистов выполнили удар только ведущей ногой, что составляет 80%, и только 5 футболистов выполнили тест как ведущей, так и неведущей ногой, в зависимости от расположения мяча, что составляет всего 20%. Из 25 футболистов ФК «Иртыш» 18 футболистов выполняли удар правой ногой, 2 футболиста –левой ногой и 5 футболистов – правой и левой ногой. В процентном соотношении правши – 72%, левши – 8%, амбидекстры – 20% ($p \leq 0,05$) (рис. 2).

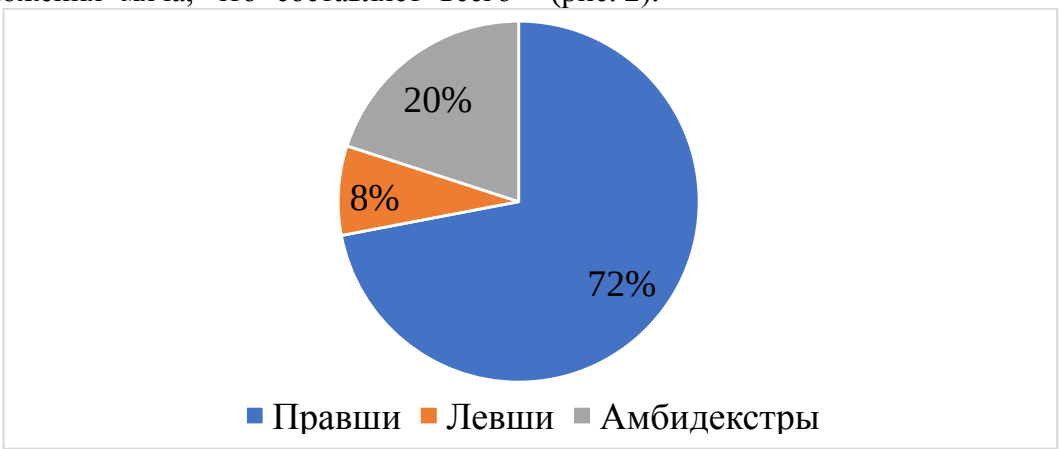


Рис. 2. Показатели ударов по мячу футболистов ФК «Иртыш»

В выполнении этого же теста футболистами ФК «Иртыш-Д» ситуация сложилась следующим образом: из 30 футболистов, выполнявших тест, 28 выполнили удар только ведущей ногой. Футболистов, выполнивших тест неведущей ногой, оказалось всего 2. 26 из 30 футболистов выполнили тест правой ногой, что составляет 86%. 2 футболиста выполнили тест левой ногой, что в процентном соотношении составляет 7%, оставшиеся 2 футболиста выполнили тест как правой, так и левой ногой, процент от общего числа составляет также 7% (p≤0,05) (рис. 3).

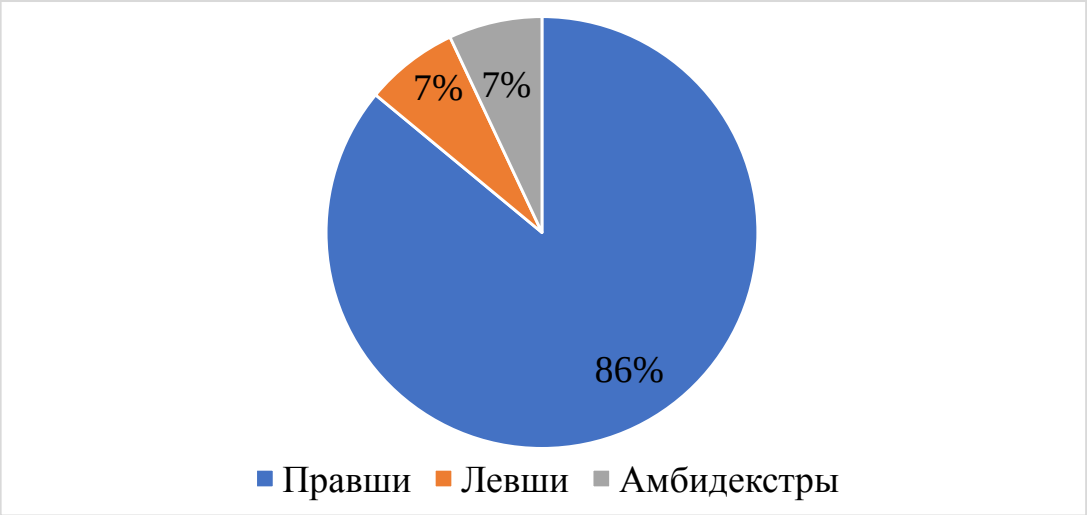


Рис. 3. Показатели ударов по мячу футболистов ФК «Иртыш-Д»

По результатам тестирования можно отметить, что 44 из 55 тестируемых нами футболистов оказались «правшами», что составляет 80%. Для 4 футболистов из общего числа ведущей является левая нога (7%), и 7 игроков (13%) могут выполнять упражнение как правой, так и левой ногой (p≤0,05) (рис. 4).

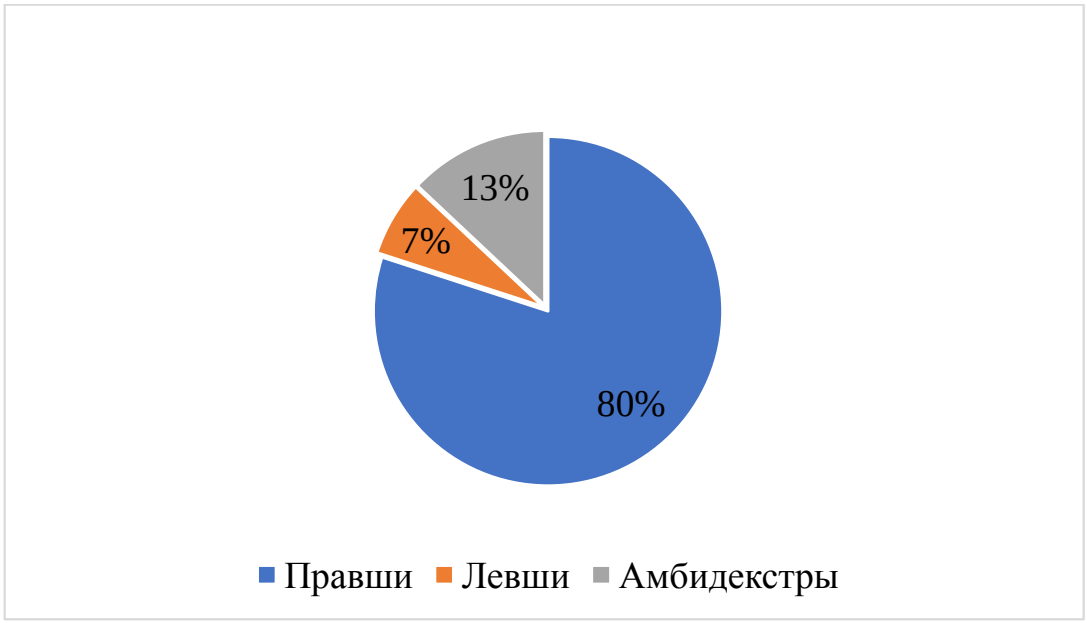


Рис. 4. Сравнительный анализ показателей ударов по мячу футболистов ФК «Иртыш» и «Иртыш-Д»

Для определения технической подготовленности футболистов нами был предложен тест «Змейка» (рис. 5). В тестировании приняли участие 55 футболистов ФК «Иртыш» и ФК «Иртыш-Д». Среднее время выполнения теста отображено в таблице.

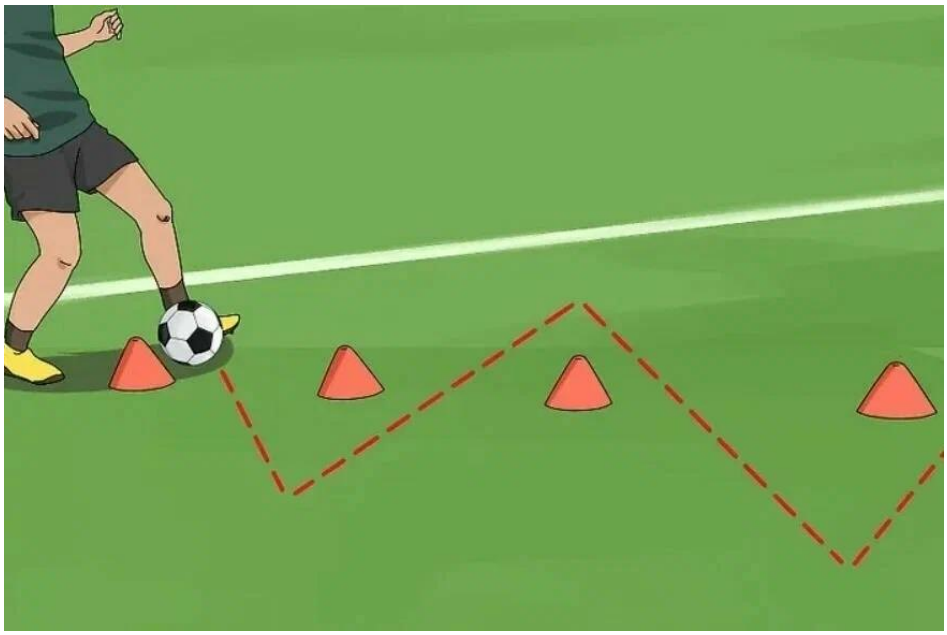


Рис. 5. Тест «Змейка»

Таблица

Среднее время выполнения теста «Змейка», с

Группа футболистов	Время	σ	m
Правши*	7,5	0,22	0,03
Левши*	7,7	0,1	0,05
Амбидекстры*	7,0	0,08	0,03

Примечание: * – данные между всеми сравниваемыми группами являются статически значимыми при $p \leq 0,05$

После анализа и обработки статистических результатов, футболисты-«амбидекстры» показали лучшее среднее время прохождение теста – 7,0 с. Футболисты-правши прошли данный тест с средним временем 7,5 с, футболисты-левши – 7,7 с.

Исходя из полученных данных, можно сделать предположение о том, что квалифицированные футболисты, которые в процессе выполнения технических приемов выполняют действия как правой, так и левой ногой, быстрее адаптируются в тренировочном процессе и соответственно вносят наибольший вклад в успех команды в изменяющихся условиях соревновательной деятельности.

Заключение. В ходе нашего исследования были разработаны специфические педагогические тесты на определение степени влияния межполушарной асимметрии на техническую подготовленность футболистов, по результатам которых было выявлено, что наблюдается разный уровень владения техническими приемами ведущей и неведущей ногой ($p \leq 0,05$).

По результатам педагогического тестирования было определено, что соотношение в обследуемых группах выглядит следующим образом: с преобладанием правосторонней асимметрией – 80%, с преобладанием левосторонней асимметрией – 7%, с наличием признаков амбидекстрии – 13% ($p \leq 0,05$).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бердичевская, Е.М. Феномен «симметрии-асимметрии» с позиций тренеров в различных видах спорта / Е.М. Бердичевская, Е.С. Тришин, А.С. Тришин [и др.] // Научно-педагогические школы в сфере физической культуры и спорта: материалы Международного научно-практического конгресса, посвященного 100-летию ГЦОЛИФК, 30-31 мая 2018 г. – Ч. 2. / под общей редакцией Ю.В. Байковского, В.А. Москвина, В.Ф. Сопова. – Москва: ГЦОЛИФК, 2018. – С. 218–222.

2. Губа, В.П. Основы распознавания раннего спортивного таланта: Учеб. пособие для вузов физической культуры / В.П. Губа // Теория и методика футбола: учебник. – М.: Терра-Спорт, 2003. – 208 с.
3. Золотарев, А.П. Подготовка спортивного резерва в футболе. / А.П. Золотарев. – Краснодар, 2016. – 78 с.
4. Семенюков, А.А. Асимметрия в футболе / А.А. Семенюков, А.П. Золотарев, Е.М. Бердичевская // XII Международный научный конгресс «Современный Олимпийский и Паралимпийский спорт и спорт для всех»: материалы конференций. – М.: Физическая культура, 2008. – Т. 1. – С. 191.
5. Голомазов, С.В. Футбол. Основы и организация тренировки точности технических приемов: Методические разработки для тренеров / С.В. Голомазов, Б.Г. Чирва. – Москва: ТВТ Дивизион, 2013. – 51 с.
6. Горская, И.Ю. Анализ двигательной асимметрии при выполнении координационных тестов начинающими футболистами / И.Ю. Горская, Г.С. Баймаков, А.А. Терещенко // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2020. – № 2 (180). – С. 98–101.
7. Чистяков В.А. Возрастная потеря клеточности: исследование in silico / А.В. Чистяков, Ю.В. Денисенко // Рос. хим. журн. – 2009. – Т. 53. – № 3. – С. 105–110.

REFERENCES

1. Berdichevskaya E.M., Trishin E.S., Trishin A.S. et al. The phenomenon of “symmetry-asymmetry” from the position of coaches in various sports. Scientific and Pedagogical Schools in Physical Culture and Sports: materials of the International Scientific and Practical Congress dedicated to the GTSOLIFK’s 100th (May 30-31, 2018). Part 2. Bajkovskij Yu.V., Moskvin V.A., Sopov V.F., ed. Moscow: GTSOLIFK, 2018. pp. 218-222. (in Russ.)
2. Guba V.P. Fundamentals of early sports talent recognition: a textbook for physical culture universities. Theory and methodology of soccer: a textbook. Moscow: Terra-Sport, 2003. 208 p. (in Russ.)
3. Zolotarev A.P. Preparation of the sports reserve in soccer. Krasnodar, 2016. 78 p. (in Russ.)
4. Semenyukov A.A., Zolotarev A.P., Berdichevskaya E.M. Asymmetry in football. XII International Scientific Congress “Modern Olympic and Paralympic Sport and Sport for All”: conference materials. M.: Fizicheskaya kul’tura, 2008. vol. 1. p. 191. (in Russ.)
5. Golomazov S.V., Chirva B.G. Soccer. Fundamentals and organization of training the technique accuracy: Methodological materials for coaches. Moscow: TVT Division, 2013. 51 p. (in Russ.)
6. Gorskaya, I.Yu. Baimakov G.S., Tereshchenko A.A. Analysis of motor asymmetry under performance of coordination tests by beginning football players. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2020, no. 2 (180), pp. 98-101. (in Russ.)
7. Chistyakov V.A., Denisenko Yu.V. Age-related cellularity loss: in silico study. *Rossijskij khimicheskij zhurnal*, 2009, vol. 53, no. 3, pp. 105-110. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Андрей Игоревич Сафроненко – аспирант, преподаватель, Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Омск, e-mail: vertixxx1001@yandex.ru.
Вячеслав Анатольевич Блинов – кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой теории и методики футбола и хоккея, Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Омск, e-mail: timfih@mail.ru.
Сергей Николаевич Мищенко – преподаватель, Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Омск, e-mail: sergey-m1972@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Andrej I. Safronenko – Post-Graduate Student, Lecturer, Siberian State University of Physical Culture and Sports, Omsk, e-mail: vertixxx1001@yandex.ru.
Vyacheslav A. Blinov – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Soccer and Hockey Theory and Methods, Siberian State University of Physical Culture and Sports, Omsk, e-mail: timfih@mail.ru.
Sergej N. Mishchenko – Lecturer, Siberian State University of Physical Culture and Sports, Omsk, e-mail: sergey-m1972@mail.ru.

Для цитирования: Сафроненко, А.И. Влияние межполушарной асимметрии на техническую подготовленность квалифицированных футболистов / А.И. Сафроненко, В.А. Блинов, С.Н. Мищенко // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_33

For citation: Safronenko A.I., Blinov V.A., Mishchenko S.N. How interhemispheric asymmetry influences the technical fitness of qualified soccer players. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_33

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_34
УДК 797.21

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_34
UDC 797.21

ИНФОРМАТИВНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ ПЛАВАТЕЛЬНЫХ ТЕСТОВ В РАЗНЫХ ЗОНАХ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ПЛОВЦОВ РАЗЛИЧНОЙ КВАЛИФИКАЦИИ

И.Н. Солопов[1,2,4], В.Б. Авдиенко[1,5], С.С. Садовая[2], И.В. Суслина[3]

[1]Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научный центр физической культуры и спорта», г. Москва, Россия

[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградская государственная академия физической культуры», г. Волгоград, Россия

[3]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Волгоград, Россия

[4]Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр спортивной подготовки», г. Москва, Россия

[5]Общественная организация «Всероссийская федерация плавания», г. Москва, Россия

Аннотация. Целью исследования явилось выяснение информативности и надежности тестов для диагностирования функциональных возможностей пловцов при выполнении плавательных нагрузок в разных зонах энергообеспечения. Установлено, что предлагаемые тесты для диагностирования функциональных возможностей пловцов в разных зонах энергообеспечения характеризуются высокой информативностью и надежностью. Широкий диапазон информации, поступающей при тестировании, позволяет рекомендовать использовать результаты плавательных тестов с нагрузками в разных зонах энергообеспечения для дифференцированной оценки специальной физической и функциональной подготовленности пловцов в соответствии с их уровнем адаптированности к физическим нагрузкам (этапом многолетней адаптации).

Ключевые слова: пловцы, плавательные тесты, зоны энергообеспечения, информативность, надежность.

INFORMATIVENESS AND RELIABILITY OF SWIMMING TESTS IN DIFFERENT ENERGY SUPPLY ZONES FOR SWIMMERS OF DIFFERENT QUALIFICATIONS

I.N. Solopov[1,2,4], V.B. Avdienko[1,5], S.S. Sadovaya[2], I.V. Suslina[3],

[1]Federal Scientific Center for Physical Culture and Sports, Moscow, Russia

[2]Volgograd State Academy of Physical Culture, Volgograd, Russia

[3]Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia

[4]Sports Training Center, Moscow, Russia

[5]All-Russian Swimming Federation, Moscow, Russia

Abstract. The goal of the research was to determine the informativeness and reliability of tests for diagnosing the functional capabilities of swimmers during the performing swimming loads in different energy supply zones. It was discovered that the proposed tests for diagnosing the functional capabilities of swimmers in different energy supply zones are characterized by high informativeness and reliability. The wide range of information received during testing allows us to recommend using the results of swimming tests with loads in different energy supply zones for differentiated estimation of special physical and functional preparedness of swimmers in accordance with their level of adaptation to physical loads (stage of long-term adaptation).

Keywords: swimmers, swimming tests, energy supply zones, informativeness, reliability.

Введение. Наиболее адекватным и информативным средством контроля и оценки уровня подготовленности пловцов является тестирование при выполнении специфических плавательных нагрузок [1-3]. Очень часто при множестве пригодных для оценки показателей производят интеркорреляционный анализ, на основании результатов которого исключают взаимообусловливающие индикаторы. Это целесообразно в том случае, когда требуется определить один-два показателя, в наибольшей мере отражающие уровень подготовленности или спортивный результат.

Однако мы полагаем, что такой подход, обеспечивая информативность оценки, не

позволяет дифференцированно оценивать влияние на спортивный результат функциональных возможностей пловца в каждой из выделяемых зон энергообеспечения, приводит к утрате возможности выявлять слабые и сильные компоненты функциональной подготовленности. А именно это весьма важно, исходя из того, что современная концепция тренировки пловцов, принятая в настоящее время в тренировочном процессе сборных команд России по плаванию и ближнего и дальнего ее резерва, обусловливает более дифференцированное развитие функциональных возможностей спортсменов в каждой зоне энергообеспечения отдельно [3].

Вследствие этого на основе анализа литературы и практического опыта ряда ведущих тренеров [3-6] нами были разработаны тесты для оценки функциональных возможностей пловцов в разных зонах энергообеспечения. Основной причиной того, что были разработаны именно восемь плавательных тестов для диагностирования функциональных возможностей пловцов, явилась необходимость оценки производительности организма именно в разных зонах энергообеспечения. Это обусловлено, в свою очередь, принятой в отечественном плавании и, прежде всего, в сборной команде России по плаванию восьмизонной градацией тренировочных нагрузок [3].

В связи с тем, что разработанные тесты для диагностирования функциональных возможностей пловцов при выполнении плавательных нагрузок в разных зонах энергообеспечения разработаны впервые, потребовалась их проверка на информативность и надежность, что и явилось целью настоящего исследования.

Методы и организация исследования. Характеристики плавательных тестов в разных зонах энергообеспечения для пловцов трех квалификационных групп представлены в таблицах 1-3.

Для достижения поставленной цели было осуществлено тестирование пловцов трех квалификационных групп посредством разработанных тестов. Экспериментальная база составила 2026 обследований, в том числе 1058 обследований с участием пловцов-мужчин и 958 обследований с участием пловцов-женщин.

Критерием распределения пловцов на квалификационные группы являлся уровень их спортивной результативности на основной дистанции. В первую группу вошли спортсмены, имеющие спортивный результат, оцениваемый по таблице World Aquatics (WA), до 500 очков, вторую группу составили пловцы, имеющие спортивный результат в диапазоне от 500 до 700 очков, в состав третьей группы включили пловцов со спортивным результатом более 700 очков [3].

Таблица 1

Плавательные тесты для пловцов первой квалификационной группы различной дистанционной специализации в разных зонах энергообеспечения

Показатель, пульсовая зона, способ плавания	Спринтер		Средневик и стайер	
	тест	режим, пауза	тест	режим, пауза
Тест-ПАО-I (ЧСС=18-20 за 10 с) (кроль на груди)	24х50 м	R=1’00”	3х400 м	R=6’30”
Тест-ПАО-II (ЧСС=21-22 за 10 с) (кроль на груди)	24х50 м	R=1’00”	3х400 м	R=6’30”
Тест-ПАО-III (ЧСС=23-24 за 10 с) (кроль на груди)	24х50 м	R=1’00”	3х400 м	R=6’30”
Тест-ПАНО-I (ЧСС=25-26 за 10 с) (основной способ, дельфинисты, кролем)	20х50 м	R=1’00”	5х200 м	R=2’50”
Тест-ПАНО-II (ЧСС=27-28 за 10 с) (основной способ, дельфинисты, кролем)	16х50 м	R=1’00”	8х100 м	R=2’00”
Тест-МПК (ЧСС=29-30 за 10 с) (основной способ)	10х 0 м	R=1’10”	4х100 м	R=2’10”
Интервальный тест (ИТ) (ЧСС=32 за 10 с) (основной способ)	6х50 м	R=1’50”	3х100 м	20”
Повторный тест (ПТ) (ЧСС=32 за 10 с) (основной способ)	6х25 м	R=3’00”	2х50 м	R=5’00”

Таблица 2

Плавательные тесты для пловцов второй квалификационной группы различной дистанционной специализации в разных зонах энергообеспечения

Показатель, пульсовая зона, способ плавания	Спринтер		Средневик и стайер	
	тест	режим, пауза	тест	режим, пауза
Тест-ПАО-I (ЧСС=18-20 за 10 с) (кроль на груди)	24х100 м	R=1’50”	2х1500 м	60”
Тест-ПАО-II (ЧСС=21-22 за 10 с) (кроль на груди)	24х100 м	R=1’50”	2х1500 м	40”
Тест-ПАО-III (ЧСС=23-24 за 10 с) (кроль на груди)	24х100 м	R=1’50”	2х1500 м	30”
Тест-ПАНО-I (ЧСС=25-26 за 10 с) (основной способ, дельфинисты, кролем)	24х100 м	R=1’50”	3х800 м	30”
Тест-ПАНО-II (ЧСС=27-28 за 10 с) (основной способ, дельфинисты, кролем)	32х50 м	R=55”	16х100 м	R=1’50”
Тест-МПК (ЧСС=29-30 за 10 с) (основной способ)	12х50 м	R=1’05”	6х100 м	R=2’05”
Интервальный тест (ИТ) (ЧСС=32 за 10 с) (основной способ)	10х50 м	R=1’50”	5х100 м	20”
Повторный тест (ПТ) (ЧСС=32 за 10 с) (основной способ)	2х50 м	R=5’00”	2х100 м	R=8’00”

Таблица 3

Плавательные тесты для пловцов третьей квалификационной группы различной дистанционной специализации в разных зонах энергообеспечения

Показатель, пульсовая зона, способ плавания	Спринтер		Средневик и стайер	
	тест	режим	тест	режим, пауза
Тест-ПАО-I (ЧСС=18-20 за 10 с) (кроль на груди)	30х100 м	R=1’50”	3х1500 м	60”
Тест-ПАО-II (ЧСС=21-22 за 10 с) (кроль на груди)	30х100 м	R=1’50”	3х1500 м	40”
Тест-ПАО-III (ЧСС=23-24 за 10 с) (кроль на груди)	30х100 м	R=1’50”	3х1500 м	30”
Тест-ПАНО-I (ЧСС=25-26 за 10 с) (основной способ, дельфинисты, кролем)	30х100 м	R=1’50”	2х1500 м	30”
Тест-ПАНО-II (ЧСС=27-28 за 10 с) (основной способ, дельфинисты, кролем)	16х100 м	R=1’50”	8х200 м	R=2’50”
Тест-МПК (ЧСС=29-30 за 10 с) (основной способ)	16х50 м	R=1’00”	8х100 м	R=2’00”
Интервальный тест (ИТ) (ЧСС=32 за 10 с) (основной способ)	12х50 м	R=1’50”	6х100 м	20”
Повторный тест (ПТ) (ЧСС=32 за 10 с) (основной способ)	3х50 м	R=5’00”	2х100 м	R=8’00”

На основе полученных результатов каждый из разработанных тестов оценивался на информативность и надежность. Эмпирическую информативность плавательных тестов оценивали по коэффициенту корреляции Пирсона (***r***). В качестве критерия использовался соревновательный результат на основной дистанции на момент тестирования.

Коэффициент надежности ***rt*** определялся методом расщепления [7-11]. Следуя методу расщепления, результаты теста были разделены на две группы по четным и нечетным номерам, находился коэффициент корреляции Пирсона между двумя получившимися наборами. Затем результат корректировался по формуле Спирмена-Брауна [10].

Результаты исследования и их обсуждение. В таблице 4 приведены коэффициенты корреляции результатов тестирования у пловцов-женщин в разных зонах энергообеспечения с их спортивными результатами, демонстрируемыми на момент обследования.

Корреляционный анализ во всех квалификационных группах пловцов-женщин показал, что результаты плавательных тестов практически во всех зонах энергообеспечения имели существенные уровни взаимосвязи со спортивным результатом и во всех случаях эти взаимосвязи были статистически значимы при P<0,01.

В таблице 5 представлены коэффициенты надежности результатов тестирования у пловцов-женщин в разных зонах энергообеспечения с их спортивными результатами, демонстрируемыми на момент обследования.

Коэффициенты корреляции результатов тестирования у пловцов-мужчин в разных зонах энергообеспечения с их спортивными результатами представлены в таблице 6.

Таблица 4

Коэффициенты корреляции (***r***) между результатами (очки WA) в плавательных тестах в различных зонах энергообеспечения и спортивным результатом у пловцов-женщин различных квалификационных групп

Показатель	Первая квалификационная группа (до 500 очков WA)	Вторая квалификационная группа (от 500 до 700 очков WA)	Третья квалификационная группа (более 700 очков WA)
Тест-ПАО-I (ЧСС=18-20 за 10 с) (кроль на груди)	(n=26) 0,854*	(n=51) 0,818*	(n=64) 0,767*
Тест-ПАО-II (ЧСС=21-22 за 10 с) (кроль на груди)	(n=29) 0,784*	(n=54) 0,664*	(n=44) 0,724*
Тест-ПАО-III (ЧСС=23-24 за 10 с) (кроль на груди)	(n=30) 0,708*	(n=48) 0,743*	(n=50) 0,784*
Тест-ПАНО-I (ЧСС=25-26 за 10 с) (основной способ, дельфинисты, кролем)	(n=28) 0,725*	(n=30) 0,696*	(n=39) 0,697*
Тест-ПАНО-II (ЧСС=27-28 за 10 с) (основной способ, дельфинисты, кролем)	(n=32) 0,753*	(n=34) 0,787*	(n=36) 0,753*
Тест-МПК (ЧСС=29-30 за 10 с) (основной способ)	(n=31) 0,696*	(n=34) 0,674*	(n=42) 0,684*
Интервальный тест (ИТ) (ЧСС=32 за 10 с) (основной способ)	(n=28) 0,697*	(n=40) 0,718*	(n=28) 0,699*
Повторный тест (ПТ) (ЧСС=32 за 10 с) (основной способ)	(n=30) 0,800*	(n=79) 0,717*	(n=61) 0,770*

Примечание: Достоверность взаимосвязи: * – при P<0,01.

Таблица 5

Коэффициент надежности (***rt***) плавательных тестов в различных зонах энергообеспечения у пловцов женщин различных квалификационных групп

Показатель	Первая квалификационная группа (до 500 очков WA)	Вторая квалификационная группа (от 500 до 700 очков WA)	Третья квалификационная группа (более 700 очков WA)
Тест-ПАО-I (ЧСС=18-20 за 10 с) (кроль на груди)	0,933	0,835	0,805
Тест-ПАО-II (ЧСС=21-22 за 10 с) (кроль на груди)	0,797	0,752	0,809
Тест-ПАО-III (ЧСС=23-24 за 10 с) (кроль на груди)	0,812	0,766	0,782
Тест-ПАНО-I (ЧСС=25-26 за 10 с) (основной способ, дельфинисты, кролем)	0,926	0,845	0,728
Тест-ПАНО-II (ЧСС=27-28 за 10 с) (основной способ, дельфинисты, кролем)	0,707	0,806	0,730
Тест-МПК (ЧСС=29-30 за 10 с) (основной способ)	0,844	0,814	0,842
Интервальный тест (ИТ) (ЧСС=32 за 10 с) (основной способ)	0,828	0,767	0,982
Повторный тест (ПТ) (ЧСС=32 за 10 с) (основной способ)	0,836	0,720	0,867

Таблица 6

Коэффициенты корреляции (***r***) между результатами (очки WA) в плавательных тестах в различных зонах энергообеспечения и спортивным результатом у пловцов-мужчин различных квалификационных групп

Показатель	Первая квалификационная группа (до 500 очков WA)	Вторая квалификационная группа (от 500 до 700 очков WA)	Третья квалификационная группа (более 700 очков WA)
Тест-ПАО-I (ЧСС=18-20 за 10 с) (кроль на груди)	(n=30) 0,727*	(n=48) 0,686*	(n=84) 0,656*
Тест-ПАО-II (ЧСС=21-22 за 10 с) (кроль на груди)	(n=36) 0,793*	(n=41) 0,607*	(n=62) 0,705*
Тест-ПАО-III (ЧСС=23-24 за 10 с) (кроль на груди)	(n=30) 0,738*	(n=36) 0,660*	(n=82) 0,635*
Тест-ПАНО-I (ЧСС=25-26 за 10 с) (основной способ, дельфинисты, кролем)	(n=32) 0,718*	(n=34) 0,684*	(n=48) 0,794*
Тест-ПАНО-II (ЧСС=27-28 за 10 с) (основной способ, дельфинисты, кролем)	(n=32) 0,766*	(n=30) 0,777*	(n=44) 0,770*
Тест-МПК (ЧСС=29-30 за 10 с) (основной способ)	(n=28) 0,712*	(n=38) 0,823*	(n=46) 0,723*
Интервальный тест (ИТ) (ЧСС=32 за 10 с) (основной способ)	(n=26) 0,813*	(n=26) 0,798*	(n=26) 0,830*
Повторный тест (ПТ) (ЧСС=32 за 10 с) (основной способ)	(n=28) 0,710*	(n=77) 0,755*	(n=94) 0,806*

Примечание: Достоверность взаимосвязи: * – при $p<0,01$.

Из приведенных данных можно видеть, что так же, как и у спортсменок, у пловцов-мужчин наблюдаются существенные (статистически достоверные) корреляционные связи результатов плавательных тестов с уровнем спортивной результативности.

В таблице 7 представлены коэффициенты надежности результатов тестирования у пловцов-мужчин в разных зонах энергообеспечения с их спортивными результатами, демонстрируемыми на момент обследования.

Таблица 7

Коэффициент надежности (***rt***) плавательных тестов в различных зонах энергообеспечения у пловцов мужчин различных квалификационных групп

Показатель	Первая квалификационная группа (до 500 очков WA)	Вторая квалификационная группа (от 500 до 700 очков WA)	Третья квалификационная группа (более 700 очков WA)
Тест-ПАО-I (ЧСС=18-20 за 10 с) (кроль на груди)	0,846	0,745	0,812
Тест-ПАО-II (ЧСС=21-22 за 10 с) (кроль на груди)	0,865	0,850	0,824
Тест-ПАО-III (ЧСС=23-24 за 10 с) (кроль на груди)	0,904	0,886	0,839
Тест-ПАНО-I (ЧСС=25-26 за 10 с) (основной способ, дельфинисты, кролем)	0,839	0,765	0,824
Тест-ПАНО-II (ЧСС=27-28 за 10 с) (основной способ, дельфинисты, кролем)	0,860	0,825	0,789
Тест-МПК (ЧСС=29-30 за 10 с) (основной способ)	0,839	0,819	0,821
Интервальный тест (ИТ) (ЧСС=32 за 10 с) (основной способ)	0,815	0,829	0,831
Повторный тест (ПТ) (ЧСС=32 за 10 с) (основной способ)	0,860	0,768	0,821

Полученные результаты отражают высокую информативность разработанных тестов при оценке специальной физической работоспособности пловцов – спортивной результативности. Показано, что у качественного теста коэффициент надежности должен быть не менее 0,7 [7]. Представленные в таблицах 4-7 данные свидетельствуют о приемлемой надежности всех разработанных тестов.

Заключение. Анализ результатов оценки плавательных тестов на информативность и надежность дает основание полагать, что показатели функциональных возможностей в разных зонах энергообеспечения с разной степенью влияния обусловливают спортивный результат и могут быть использованы для диагностики и оценки подготовленности пловцов. Следует отметить, что широкий диапазон информации, поступающей при тестировании посредством разработанной и используемой батареи тестов, позволяет дифференцировать полученные результаты по категориям и качественным характеристикам функциональных возможностей в соответствии с иерархией их включения в обеспечение спортивного результата.

Исходя из полученных результатов исследований, можно рекомендовать использовать результаты плавательных тестов с нагрузками в разных зонах энергообеспечения для дифференцированной оценки специальной физической и функциональной подготовленности пловцов в соответствии с их уровнем адаптированности к физическим нагрузкам (этапом многолетней адаптации).

На первом этапе многолетней адаптации к физическим нагрузкам в первой квалификационной группе акцентированное внимание необходимо уделять результатам аэробных тестов (тест-ПАО-I, тест-ПАО-II, тест-ПАО-III), что будет учитывать известную биологическую закономерность развития адаптированности к физическим нагрузкам [12] и явится отражением эффективности решения основной тренировочной задачи на этом этапе – создание мощной аэробной базы функциональной подготовленности пловцов [3].

На втором этапе многолетней адаптации к физическим нагрузкам во второй квалификационной группе основное внимание следует уделять оценке показателей функциональной мобилизации, результатам в тестах с нагрузками на уровне максимальной аэробной, лактатной анаэробной и алактатной анаэробной производительности (тест-МПК, интервальный тест (ИТ), повторный тест (ПТ)), при этом не снижая внимания к результатам тестов, отражающим уровень функциональной мощности и усиливая внимание к тестам, отражающим уровень функциональной экономичности-эффективности. Так как на втором этапе многолетней адаптации к физическим нагрузкам в обеспечении специальной физической работоспособности пловцов значительную роль играют факторы всех функциональных категорий, хотя и при ведущей роли факторов функциональной мобилизации, оценка всех показателей должна быть равнозначна.

На третьем этапе многолетней адаптации в третьей квалификационной группе пловцов основное внимание следует уделять показателям функциональной экономичности-эффективности (тест-ПАНО-I и тест-ПАНО-II).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Foster, C. Stability of the blood lactate-heart rate relationship in competitive athletes / C. Foster, D.J. Fitzgerald, P. Spatz // Medicine and Science in Sports and Exercise. – 1998. – Vol. 31. – P. 578–582.

2. Соломатин, В.Р. Нормативные требования и оценка перспективности юных пловцов / В.Р. Соломатин // Теория и практика физической культуры. – 2010. – № 7. – С. 11–13.

3. Авдиенко, В.Б. Управление тренировкой пловца: монография / В.Б. Авдиенко, И.Н. Солопов. – Волгоград: ПринТерра-Дизайн, 2023. – 696 с.

4. Morrow, J.R. Measurement and evalution in Human Performance / J.R. Morrow, A.W. Jackson, J.G. Disch, D.P. Mood // Human Kinetics Publishers, 1995. – 416 p.

5. Мищенко, В.С. Эргометрические тесты и критерии интегральной оценки выносливости / В.С. Мищенко // Спортивная медицина. – 2005. – № 1. – С. 42–52.
6. Сучков, С.И. Экспериментальное обоснование системы оценки специальной физической подготовленности пловцов различной квалификации / С.И. Сучков, О.Ю. Галактионова, М.В. Белоглазов // Известия МГТУ «МАМИ». – 2013. – Т. 2. – № 4 (18).– С. 343–348.
7. Ким, В.С. Тестирование учебных достижений: монография / В.С. Ким. – Уссурийск: Издательство УГПИ, 2007. – 214 с.
8. Мороз, Л.С. Методы определения надежности и валидности тестов для контроля знаний / Л.С. Мороз // Труды БГТУ. Физико-математические науки и информатика. – 2010. – № 6. – С. 176–179.
9. Бриленок, Н.Б. Педагогический контроль и тестирование в спортивной деятельности: учебно-методическое пособие / Н.Б. Бриленок. – Саратов: Изд-во «Саратовский источник», 2019. – 51 с.
10. Муратова, Л.А. Исследование качества теста по школьному курсу / Л.А. Муратова // Инновации. Наука. Образование. – 2021. – № 33. – С. 1644–1653.
11. Воронин, А.Н. Оценка психометрической надежности тестирования когнитивного ресурса / А.Н. Воронин // Наука и образование в социокультурном пространстве современного общества : Сборник научных трудов. – Смоленск, ООО «Смоленский социологический центр», 2022. – С. 75–80.
12. Солопов, И.Н. Функциональные характеристики систем дыхания и кровообращения у спортсменов разного уровня адаптированности к специфическим видам локомоций: моно-графия / И.Н. Солопов, Е.П. Горбанева, С.А. Воскресенский. – Волгоград: ВГАФК, 2021. – 164 с.

REFERENCES

1. Foster C., Fitzgerald D.J., Spatz P. Stability of the blood lactate–heart rate relationship in competitive athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1998, vol. 31, pp. 578–582.
2. Solomatin V.R. Regulatory requirements and estimation of young swimmers' potential. *Theory and practice of physical education*, 2010, no. 7, pp. 11–13. (in Russ.)
3. Avdienko V.B., Solopov I.N. Swimmer training management: monograph. Volgograd: Printerra-Design, 2023, 696 p. (in Russ.)
4. Morrow J.R., Jackson A.W., Disch J.G., Mood D.P. Measurement and evalution in Human Performance. Human Kinetics Publishers, 1995, 416 p. (in Russ.)
5. Mishchenko V.S. Ergometric tests and criteria for integrated estimation of endurance. *Sports medicine*, 2005, no. 1, pp. 42–52. (in Russ.)
6. Suchkov S.I., Galaktionova O.Yu., Beloglazov M.V. Experimental substantiation of the system for assessing special physical fitness of swimmers of various qualifications. *Bulletin of Moscow State Technical University "MAMI"*, 2013, vol. 2, no. 4 (18), pp. 343–348. (in Russ.)
7. Kim V.S. Testing of educational achievements: monograph. Ussuriysk: Publishing House of UGPI, 2007, 214 p. (in Russ.)
8. Moroz L.S. Methods for determining the reliability and validity of tests for knowledge control. *Proceedings of BSTU. Physical and mathematical sciences and computer science*, 2010, no. 6, pp. 176–179. (in Russ.)
9. Brilenok N.B. Pedagogical control and testing in sports activities: a teaching aid. Saratov: Publishing house "Saratovsky Istochnik", 2019, 51 p. (in Russ.)
10. Muratova L.A. Study of the quality of the test for the school course. *Innovations. Science. Education*, 2021, no. 33, pp. 1644–1653. (in Russ.)
11. Voronin A.N. Estimation of the psychometric reliability of testing a cognitive resource. Science and education in the socio-cultural space of modern society: Collection of scientific papers. Smolensk: Limited Liability Company "Smolensk Sociological Center", 2022, pp. 75–80. (in Russ.)
12. Solopov I.N., Gorbaneva E.P., Voskresensky S.A. Functional characteristics of the respiratory and circulatory systems in athletes with different levels of adaptation to specific types of locomotion: monograph. Volgograd: VSAFC, 2021, 164 p. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Игорь Николаевич Солопов – доктор биологических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, руководитель комплексной научной группы спортивной сборной команды России по плаванию, ФГБУ «Центр спортивной подготовки», Москва; ведущий научный сотрудник лаборатории циклических олимпийских видов спорта, Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва; профессор кафедры теории и методики водных видов спорта, Волгоградская государственная академия физической культуры, Волгоград, e-mail: Solopov58@mail.ru. ORCID: 0000-0002-2708-2101.

Виктор Борисович Авдиенко – заслуженный тренер СССР и РФ, научный сотрудник лаборатории циклических олимпийских видов спорта, Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва; Первый вице-президент, спортивный директор, Всероссийская федерация плавания, Москва, e-mail: avdienko.v.b@vniifk.ru.
Светлана Сергеевна Садовая – кандидат педагогических наук, доцент кафедры теории и методики физического воспитания, Волгоградская государственная академия физической культуры, Волгоград, e-mail: svetlana300377@gmail.com.
Ирина Васильевна Суслина – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры гистологии, эмбриологии, цитологии, Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, e-mail: Irina.Suslina4@yandex.ru. ORCID: 0009-0009-8740-9530.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Igor N. Solopov – Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Worker of Higher School of the Russian Federation, Head of the Integrated Research Group of the Russian National Swimming Team, Federal State Budgetary Institution "Sports Training Center", Moscow; Leading Researcher, Laboratory of Cyclic Olympic Sports, Federal Scientific Center for Physical Culture and Sports, Moscow; Professor, Department of Theory and Methodology of Water Sports, Volgograd State Academy of Physical Culture, Volgograd, e-mail: Solopov58@mail.ru. ORCID: 0000-0002-2708-2101.
Viktor B. Avdienko – Honored Coach of the USSR and the Russian Federation, Researcher, Laboratory of Cyclic Olympic Sports, Federal Scientific Center of Physical Culture and Sports, Moscow; First Vice President, Sports Director, All-Russian Swimming Federation, Moscow, e-mail: avdienko.v.b@vniifk.ru.
Svetlana S. Sadovaya – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Department of Theory and Methodology of Physical Education, Volgograd State Academy of Physical Education, Volgograd, e-mail: svetlana300377@gmail.com.
Irina V. Suslina – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Histology, Embryology, Cytology, Volgograd State Medical University, Volgograd, e-mail: Irina.Suslina4@yandex.ru. ORCID: 0009-0009-8740-9530.

Для цитирования: Информативность и надежность плавательных тестов в разных зонах энергообеспечения для пловцов различной квалификации / И.Н. Солопов, В.Б. Авдиенко, С.С. Садовая, И.В. Суслина // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_34

For citation: Solopov I.N., Avdienko V.B., Sadovaya S.S., Suslina I.V. Informativeness and reliability of swimming tests in different energy supply zones for swimmers of different qualifications. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_34

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_35
УДК 796.88; 796.894

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_35
UDC 796.88; 796.894

БАЗОВЫЕ КРИТЕРИИ ОПТИМИЗАЦИИ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СПОРТСМЕНОВ СИЛОВЫХ ВИДОВ СПОРТА

М.Х. Спатаева
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)», г. Омск, Россия

Аннотация. В условиях соревновательной деятельности спортсмена большое значение имеет его надежность, предполагающая некоторую спортивную или соревновательную стабильность. Она обеспечивается качеством психологического сопровождения. Для полноценного психологического сопровождения процесса подготовки спортсменов требуется учет определенных критериев (свойств нервной системы, темперамента, эмоциональной сферы и т.д.), позволяющих диагностировать или регулировать состояние спортсмена. Указанные критерии, являющиеся, по сути, индикаторами состояния спортсмена, в том числе позволяют определить необходимый психоэмоциональный оптимум. В настоящей статье представлены результаты определения и анализа критериев оптимизации психоэмоционального состояния спортсменов силовых видов спорта. Разработана система оптимизации психоэмоционального состояния атлетов, установлены элементы системы достижения оптимума психоэмоционального состояния и предложена система его анализа.
Ключевые слова: спортсмены, силовые виды спорта, система, систематизация процесса, анализ системы, критерии оптимума.

CRITERIA FOR OPTIMIZING PSYCHOEMOTIONAL STATE OF STRENGTH SPORTS ATHLETES

M.Kh. Spataeva
Siberian State Automobile and Highway University, Omsk, Russia

Abstract. In the conditions of an athlete’s competitive activity, his reliability, which presupposes some sports or competitive stability, is of great importance. It is ensured by the quality of psychological support. For full psychological support of the process of training athletes, it is necessary to take into account certain criteria (properties of the nervous system, temperament, emotional sphere, etc.) that allow diagnosing or regulating an athlete’s condition. The specified criteria, which are, in fact, indicators of an athlete’s condition, make it possible to determine the necessary psychoemotional optimum. This article presents the results of determining and analyzing criteria for optimizing the psychoemotional state of strength sports athletes. The author has developed a system for optimizing the psychoemotional state of athletes, identified elements of a system for achieving an optimal psychoemotional state and proposed a system for its analysis.
Keywords: athletes, strength sports, system, process systematization, system analysis, optimal criteria.

Введение. Термин «оптимум» прочно вошел в профессиональный лексический оборот специалистов разного профиля, однако его семантическое значение порой остается неточным. Это касается исследований разных направлений, в том числе педагогических и психологических и др. [1-3]. В частности, второе направление в контексте описания психических явлений и поведения отмечается в работе К.В. Карпинского, который провел детальный анализ указанного термина.

С точки зрения К.В. Карпинского «… совпадение оптимума с максимальной степенью проявления условий является частным случаем, а не общим правилом, т.е. наибольшее не всегда тождественно наилучшему. Во-первых, оптимальные условия – не обязательно те, которые имеют предельную, максимальную количественную выраженность. В ряде случаев оптимальными могут быть условия, имеющие минимальную или промежуточную степень выраженности. Во-вторых, если максимум –

это чисто количественная мера, то оптимальность условий может быть детерминирована как их количеством, так и их качественными характеристиками» [4].

Актуальность идеи оптимума представлена в самых разных областях науки. Это связано с необходимостью ее интеграции в корпус понятий, образующих общенаучную методологию, в первую очередь, введения в контекст методологии системного подхода. Выявление оптимума позволяет анализировать и прогнозировать генетические и функциональные закономерности, управляющие определенной системой.

Цель исследования – анализ критериев оптимизации психоэмоционального состояния спортсменов силовых видов спорта.

Задачи исследования: систематизировать процесс оптимизации психоэмоционального состояния спортсменов силовых видов спорта; определить элементы анализа оптимума психоэмоционального состояния; определить диагностическую экспресс-методику, приемлемую для применения на соревнованиях для оценки психоэмоционального состояния атлетов.

Методы и организация исследования. В исследовании применялись следующие методы: анализ научно-методической литературы, системный анализ. В качестве диагностического компонента состояния спортсмена была выбрана экспресс-методика «Контрасты» [5].

Результаты исследования и их обсуждение. В целях научного анализа необходимо четко различать две разновидности оптимума: абсолютный и относительный [4]. Абсолютный оптимум – это состояние системы, постулированное научной теорией в качестве оптимального, но не всегда достигаемое системами в реальности. Относительный оптимум – это состояние системы, являющееся оптимальным по сравнению с другими состояниями, в которых действительно может пребывать данная система. Оп тимум устанавливается как наилучшее состояние из континуума всех возможных состояний, которые она в реальности способна принять. С учетом этого была сформирована схема анализа оптимума системы (рис. 1).



Рис. 1. Схема анализа оптимума системы (по П.К. Карпинскому, 2012)

Условия оптимизации психоэмоционального состояния спортсменов представлены в работах разных авторов [6-15]. При этом практически все авторы предлагают отдельные критерии оптимума, а также средства регуляции психоэмоционального состояния спортсменов. Так, одни авторы в качестве критерия оптимума выбирают эмоциональное возбуждение, а способа снижения переживаний спортсмена – сосредоточение на технических и технико-тактических компонентах деятельности [16]. Другие авторы рекомендуют техническую подготовку считать ведущим критерием оптимального психоэмоционального состояния. Это обусловливается тем, что отработка техники движения позволяет изменить нетипичные психоэмоциональные

установки спортсмена и переориентировать его на актуальное психоэмоциональное состояние [17]. Также в качестве критерия оптимума рассматривается контроль субъективного состояния спортсменов, а в качестве регуляции психоэмоционального состояния применяются приемы отключение и переключение [18]. Многие авторы, соглашаясь с тем, что состояние спортсмена является ведущим критерием, рекомендуют ауто- и психовоздействия в качестве регулятора психоэмоционального состояния [19, 20].

Непосредственно по соревновательному мезоциклу отмечается недостаточность информационного резерва относительно критериев оптимизации и способов регуляции состояния спортсмена. В данном случае возникла необходимость систематизации указанного процесса, для упрощения его анализа и подбора средств регуляции состояния спортсмена (рис. 2).



Рис 2. Анализ системы оптимального психоэмоционального состояния спортсменов силовых видов спорта

Были установлены обязательные элементы научного анализа оптимума психоэмоционального состояния спортсмена:

1. Предмет оптимума – психоэмоциональное состояние как носитель психологического оптимума, в частности установка.

2. Признаки оптимума – свойства системы, которые объективно значимы для ее развития и функционирования. В качестве комплексов признаков, свойственных для любой системы, приняты стенические и астенические состояния. Стенические и астенические реакции являются психической стороной эмоций и могут оказывать влияние не только на переживания, но и на интеллектуальные процессы. Генетически и функционально незначимые свойства не принадлежат к числу признаков оптимума. Кроме того, признаки оптимума – это только те свойства системы, выраженность которых может изменяться в определенном диапазоне. Иными словами, они являются переменными, а не константами, т.е. обладают способностью варьировать в разные периоды существования одной и той же системы, а также при переходе от одной системы данного класса к другой. Это отчетливо усматривается при переходе спортсмена от одного мезоцикла подготовки к другому. Фон психоэмоционального состояния меняется в связи с изменением объема нагрузок, степени восстановления спортсмена, а также со степенью напряжения систем адаптации к изменяющимся условиям.

3. Параметры оптимума – это качественные и количественные показатели выраженности свойств системы, при которых ее состояние является оптимальным. В нашем случае оптимум отражен коэффициентом предпочтений в диапазоне от 0,40 до 1,14. Склонность к астеническим и астеноневротическим реакциям варьирует в диапазоне 0,25–0,39 коэффициента предпочтений. Коэффициент предпочтений в случае

склонности к стеническим реакциям варьирует в диапазоне 1,15–2,78 и более. В связи с вышеуказанным оптимум был интервальным, т.к. системе не удается длительно удерживать оптимальное состояние в протяженном диапазоне значений своих свойств. В зависимости от условий, в которые помещена система, значения параметров оптимума меняются (например, при переводе спортсмена с переходного периода на общеподготовительный). В связи с этим параметры оптимума можно назвать множественными, в зависимости от того в каком периоде подготовки находится спортсмен.

4. Критерии оптимума – это внешние и внутренние проявления системы, которые свидетельствуют о ее нахождении в оптимальном состоянии, а также могут указывать на степень ее отклонения, удаления от данного состояния. В нашем случае в качестве критериев оптимума установлена полярность эмоций – их негативность или позитивность. На наш взгляд, именно эти составляющие могут обеспечить динамику, направленность, устойчивость развития системы оптимального психоэмоционального состояния, а также продуктивность и надежность ее функционирования.

5. Условия оптимума – это совокупность внутренних и внешних условий, которые способствуют достижению и сохранению системой оптимального состояния. Условиями являются средства достижения оптимального психоэмоционального состояния. Внутренними условиями оптимума, с нашей точки зрения, могут служить средства самостоятельной психорегуляции. Внешними условиями оптимума являются установки тренера и психолога, направленные на спортсмена. Важным компонентом в регуляции этих условий является суть целеполагания. Все методики, применяемые субъектами тренировочного процесса, должны преследовать единую цель, т.к. их расхождение будет способствовать разрушению основ целевой установки.

Заключение. Таким образом, базовыми критериями процесса оптимизации психоэмоционального состояния спортсменов силовых видов спорта могут являться следующие аспекты:

1. Формирование системы оптимизации психоэмоционального состояния спортсменов силовых видов спорта для его детального анализа и последующей коррекции.

2. Определение элементов анализа оптимума психоэмоционального состояния, в качестве которых выступают: предмет, признаки, параметры, критерии и условия оптимума.

3. Применение на соревнованиях диагностической экспресс-методики, оценивающей актуальное психоэмоциональное состояние спортсменов, в качестве которой может выступать методика «Контрасты».

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оптимизация психоэмоционального состояния сотрудников умственного труда в процессе систематических занятий физическими упражнениями / И.О. Смолдовская, И.В. Антипенкова, А.В. Киреева, А.В. Мазурина // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2020. – № 9(187). – С. 349–353.
2. Родомакина, Н.И. Оптимизация психоэмоционального состояния спортсменов легкоатлетов в предсоревновательный период / Н.И. Родомакина // Инновационная наука. – 2017. – № 10. – С. 96–101.
3. К вопросу об астатическом экологическом оптимуме / В.А. Кузнецов, В.В. Зданович, Е.А. Лобачев, С.В. Лукиянов // Успехи современной биологии. – 2015. – Т. 135. – № 5. – С. 437–452.
4. Карпинский, К.В. Идея оптимума в психологической науке / К.В. Карпинский // Известия ТулГУ. Гуманитарные науки. – 2012. – № 3. – С. 299–309.
5. Психодиагностические методы выявления дезадаптационных нарушений в практике клинических психологов: учеб. пособие / под ред. В.Ю. Рыбникова, С.В. Чермянина. – СПб.: Фарминдекс, 2009. – 215 с.
6. Вепринцева, Н.Ю. Проективный тест «Дерево» как средство диагностики психоэмоционального состояния спортсменов / Н.Ю. Вепринцева // Материалы научной и научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава Кубанского государственного университета физической культуры, спорта и туризма. – 2014. – № 1. – С. 13–15.

7. Жмурова, Т.А. Типологические особенности высшей нервной деятельности спортсменов-экстремалов на подготовительном этапе / Т.А. Жмурова, С.М. Рябцев // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2024. – Т. 10. – № 3. – С. 69–78.
8. Захарова, Е.М. Влияние танцевально-двигательной терапии на психоэмоциональное состояние студентов / Е.М. Захарова, С.М. Берникова, А.Н. Парфенова // Молодежь за здоровый стиль жизни: Материалы Всероссийской научно-практической конференции школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых. – Калининград, 2023. – С. 88–93.
9. Колмакова, А.С. Влияние физических нагрузок на психоэмоциональное состояние спортсменов-легкоатлетов / А.С. Колмакова, Е.В. Дворцова // Наука через призму времени. – 2023. – № 1(70). – С. 83–85.
10.Кузнецова, В.А. Успешность спортивной деятельности и проблемы саморегуляции психоэмоциональных состояний спортсменов / В.А. Кузнецова, И.М. Слободчиков // Актуальные проблемы психологического знания. – 2022. – № 1(58). – С. 78–84.
11.Лунева, Д.Ю. Особенности влияния тревожного состояния на психоэмоциональное состояние спортсмена / Д.Ю. Лунева, А.А. Губин, Н.С. Чернышов // Актуальные вопросы гуманитарных и социальных наук: от теории к практике: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Чебоксары, 2024. – С. 299–302.
12.Мельников, Д.С. Исследование реакции механизмов регуляции с учетом победы и поражения команды в керлинге / Д.С. Мельников, В.В. Селиверстова // Ресурсы конкурентоспособности спортсменов: теория и практика реализации. – 2018. – № 1. – С. 323–324.
13.Раченкова, А.Л. Нормализация психоэмоционального состояния спортсменов перед соревнованиями / А.Л. Раченкова, А. Касимова // Избранные доклады 70-й Юбилейной университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых. Материалы конференции. – Томск, 2024. – С. 1085–1088.
14.Степанова, Е.М. Роль антиципации в прогнозировании невротических состояний у спортсменов / Е.М. Степанова, А.Г. Рамза, А.А. Мухамова // Новости медико-биологических наук. – 2022. – Т. 22. – № 2. – С. 17–27.
15.Шерыхалин, С.А. Коррекция неблагоприятных психоэмоциональных состояний спортсмена в период подготовки к старту / С.А. Шерыхалин, Ю.Б. Шерыхалина, О.И. Вершкова // Университетское образование (МКУО-2015). XIX Международная научно-методическая конференция, посвященная 70-летию Победы в ВОВ. – Пенза, 2015. – С. 219–220.
16.Особенности регуляции предстартовых состояний у профессиональных спортсменов / Е.Г. Бабич, А.И. Рыбакова, Н.В. Белякова, М.В. Тарасов // Теория и практика физической культуры. – 2017. – № 4. – С. 23–25.
17.Иванов, Д. Сила самых сильных / Д. Иванов. – М.: Советская Россия, 1979. – 176 с.
18.Бурцев, В.А. Оптимизация предстартовых психических состояний тренера и спортсмена в условиях соревновательной деятельности // В.А. Бурцев, А.З. Шамгуллин, Е.В. Бурцева // Известия ТГУ. Физическая культура. Спорт. – 2014. – № 4. – С. 82–87.
19.Дедловская, М.В. Влияние предстартовых психических состояний на результативность соревновательной деятельности в стендовой стрельбе / М.В. Дедловская, Л.Т. Миннахметова // Международные спортивные игры «Дети Азии» – фактор продвижения идей Олимпизма и подготовки спортивного резерва: Материалы международной научной конференции, посвященной 20-летию I Международных спортивных игр «Дети Азии» и 120-летию Олимпийского движения в стране. Под общей редакцией М.Д. Гуляева. – Якутск, 2016. – С. 239–242.
20.Романина, Е.В. Психологические средства формирования помехоустойчивости волейболистов к негативному влиянию сбивающих факторов / Е.В. Романина, Ю.А. Хорева // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2016. – № 5(135). – С. 298–301.

REFERENCES

1. Smoldovskaya I.O., Antipenkova I.V., Kireeva A.V., Mazurina A.V. Optimization of the psychoemotional state of employees of mental work in the process of systematic works by physical exercises. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2020, no. 9(187), pp. 349–353. (in Russ.)
2. Rodomakina N.I. Optimization of the psycho-emotional state of athletes in the pre-season. *Innovative science*, 2017, no. 10, pp. 96–101. (in Russ.)
3. Kuznetsov V.A., Zdanovich V.V., Lobachev E.A., Lukiyanov S.V. To the Problem of Astatic Ecological Optimum. *Successes of modern biology*, 2015, vol. 135, no. 5, pp. 437–452. (in Russ.)
4. Karpinskij K.V. The idea of optimum in psychological science. *Izvestia TulSU. Humanities*, 2012, no. 3, pp. 299–309. (in Russ.)
5. Psychodiagnostic methods for detecting maladaptation disorders in the practice of clinical psychologists. Rybnikov V.Yu., Chermyanin S.V., ed. St. Petersburg, 2009. 215 p. (in Russ.)

6. Veprintseva N.Yu. The “Tree” projective test as a method to diagnose the psychoemotional state of athletes. Materials of the Scientific, Scientific-methodological conference of the teaching staff of the Kuban State University of Physical Culture, Sports and Tourism, May 15-27, Krasnodar, 2014, no. 1, pp. 13–15. (in Russ.)
7. Zhmurova T.A., Ryabtsev S.M. Typological features of the higher nervous activity of extreme athletes at the preparatory stage. *Scientific notes of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*,2024,vol.10,no.3,pp.69–78.(in Russ.)
8. Zakharova E.M., Bernikova S.M., Parfyonova A.N. The influence of dance and motor therapy on the psychoemotional state of students. Youth for a Healthy Lifestyle: materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference of Schoolchildren, Students, Post-Graduate Students and Young Scientists. Kaliningrad, 2023. pp. 88–93. (in Russ.)
9. Kolmakova A.S., Dvortsova E.V. The influence of physical exertion on the psychoemotional state of athletes. *Science through the prism of time*, 2023, no. 1(70), pp. 83–85. (in Russ.)
10.Kuznetsova V.A., Slobodchikov I.M. The success of sports activity and the problems of self-regulation of psychoemotional states of athletes. *Actual problems of psychological knowledge*, 2022, no. 1(58), pp. 78–84. (in Russ.)
11.Luneva D.Yu., Gubin A.A., Chernyshov N.S. Features of the influence of anxiety on the psychoemotional state of an athlete. From the collection: Actual Issues of the Humanities and Social Sciences: from Theory to Practice. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation. (Cheboksary, April 25), 2024. pp. 299–302. (in Russ.)
12.Mel’nikov D.S., Seliverstova V.V. Study of the regulatory mechanism response taking into account the victory and defeat of the team in curling. Resources of Athlete Competitiveness: Theory and Practice of Implementation: conference proceedings, 2018, no. 1, pp. 323–324. (in Russ.)
13.Rachenkova A.L., Kassimova A. Normalizing the psycho-emotional state of athletes before competitions. From the collection: Selected reports of the 70th Anniversary University Scientific and Technical Conference of Students and Young Scientists. Conference proceedings. Tomsk, 2024. pp. 1085–1088. (in Russ.)
14.Stepanova E.M., Ramza A.G., Mukhamova A.A. The role of anticipation processes in prediction of neurotization in athletes. *News of biomedical sciences*, 2022, vol. 22, no. 2, pp. 17–27. (in Russ.)
15.Sherykhalin S.A., Sherykhalina Yu.B., Vershkova O.I. Correction of unfavorable psychoemotional states of the athlete in preparation for the start. In the collection: University Education (MKUO-2015). XIX International Scientific and Methodological Conference dedicated to the 70th anniversary of Victory in the Great Patriotic War. Penza, 2015. pp. 219–220. (in Russ.)
16.Babich E.G. Professional athletes’’ prestart condition control aspects. *Theory and Practice of physical Culture*, 2017, no. 4, pp. 23–25. (in Russ.)
17.Ivanov D. The power of the strongest. Moscow: Sovetskaya Rossia, 1979. 176 p. (in Russ.)
18.Burtsev V.A. Optimization of prestarting mental conditions of the trainer and athlete in the conditions of competitive activity. *Izvestia of Tula State University. Physical Culture. Sport*, 2014, no. 4, pp. 82–87. (in Russ.)
19.Dedlovskaya M.V. The influence of pre-competition mental states on the effectiveness of competitive activities in skeet shooting. From the collection: International Sports Games “Children of Asia” – a factor in Promoting the Ideas of Olympism and Preparing a Sports Reserve. Materials of the International Scientific Conference dedicated to the 20th Anniversary of the I International Sports Games “Children of Asia” and 120th Anniversary of the Olympic Movement in the Country. Yakutsk, 2016. pp. 239–242. (in Russ.)
20.Romanina E.V. Psychological means of formation of the resistance of volleyball players to the negative impact of the confounding factors. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2016, no. 5(135), pp. 298–301. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Марина Халибиллаевна Спатаева – кандидат педагогических наук, доцент кафедры «Физическая культура и спорт», Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), Омск, e-mail: spataeva@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Marina Kh. Spataeva – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Culture and Sport, Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, e-mail: spataeva@mail.ru.

Для цитирования: Спатаева, М.Х. Базовые критерии оптимизации психоэмоционального состояния спортсменов силовых видов спорта / М.Х. Спатаева // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_35

For citation: Spataeva M.Kh. Criteria for optimizing psychoemotional state of strength sports athletes. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_35

Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_36
УДК 613.98

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_36
UDC 613.98

СЕВЕРНАЯ ХОДЬБА КАК МЕТОД ПРОФИЛАКТИКИ САРКОПЕНИИ У ЛИЦ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА

Е.Ф. Туровинина[1], Н.В. Логинова[2], Т.М. Клещевникова[3], Н.Р. Перетягина[1]
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Тюмень, Россия
[2]Департамент здравоохранения Тюменской области, г. Тюмень, Россия
[3]Государственное бюджетное учреждение здравоохранения тюменской области «Областная клиническая больница №2», г. Тюмень, Россия

Аннотация. Цель настоящего исследования – оценить влияние северной ходьбы на компонентный состав тела у лиц пожилого возраста. Обследованы 192 человека пожилого возраста (60-74 лет). Исследование компонентов состава тела при помощи биоимпедансометрии (InBody) проводилось с учетом длительности занятий скандинавской ходьбой – до 1 года, до 5 лет и более 5 лет занятий. Группу сравнения составили 30 физически неактивных человек. Все граждане обследованы по протоколу Европейского консенсуса по саркопении EWGSOP2. Статистическая обработка результатов исследования проводилась с использованием программы STATISTICA 10.0. Самая высокая частота саркопении была выявлена в группах с низкой физической активностью и у лиц, занимающихся скандинавской ходьбой в течение 1 года. Значимые различия между группами обнаружены при сравнении показателей антропометрии, массы скелетной мускулатуры (кг) и ИСМ (кг/м^2) в зависимости от длительности занятий северной ходьбой. Значение скорости ходьбы у физически активных лиц значимо выше, чем у лиц с низкой физической активностью. Внедрение профилактических мероприятий в виде занятий скандинавской ходьбой, в том числе на ранних стадиях саркопении поможет сохранить способность к социальному функционированию и самообслуживанию у пожилых людей.
Ключевые слова: северная ходьба, саркопения, пожилой возраст, биоимпедансометрия.

NORDIC WALKING AS A METHOD OF PREVENTING SARCOPENIA IN THE ELDERLY

E.F. Turovinina[1], N.V. Loginova[2], T.M. Kleshchevnikova[3], N.R. Peretyagina[1]
[1]Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia
[2]Department of Health of the Tyumen Region, Tyumen, Russia
[3]Regional Clinical Hospital No. 2, Tyumen, Russia

Abstract. The aim of the study was to study the effectiveness of nordic walking as a method of preventing sarcopenia in elderly people and to determine the effect of regular physical exercise on maintaining muscle mass. 192 elderly people (60-74 years old) were examined. The study of body composition components using bioimpedance measurement (InBody) was carried out taking into account the duration of Nordic walking classes - up to 1 year, up to 5 years and more than 5 years of classes. The comparison group consisted of 30 physically inactive people. All citizens were examined according to the protocol of the European Consensus on Sarcopenia EWGSOP2. Statistical processing of the study results was carried out using the Statistica 10.0 program. The highest frequency of sarcopenia was detected in groups with low physical activity and in people engaged in Nordic walking for 1 year. Significant differences between the groups were found when comparing the indicators of anthropometry, skeletal muscle mass (kg) and ISM (kg/m^2), depending on the duration of nordic walking. The value of walking speed in physically active people is significantly higher than in people with low physical activity. The introduction of preventive measures in the form of Nordic walking, including in the early stages of sarcopenia, will help preserve the ability to social functioning and self-care in the elderly.
Keywords: nordic walking, sarcopenia, old age, bioimedance measurement.

Введение. Старение мышечной ткани у человека, особенно в современных условиях гиподинамии и детренированности мышц, начинается очень рано. Это обусловлено отсутствием адекватного биогенеза митохондрий миоцитов. Под влиянием окислительного стресса неуклонно нарастает митохондриальная дисфункция мышечной ткани, которая из функциональной трансформируется в морфологическую. Что в свою очередь приводит к дальнейшему ухудшению метаболизма и клиническим проявлениям дефицита количества и качества мышечной ткани [1, 2].

Саркопения – это состояние, проявляющееся генерализованной прогрессирующей потерей скелетной мышечной массы, мышечной силы и работоспособности, что приводит к немощности, снижению качества жизни и преждевременной смерти [3].

Существует множество факторов, ответственных за снижение мышечной массы и мышечной силы и связанных со старением, хотя многофакторные и сложные механизмы, управляющие процессом саркопении, до конца не изучены [4].

Отсутствие физической активности или снижение уровня физической активности являются частью механизмов, лежащих в основе саркопении, и поэтому физическую активность можно рассматривать как важный фактор, способный модифицировать развитие этого состояния. И нет сомнений в том, что физические упражнения представляют собой наиболее важный подход к предотвращению, лечению саркопении, а также к различным этапам восстановления [5].

Увеличение продолжительности жизни ставит перед медициной XXI века важную задачу – обеспечить пожилым людям активность и независимость [6].

В связи с этим целесообразно раннее внедрение профилактических мероприятий саркопении с целью сохранения способности к социальному функционированию и самообслуживанию среди лиц пожилого возраста.

Главным направлением в решении этого вопроса является повсеместное внедрение физкультурно-оздоровительных технологий.

В России Федерация северной ходьбы (скандинавская ходьба, англ. nordic walking) является единственной в стране общероссийской структурой, развивающей северную ходьбу как отдельный циклический вид спорта на основании Федерального закона от 04.12.2007 № 329-ФЗ (ред. от 29.06.2015) «О физической культуре и спорте в Российской Федерации».

Занятия северной ходьбой один из возможных методов повышения физической работоспособности лиц пожилого возраста, так как безопасна, доступна и направлена на развитие функциональных возможностей данной категории граждан.

Цель: изучить эффективность северной ходьбы как метода профилактики саркопении у людей пожилого возраста, определить влияние регулярных физических упражнений на поддержание мышечной массы данной категории населения.

Методы и организация исследования. Работа проведена на базе ГАУЗ ТО «Городская поликлиника № 12». В исследование включены 192 человека пожилого возраста (60-74 лет), из которых 172 женщины и 20 мужчин. Исследование компонентов состава тела проводилось с учетом длительности занятий северной ходьбой. Временные промежутки (до 1 года, до 5 лет и более 5 лет) были выбраны с точки зрения адаптации организма к физическим нагрузкам при регулярных занятиях северной ходьбой [7].

Группу 1 (длительность занятий до 1 года) составили 84 человека (8,3% (n=7) мужчин и 91,7% (n=77) женщин), группу 2 (до 5 лет) – 56 человек (12,5% (n=7) мужчин и 87,5% (n=49) женщин), в группу 3 (более 5 лет занятий) вошли 22 женщины. Группу сравнения составили 30 физически неактивных человек (20% (n=6) мужчин и 80% (n=24) женщин). Уровень физической активности определяли с учетом критериев ВОЗ (WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. Geneva: World Health Organization; 2020).

По гендерному признаку различия установлены между группой 3 и группой сравнения. Группы 1, 2 и 3 сопоставимы по указанному признаку.

Исследование одобрено на заседании Комитета по этике ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России (протокол № 113 от 13.03.2023). Все граждане, подписавшие информированное согласие на обследование и включение информации о них в базу научных данных, обследованы по протоколу Европейского консенсуса по саркопении EWGSOP2 [8], включая определение скорости ходьбы, мышечной силы по силе захвата руки с помощью динамометра и оценку состава тела с определением индекса скелетной мускулатуры (ИСМ, кг/м^2) при помощи биоимпедансного анализа (БИА) (InBody, Корея). Критерии включения в исследование: соответствие возрастному критерию, отсутствие острых инфекционных заболеваний, обострения хронических неинфекционных заболеваний, отсутствие психических заболеваний. Критерии исключения: сахарный диабет, наличие психического заболевания, наличие острого инфекционного заболевания и обострения неинфекционного заболевания, любое острое состояние, требующее оперативного вмешательства или неотложной и скорой помощи. Статистическая обработка результатов исследования проводилась с использованием программы STATISTICA 10.0. Для сравнения количественных признаков двух независимых групп по одному признаку применен U-критерий Манна-Уитни. При сравнении более двух независимых групп – критерий Краскела-Уоллиса (KW-H). Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимался равным 0,05.

Результаты исследования и их обсуждение. Определение частоты саркопении проводилось в группах с учетом длительности занятий северной ходьбой: до 1 года – группа 1 (n= 84), до 5 лет – группа 2 (n=56), более 5 лет занятий – группа 3 (n=22) и группа сравнения (n=30), которую составили физически неактивные лица.

В группе 1 частота вероятной саркопении составила 7,1% (n=6) и 3,6% (n=3) случаев подтвержденной саркопении. В группе 2 и группе 3 встретились лишь случаи вероятной саркопении – 12,5% (n=7) и 9,1% (n=2) соответственно. Тогда как в группе сравнения выявлено достоверно больше случаев вероятной саркопении 26,6% (n=8) (χ^2, p<0,05). Таким образом, по итогам предварительной оценки самая высокая частота саркопении была выявлена в группах с низкой физической активностью и у лиц, занимающихся скандинавской ходьбой в течение 1 года (рис. 1).

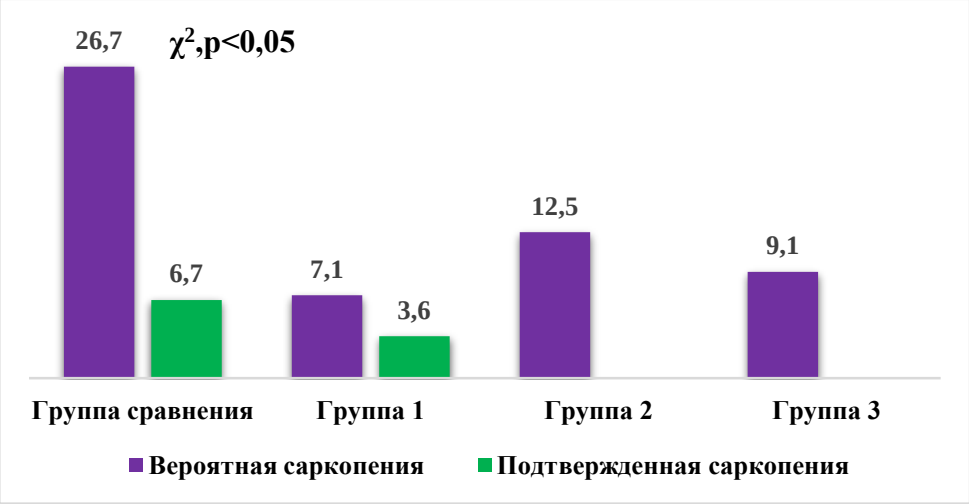


Рис. 1. Частота саркопении в группах

Показатели, характеризующие состав массы тела людей различных групп, представлены в таблицах 1 и 2.

При сравнении показателей антропометрии были обнаружены значимые различия между группами в зависимости от длительности занятий северной ходьбой (табл. 1). Очевидно, что северная ходьба является важной превентивной мерой ожирения и в дальнейшем хронических неинфекционных заболеваний, которые, в свою очередь, приводят к развитию вторичной саркопении [10].

Таблица 1

Данные антропометрии в группах сравнения

Параметр	Группа сравнения n=30	Длительность занятий (лет)		
		Группа 1 (до 1 года) n=84	Группа 2 (до 5 лет) n=56	Группа 3 (более 5 лет) n=22
Рост, см	165 [153; 178]	162 [151; 176]	159,5 [150; 176]**	160 [153; 168]***
Масса тела, кг	90 [59; 115]	71 [53; 102]*	69,2 [54; 106]**	68 [53; 84]***
Индекс массы тела, кг/м^2	32,5 [22,2; 42,8]	26,9 [21; 34,6]*	27,5 [20,8; 35]**	26,5 [21,2; 32,1]***
Окружность талии, см	106 [76; 127]	87 [70; 106]*	88 [70; 110]**	85 [72; 103]***
Окружность двух бедер, см	111 [92; 133]	104 [89; 120]*	103,3 [92; 129]**	100 [90; 120]***
Окружность правого плеча, см	34 [23; 42]	30 [25; 38]*	30 [27; 37]**	29 [28; 36]***
Окружность левого плеча, см	33 [23; 42]	30 [26; 37]*	31 [26; 40]**	30 [28; 35]***

Примечание: U, p<0,05 достоверность различий: * – между группой сравнения и группой 1, ** – между группой сравнения и группой 2, *** – между группой сравнения и группой 3.

Результаты БИА (табл. 2) согласуются с данными антропометрии. В первую очередь различия касаются показателя содержания жира в теле (кг), имеющего наибольшее значение в группе сравнения. Значения массы скелетной мускулатуры (кг) и ИСМ (кг/м^2) возрастают по мере увеличения длительности времени занятий.

Таблица 2

Результаты биоимпедансного анализа (БИА) компонентов состава тела

Параметр	Группа сравнения n=30	Длительность занятий (лет)		
		Группа 1 (до 1 года) n=84	Группа 2 (до 5 лет) n=56	Группа 3 (более 5 лет) n=22
Содержание жира в теле, кг	29,3 [17,5; 56,5]	26,5 [13,8; 37,6]*	25,1 [13,2; 33,8]**	22,9 [16,1; 31,7]***
Масса скелетной мускулатуры, кг	24,8 [17,9; 31,2]	24,1 [18,6; 34,3]	25,8 [18,9; 39,2]**	25,3 [19,6; 38,2]***
Индекс скелетной мускулатуры, кг/м^2	6,7 [5,2; 7,8]	6,6 [5,2; 8,3]	7,0 [5,7; 9,3]	7,2 [6,3; 9,2]***

Примечание: U, p<0,05 достоверность различий: * – между группой сравнения и группой 1, ** – между группой сравнения и группой 2, *** – между группой сравнения и группой 3.

Определена значимая разница по массе скелетной мускулатуры между гражданами 1 и 2 группы, а также между гражданами 1 и 3 группы. Наибольшее значение ИСМ выявлено у граждан, занимающихся северной ходьбой более 5 лет.

При сравнении показателей БИА между группой 2 и 3 значимых различий не выявлено.

Все участники обследованы по протоколу Европейского консенсуса по саркопении EWGSOP2 с определением скорости ходьбы и мышечной силы по силе захвата руки с помощью динамометра (табл. 3). На рисунке 2 представлены результаты статистического анализа сравнения скорости ходьбы между группами.

Таблица 3

Определение скорости ходьбы и силы захвата руки в группах сравнения

Параметр	Группа сравнения n=30	Длительность занятий (лет)		
		Группа 1 (до 1 года) n=84	Группа 2 (до 5 лет) n=56	Группа 3 (более 5 лет) n=22
Сила захвата руки, кг	22,7 [15; 42]	24,5 [14,0; 48,0]	25,8 [16,0; 48,0]	26 [19,5; 32]
Скорость ходьбы, м/с	0,7 [0,4; 1,3]	0,96 [0,6; 1,2]*	0,97 [0,7; 1,2]**	0,98 [0,8; 1,1]***

Примечание: U, p<0,05 достоверность различий: * – между группой сравнения и группой 1, ** – между группой сравнения и группой 2, *** – между группой сравнения и группой 3.

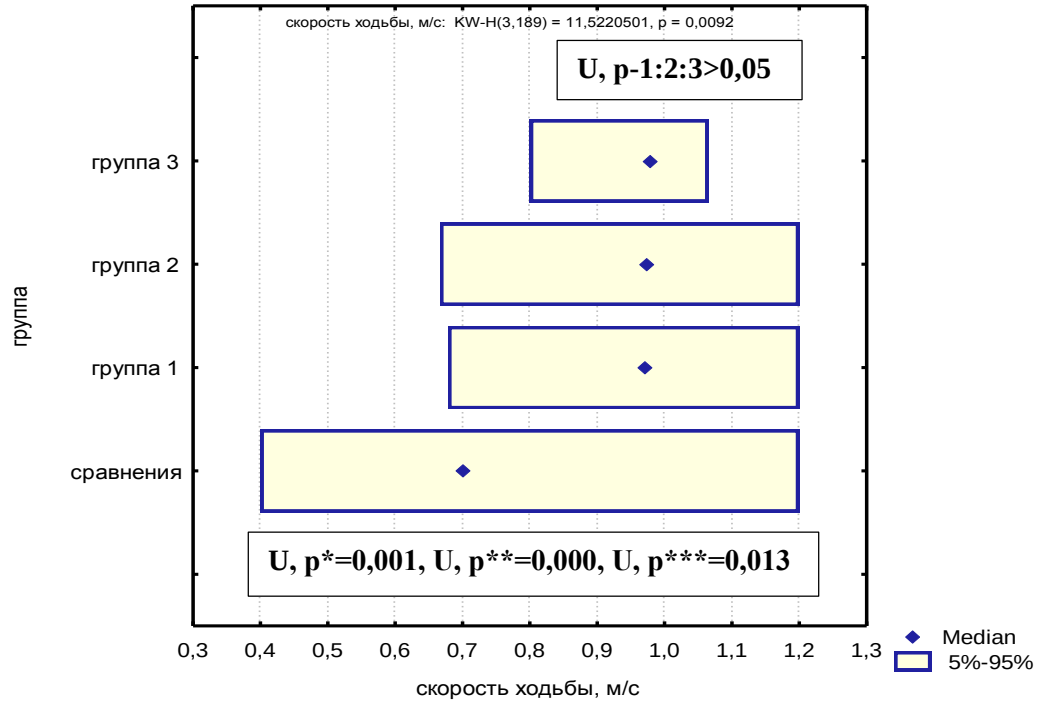


Рис. 2. Определение скорости ходьбы

Примечание: U, p<0,05 достоверность различий: * – между группой сравнения и группой 1, ** – между группой сравнения и группой 2, *** – между группой сравнения и группой 3; U, p-1:2:3 – достоверность различий между группами 1, 2, 3.

При определении скорости ходьбы значимых различий между группами 1, 2, 3 в зависимости от длительности занятий скандинавской ходьбой не выявлено. Также на основании статистически полученных данных установлено, что значение скорости ходьбы у физически активных лиц значимо выше, чем у лиц с низкой физической активностью из группы сравнения (рис. 1).

Северная ходьба – безопасный и эффективный способ повысить физическую активность пожилых людей. Это особенно важно для людей старшего возраста, которые могут испытывать потерю мышечной массы, гибкости и силы.

В настоящее время имеется ряд научных обоснований положительного влияния ходьбы с палками на организм человека. Зарубежными исследователями установлена положительная роль данного вида ходьбы в профилактике хронических неинфекционных заболеваний [11, 12]. Показано, что для получения значимого результата требуется пролонгирование периода занятий [13].

В исследовании Крысюк О.Б. и соавт. установлено влияние занятий северной ходьбой не только на кардиологический статус, но и качество жизни российских пенсионеров, наиболее восприимчивых к этому виду физической активности, имеющих сочетанную коморбидную патологию (кардиоваскулярные масса тела, артрозы, остеохондроз и др.) [14].

Были получены убедительные данные о том, как положительно влияет оптимальный режим физической реабилитации при саркопении. Необходимо, чтобы этот режим, с одной стороны, предупреждал бы возникновение саркопении с ее отрицательными последствиями, а с другой – исключал малейший риск, связанный с прогрессированием заболевания [5].

По результатам нашего исследования значимых различий по силе захвата руки выявлено не было, медиана соответствует референсным пределам, все же ряд значений [P 5%] соответствует динапении согласно консенсусу EWSGOP2. Значения ИСМ в группах 1, 2 и группе сравнения также сопоставимы, отмечено снижение качества или количества мышц. При этом обращаем внимание на самое низкое значение показателя скорости ходьбы в группе сравнения, что может быть признаком нарушения мышечной функции, а значит и признаком развития саркопении. Таким образом, северная ходьба может быть использована в качестве профилактики нарушения мышечной функции.

Заключение. Изменение возрастного состава населения будет влиять на распространенность заболеваний, связанных со старением, таких как саркопения. Поэтому приоритетными следует считать усилия по улучшению качества и продолжительности жизни. Регулярные занятия северной ходьбой способствуют замедлению процессов потери мышечной массы и функции, что является важным фактором профилактики саркопении у пожилых людей. Обосновано внедрение профилактических мероприятий в виде занятий северной ходьбой в том числе на ранних стадиях саркопении для максимального использования их потенциала в профилактике саркопении и поддержании активного образа жизни.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. A case of severe hypermetabolism of nonthyroid origin with a defect in the maintenance of mitochondrial respiratory control: a correlated clinical, biochemical, and morphological study / R. Luft, D. Ikkos, G. Palmieri [et al] // J. Clin. Invest. – 1962. – Vol. 41. – P. 1776–1804. DOI: 10.1172/JCI104637.
2. Holtzclaw Williams, P. Policy framework for rare disease health disparities // Policy Polit. Nurs. Pract. – 2011. – Vol. 12. – № 2. – P. 114–118. DOI: 10.1177/1527154411404243.
3. Лучевые методы диагностики саркопения / В.Л. Масенко, А.Н. Коков, И.И. Григорьева, К.Е. Кривошапова // Научно-практический медицинский журнал. – 2019. – Т. 6(4). – С. 127–137. DOI: 10.17709/2409-2231-2019-6-4-13.
4. Montero-Fernández, N. Role of exercise on sarcopenia in the elderly / N. Montero-Fernández, J.A. Serra-Rexach // Eur J. Phys. Rehabil Med. – 2013. – № 49(1). – P. 131–143.
5. Саркопения: современные подходы к диагностике и реабилитации / И.Е. Плещев, Е.Е. Ачкасов, В.Н. Николенко, А.Н. Шкребко // Современные проблемы науки и образования. – 2022. – № 1. – С. 66–78. DOI: 10.17513/spno.31443.
6. Саркопения: особенности патогенеза и диагностики / И.И. Григорьева, Т.А. Раскина, М.В. Летаева [и др.] // Фундаментальная и клиническая медицина. – 2019. – № 4(4). – С. 105–116. DOI: 10.23946/2500-0764-2019-4-4-105-116.
7. Ачкасов, Е.Е. Основы скандинавской ходьбы: учеб. пособ. / Е.Е. Ачкасов, К.А. Володина, С.Д. Руненко. – Москва: Сеченовский университет, 2018. – 224 с.
8. Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2), and the Extended Group for EWGSOP2, Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis / A.J. Cruz-Jentoft, G. Bahat, J. Bauer [et al] // Age and Ageing. – 2019. – Vol. 48. – № 1. – P. 16–31. DOI: 10.1093/ageing/afy169.
9. Первые результаты оценки распространенности саркопении у лиц пожилого возраста в г. Тюмень / Е.Ф. Туровинина, Н.В. Логинова, Т.М. Клещевникова [и др.] // Медицинская наука и образование Урала. – 2023. – № 24(1). – С.54–58.
10. Du, Y. Associations between sarcopenia and metabolic risk factors: A systematic review and meta-analysis / Y. Du, C. Oh, J. No // J. Obes. Metab. Syndr. – 2018. – Vol. 27. – P. 175. DOI: 10.7570/jomes.2018.27.3.175.
11. Nordic walking in the second half of life / K. Skórkowska-Telichowska, K. Kropielnicka, K. Bulińska [et al] // Aging Clin Exp Res. – 2016. –

Vol. 28. – № 6. – P. 1035–1046. DOI: 10.1007/s40520-016-0531-8.
12. Functional fitness gain varies in older adults depending on exercise mode / N. Takeshima, N.L. Rogers, M.E. Rogers [et al] // Med Sci Sports Exerc. – 2007. – Vol. 39. – № 11. – P. 2036–2043. DOI: 10.1249/mss.0b013e31814844b7.
13. Effects of Nordic walking training on quality of life, balance and functional mobility in elderly: A randomized clinical trial / N.A. Gomeñuka, H.B. Oliveira, E.S. Silva [et al] // PLoS One. – 2019. – Vol. 14. – № 1. – P. e0211472. DOI: 10.1371/journal.pone.0211472.
14. Крысюк, О.Б. Скандинавская ходьба в медицинской реабилитации пациентов пожилого возраста / О.Б. Крысюк, Р.К. Кантемирова, З.Д. Фидарова // Инновационные технологии реабилитации: наука и практика : Сборник статей II Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 18–19 апреля 2019 года. – Санкт-Петербург: ООО «ЦИАЦАН», 2019. – С. 332–335.

REFERENCES

1. Luft R., Ikkos D., Palmieri G., Ernster L, Afzelius B. A case of severe hypermetabolism of nonthyroid origin with a defect in the maintenance of mitochondrial respiratory control: a correlated clinical, biochemical, and morphological study. *J. Clin. Invest*, 1962, vol. 41, pp. 1776–1804. DOI: 10.1172/JCI104637.
2. Holtzclaw Williams P. Policy framework for rare disease health disparities. *Policy Polit. Nurs. Pract.*, 2011, vol. 12, no. 2, pp. 114–118. DOI: 10.1177/1527154411404243.
3. Masenko V.L., Kokov A.N., Grigor'eva I.I., Krivoshapova K.E. Radiology methods of the sarcopenia diagnosis. *Research'n Practical Medicine Journal*, 2019, vol. 6, no. 4, pp. 127–137. DOI: 10.17709/2409-2231-2019-6-4-13. (in Russ.)
4. Montero-Fernández N., Serra-Rexach J.A. Role of exercise on sarcopenia in the elderly. *Eur J. Phys. Rehabil Med*, 2013, no. 49(1). pp. 131–143.
5. Pleshchev I.E., Achkasov E.E., Nikolenko V.N., Shkrebko A.N. Sarcopenia: modern approaches to diagnostics and rehabilitation. *Modern problems of science and education*, 2022, no. 1, pp. 66–78. DOI: 10.17513/spno.31443. (In Russ.)
6. Grigorieva I.I., Raskina T.A., Letaeva M.V., Malyshenko O.S., Averkieva Yu.V., Masenko V.L., Kokov A.N. Sarcopenia: pathogenesis and diagnosis. *Fundamental and Clinical Medicine*, 2019, no. 4(4), pp. 105–116. DOI: 10.23946/2500-0764-2019-4-4-105-116. (in Russ.)
7. Achkasov E.E., Volodina K.A., Runenko S.D. Basics of Scandinavian walking: a learning guide. Moskva: Sechenov University, 2018. 224 p. (in Russ.)
8. Cruz-Jentoft A.J., Bahat G., Bauer J. et al. Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2), and the Extended Group for EWGSOP2, Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and Ageing*, vol. 48, no. 1, pp. 16–31. DOI: 10.1093/ageing/afy169.
9. Turovinina E.F., Loginova N.V., Kleshchevnikova T.M., Elfimova I.V., Tyumentseva N.V. The first results of assessing the prevalence of sarcopenia in the elderly in the city of Tyumen. *Medical science and education of Ural*, 2023, vol. 24(1), pp. 54–58. DOI: 10.36361/18148999_2023_24_1_54. (in Russ.)
10.Du Y., Oh C., No J. Associations between sarcopenia and metabolic risk factors: A systematic review and meta-analysis. *J. Obes. Metab. Syndr.*, 2018, no. 27. p. 175. DOI: 10.7570/jomes.2018.27.3.175.
11. Skórkowska-Telichowska K., Kropielnicka K., Bulińska K., Pilch U., Woźniewski M., Szuba A., Jasiński R. Nordic walking in the second half of life. *Aging Clin Exp Res*, 2016, vol. 28(6), pp. 1035–1046. DOI: 10.1007/s40520-016-0531-8.
12. Takeshima N., Rogers N.L., Rogers M.E., Islam M.M., Koizumi D., Lee S. Functional fitness gain varies in older adults depending on exercise mode. *Med Sci Sports Exerc*, 2007, vol. 39(11), pp. 2036–2043. DOI:10.1249/mss.0b013e31814844b7.
13. Gomeñuka N.A., Oliveira H.B., Silva E.S., Costa R.R., Kanitz A.C., Liedtke G.V., Schuch F.B., Peyré-Tartaruga L.A. Effects of Nordic walking training on quality of life, balance and functional mobility in elderly: A randomized clinical trial. *PLoS One*, 2019, vol. 14(1). P. e0211472. DOI: 10.1371/journal.pone.0211472.
14. Krysyuk O.B., Kantemirova R.K., Fidarova Z.D. Nordic walking in medical rehabilitation of elderly patients. *Physical and Rehabilitation Medicine*, 2019, vol. 1, no. 2, pp. 21–25. DOI: 10.26211/2658-4522-2019-1-2-21-25 (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Елена Фаридовна Туровинина – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой медицинской профилактики и реабилитации, ФГБОУ ВО Тюменский ГМУ Минздрава России, Тюмень, e-mail: e_turov@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6585-0554.
Наталья Валерьевна Логинова – кандидат медицинских наук, доцент, директор, департамент здравоохранения Тюменской области, Тюмень, e-mail: nvlog@yandex.ru, ORCID: 0009-0002-7742-0057.

Татьяна Михайловна Клещевникова – директор, ГБУЗ ТО «Областная клиническая больница № 2», Тюмень, e-mail: klshvnkv@yandex.ru, ORCID: 0009-0008-6417-1999.
Наталья Романовна Перетягина – кандидат медицинских наук, доцент кафедры медицинской профилактики и реабилитации, ФГБОУ ВО Тюменский ГМУ Минздрава России, Тюмень, e-mail: natalja.peretyagina@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-2257-7762.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Elena F. Turovinina – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Medical Prevention and Rehabilitation, Tyumen State Medical University, Tyumen, e-mail: e_turov@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6585-0554.
Natal'ya V. Loginova – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Director of the Department of Health of the Tyumen Region, Tyumen, e-mail: nvlog@yandex.ru, ORCID: 0009-0002-7742-0057.
Tat'yana M. Kleshchevnikova – Director, Regional Clinical Hospital No. 2, Tyumen, e-mail: klshvnkv@yandex.ru, ORCID: 0009-0008-6417-1999.
Natal'ya R. Peretyagina– Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Medical Prevention and Rehabilitation, Tyumen State Medical University, Tyumen, e-mail: natalja.peretyagina@yandex.ru , ORCID: 0000-0002-2257-7762.

Для цитирования: Северная ходьба как метод профилактики саркопении у лиц пожилого возраста / Е.Ф. Туровинина, Н.В. Логинова, Т.М. Клещевникова, Н.Р. Перетягина // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_36

For citation: Turovinina E.F., Loginova N.V., Kleshchevnikova T.M., Peretyagina N.R. Nordic walking as a method of preventing sarcopenia in the elderly. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_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