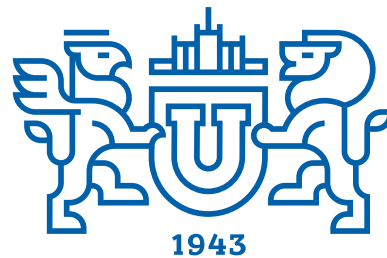


ЧЕЛОВЕК СПОРТ



МЕДИЦИНА 2024 Т. 24 № 4

ISSN 2500-0209 (Print)

ISSN 2500-0195 (Online)

Решением ВАК России включен в Перечень рецензируемых научных изданий

Учредитель – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)»

Основными задачами деятельности журнала являются:

- распространение на территории России, стран СНГ и дальнего зарубежья информации о научных разработках, проводимых учеными и ведущими специалистами;
- формирование вокруг журнала научных школ и направлений;
- информационная поддержка приоритетных научных исследований;
- популяризация прогрессивных научных идей;
- пропаганда современных научных физиологических и медицинских технологий, технологий спорта, в том числе восстановления;
- оценка функционального и метаболического состояния, моделирование и прогнозирование в спорте высших достижений на основе применения суперкомпьютерных технологий;
- разработка методологических положений, связанных с вышеназванными направлениями, и их реализация.

Редакционная коллегия:

Эрлих В.В. (гл. редактор), д.б.н., проф.
(Челябинск);

Ненашева А.В. (зам. гл. редактора), д.б.н., проф.
(Челябинск);

Смолина С.Г. (отв. секретарь), к.п.н. (Челябинск);

Ушаков А.С. (техн. секретарь) (Челябинск)

Редакционный совет:

Щурова Е.Н., д.б.н. (Курган);

Абзалов Р.А., д.б.н., проф. (Казань);

Павлова В.И., д.б.н. (Челябинск);

Сашенков С.Л., д.м.н. (Челябинск);

Ирьянов Ю.М., д.б.н., проф. (Курган);

Важенин А.В., акад. РАН, д.м.н., проф. (Челябинск);

Юшков Б.Г., д.м.н., проф. (Екатеринбург);

Манухина Е.Б., д.м.н. (США);

Губин А.В., д.м.н., проф. (Курган);

Милева К., PhD (Великобритания);

Шлык Н.И., заслуж. деятель науки Удмуртской Республики, д.б.н., проф. (Ижевск);

Эскобар-Молина Р., проф. (Испания);

Мазин Х.К., PhD (Ирак);

Никитюк Д.Б., д.м.н., чл.-корр. РАН, заслуж. деятель науки и образования РФ, проф. (Москва);

Панс Б., PhD (Франция);

Позняковский В.М., заслуж. деятель науки РФ, д.б.н., проф. (Кемерово);

Черешнев В.А., акад. РАН, д.м.н., проф. (Екатеринбург);

Валуч К., PhD (Польша);

Сонькин В.Д., д.б.н., проф. (Москва);

Эрлих В.В., д.б.н., проф. (Челябинск);

Черепов Е.А., д.п.н., доцент (Челябинск);

Талагир Л.Г., PhD, проф. (Румыния);

Допсай М., PhD, проф. (Сербия);

Бендикова Е., PhD, доцент (Словакия);

Капилевич Л.В., д.м.н., проф. (Томск);

Бадтиева В.А., д.м.н., чл.-корр. РАН, проф. (Москва);

Титова Е.В., д.ю.н. (Челябинск);

Минбалеев А.В., д.ю.н. (Москва);

Гладун Е.Ф., к.ю.н. (Тюмень);

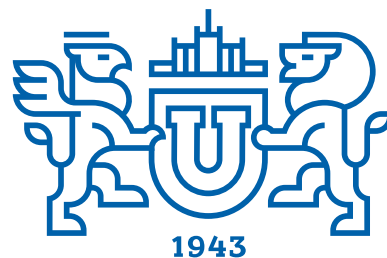
Трофименко Е.Ю., к.э.н. (Челябинск);

Руденко М.Н., д.э.н. (Пермь);

Савельева И.П., д.э.н. (Челябинск)

HUMAN SPORT

MEDICINE



2024 Vol. 24 No. 4

ISSN 2500-0209 (Print)

ISSN 2500-0195 (Online)

South Ural State University

Main objectives of the journal are:

- to disseminate information about scientific research and development performed by scientists and top specialists with data distribution within the Russian Federation, CIS countries and far-abroad countries;
- to develop scientific fields and schools round the journal;
- to provide information support of priority scientific studies;
- to popularize advanced scientific ideas;
- to conduct propaganda of modern scientific physiological and medical technologies including recuperation;
- to conduct assessment of functional and metabolic condition, simulation and prediction in sports development on the basis of supercomputer technologies;
- to develop methodological provisions associated with foregoing areas and to implement them.

Editorial Board:

Erlikh A.V. (*Chief Editor*), Dr. of Sci. (Biol.), Prof., Chelyabinsk, Russia;

Nenasheva A.V. (*Deputy Chief Editor*), Dr. of Sci. (Biol.), Prof., Chelyabinsk, Russia;

Smolina S.G. (*Executive Secretary*), Cand. of Sci. (Education), Chelyabinsk, Russia;

Ushakov A.S. (*Technical Secretary*), Chelyabinsk, Russia

Editorial Council:

Schurova E.N., Dr. of Sci. (Biol.), Kurgan, Russia;

Abzalov R.A., Dr. of Sci. (Biol.), Kazan, Russia;

Pavlova V.I., Dr. of Sci. (Biol.), Chelyabinsk, Russia;

Sashenkov S.L., Dr. of Sci. (Med.), Chelyabinsk, Russia;

Iryanov Y.M., Dr. of Sci. (Biol.), Prof., Kurgan, Russia;

Vazhenin A.V., Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. of Sci. (Med.), Chelyabinsk, Russia;

Yushkov B.G., Dr. of Sci. (Med.), Prof., Ekaterinburg, Russia;

Manukhina E.B., Dr. of Sci. (Med.), Fort Worth, Texas, USA;

Gubin A.V., Dr. of Sci. (Med.), Prof., Kurgan, Russia;

Mileva K., PhD (Biomed. Eng.), London, Great Britain;

Shlyk N.I., Honored Science Worker of the Udmurt Republic, Dr. of Sci. (Biol.), Prof., Izhevsk, Russia;

Escobar-Molina R., Prof., Granada, Spain;

Mazin H.K., PhD, Babylon, Iraq;

Nikityuk D.B., Dr. of Sci. (Med.), Professor, Moscow, Russia;

Le Panse B., PhD, Paris, France;

Poznyakovskiy V.M., Dr. of Sci. (Biol.), Merited Scientist, Prof., Kemerovo, Russia;

Chereshnev V.A., Dr. of Sci. (Med.), member of the Russian Academy of Sciences, Professor, Ekaterinburg, Russia;

Waluch K., PhD, Warsaw, Poland;

Sonkin V.D., Dr. of Sci. (Biol.), Moscow, Russia;

Erlikh V.V., Dr. of Sci. (Biol.), Prof., Chelyabinsk, Russia;

Cherepov E.A., Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Chelyabinsk, Russia;

Talaghir L.G., PhD, Prof., Galati, Romania;

Dopsaj M., PhD, Prof., Belgrade, Serbia;

Bendíková E., PhD, Ass. Prof. Paed Dr., Banská Bystrica, Slovak Republic;

Kapilevich L.V., Dr. of Sci. (Med.), Prof., Tomsk, Russia;

Badtieva V.A., Dr. of Sci. (Med.), Prof., Moscow, Russia;

Titova E.V., Dr. of Sci. (Law), Chelyabinsk, Russia;

Minbaleev A.V., Dr. of Sci. (Law), Moscow, Russia;

Gladun E.F., Cand. of Sci. (Law), Tyumen, Russia;

Trofimenko E.Yu., Cand. of Sci. (Economics), Chelyabinsk, Russia;

Rudenko M.N., Dr. of Sci. (Economics), Perm, Russia;

Saveleva I.P., Dr. of Sci. (Economics), Chelyabinsk, Russia

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИОЛОГИЯ

КОРКМАЗОВ М.Ю., ЛЕНГИНА М.А., КОРКМАЗОВ А.М., ДЮНДИК В.А., ЮСОВА Ю.В. Повышение спортивных результатов юных пловцов и гимнасток включением дополнительного комплекса вестибулярных тренировок	7
СТЕПАНОВ А.С., ГУБИНА А.Е., КОЙНОСОВ Ан.П. Изменение показателей обмена веществ, кислородтранспортной системы крови и внешнего дыхания у спортсменов-лыжников г. Ханты-Мансийска в различные сезоны года	19
МЕХДИЕВА К.Р., ЗАХАРОВА А.В., НЕНАШЕВА А.В., ПЫНАР Б.У. Функциональная подготовленность футболистов с церебральным параличом	26
БАДТИЕВА В.А., ШАРЫКИН А.С., ИВАНОВА Ю.М., ПАВЛОВ В.И., ТРУХАЧЕВА Н.В. Особенности возвращения в соревновательный спорт после самоизоляции, вызванной пандемией COVID-19	33
ДИКУНЕЦ М.А., ДУДКО Г.А., ВИРЮС Э.Д. Изучение адаптивных реакций у элитных биатлонистов на тренировочные нагрузки с использованием клеточных интегративных маркеров иммунитета	41
КАТАЕВ Д.А., ЦИРКИН В.И., ТРУХИН А.Н., ТРУХИНА С.И. Динамика RMSSD кардиоинтервалограммы у элитных лыжников-гонщиков в течение годовичного макроцикла в зависимости от объема и интенсивности тренировочных нагрузок	48
АБРАМОВА Т.Ф., ЗЮРИН Э.А., ФОМИЧЕНКО Т.Г., НИКИТИНА Т.М., ПЕТРУК Е.Н. Физическое развитие и физическая подготовленность детей и взрослого населения России	57
ШТИНА И.Е., УСТИНОВА О.Ю., ВАЛИНА С.Л., ТРОНИНА М.П. Роль биоимпедансного исследования состава тела в оценке физического развития учащихся различного возраста средней общеобразовательной школы	65
УШАКОВ А.С., КОРАБЛЕВА Ю.Б., ЧЕРЕПОВ Е.А., НЕЧЕПУРЕНКО К.А., ЯМАЛУТДИНОВА А.Э. Специальные функциональные системы организма дзюдоистов 18–22 лет	73

СПОРТИВНАЯ ТРЕНИРОВКА

САЛИМГАРЕЕВА Е.Г., ЛЕБЕДИНСКИЙ В.Ю., КУЗЬМИНА О.И., ГАЛЬЦЕВ С.А., КУДРЯВЦЕВ М.Д. Уровень физической работоспособности студентов в зависимости от их антропометрических характеристик	83
ИЗАРОВСКАЯ И.В., КОСЦОВА Е.В., ЯЩЕНКО Е.В., ЗАДОРИНА Е.В. Исследование динамики сохранения равновесия и физической активности у людей пожилого возраста в полугодовом цикле занятий	90
НОВИКОВ И.В., ЧЕРЕПОВ Е.А. Психофизические эффекты занятий спортивной гимнастикой для детей с интеллектуальными нарушениями: исследование физического и когнитивного развития	96
НОВИКОВА И.И., КОНОВАЛОВ В.Н., БЕРНАТАВИЧЮС Д.А., ВЕРЕМЧУК Н.С., СЕМЕНИХИНА М.В. Методика экспресс-оценки результативности выполнения движений хоккеистом с применением компьютерного зрения	104
ШАРОВАРОВА М.А., КОЛУНИН Е.Т. Вариабельность переменного интервального метода тренировки с учетом метаболических особенностей студентов	111
КУКОБА Т.Б. Влияние тренировок по внекорабельной деятельности в условиях гидросреды на физическую работоспособность и силу мышц космонавтов	119

ФЕДОРОВА М.Ю., ГИЛЬФАНОВА Е.К., БОЧКАРНИКОВА Н.В. Оптимизация физического воспитания с учетом уровня физической подготовленности студентов вуза	126
ОНИЩЕНКО Д.А., БРАВЫЙ Я.Р. Оценка силы мышц сгибателей и разгибателей туловища в изокинетическом режиме	134
ЦЕПЕЛЕВИЧ М.М., КИРСАНОВ А.С. Взаимосвязь сетей внимания и специальной физической подготовленности хоккеистов-подростков	142

ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ И СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА

БЕЛЬСНЕР М.С., ГРЕБНЕВА И.В., ЖУКОВА Д.И., ЗАХАРОВА И.А., КСЕНОФОНТОВА Н.В., МИНАКИНА О.Л. Анализ выявления изменений в кардиореспираторной системе у реконвалесцентов COVID-19	149
ХОРОШЕВА Т.А., КОШЕЛЕВА М.В., ПОНОМАРЕВА Н.И., ОСИНИН А.И. Применение вибротехнологий в комплексе реабилитационных мероприятий при начальных проявлениях поясничного остеохондроза у женщин 35–40 лет	157
БАЙГУЖИН П.А., ЭРЛИХ В.В., БУРНАШОВ Я.В. Компенсаторные процессы у лиц с односторонней ампутацией нижней конечности (обзор)	165
ШИБКОВА Д.З., ЭРЛИХ В.В. Теоретико-методическое обоснование выбора новых подходов к созданию функциональных протезов нижних конечностей	173

CONTENTS

PHYSIOLOGY

KORKMAZOV M.Yu., LENGINA M.A., KORKMAZOV A.M., DUNDIK V.A., YUSOV Yu.V. Enhancing athletic performance through vestibular training in young gymnasts and swimmers	7
STEPANOV A.S., GUBINA A.E., KOYNOSOV An.P. Seasonal variations in metabolic parameters, oxygen transport system and external respiration in skiers from Khanty-Mansiysk	19
MEKHDIEVA K.R., ZAKHAROVA A.V., NENASHEVA A.V., PINAR B.U. Functional capabilities in football players with cerebral palsy	26
BADTIEVA V.A., SHARYKIN A.S., IVANOVA I.M., PAVLOV V.I., TRUKHACHEVA N.V. Return to competitive sport following the COVID-19 lockdown	33
DIKUNETS M.A., DUDKO G.A., VIRUS E.D. Investigating adaptive responses to exercise in elite biathletes using cellular integrative immune markers	41
KATAEV D.A., TSIRKIN V.I., TRUKHIN A.N., TRUKHINA S.I. Dynamic analysis of RMSSD in elite cross-country skiers throughout the annual macrocycle: impact of training volume and intensity	48
ABRAMOVA T.F., ZURIN E.A., FOMICHENKO T.G., NIKITINA T.M., PETRUK E.N. Physical development and physical fitness of children and adults in Russia	57
SHTINA I.E., USTINOVA O.Yu., VALINA S.L., TRONINA M.P. Bioimpedance body composition analysis in assessing physical development in secondary school students	65
USHAKOV A.S., KORABLEVA Yu.B., CHEREPOV E.A., NECHEPURENKO K.A., YAMALUTDINOVA A.E. Special functional systems in judo athletes 18–22 years of age	73

SPORTS TRAINING

SALIMGAREEVA E.G., LEBEDINSKY V.Yu., KUZMINA O.I., GALTSEV S.A., KUDRYAVTSEV M.D. Assessment of physical performance in university students: impact of anthropometric characteristics	83
IZAROVSKAYA I.V., KOSTSOVA E.V., YASHCHENKO E.V., ZADORINA E.V. Enhancing balance and physical activity in elderly individuals in a six-month program	90
NOVIKOV I.V., CHEREPOV E.A. Psychophysical effects of gymnastics for children with intellectual disabilities: physical and cognitive development	96
NOVIKOVA I.I., KONOVALOV V.N., BERNATAVICIUS D.A., VEREMCHUK N.S., SEMENIKHINA M.V. Express evaluation for movement effectiveness in hockey players using computer vision	104
SHAROVAROVA M.A., KOLUNIN E.T. Adjusting variable-interval training to metabolic profiles in university students	111
KUKOBA T.B. Physiological impacts of hydro environment extravehicular activity training in cosmonauts	119
FEDOROVA M.Yu., GILFANOVA E.K., BOCHKARNIKOVA N.V. Optimizing physical education programs based on fitness levels in university students	126
ONISHCHENKO D.A., BRAVYY Ya.R. Assessment of trunk flexor and extensor muscle strength in isokinetic mode	134

TSEPELEVICH M.M., KIRSANOV A.S. Relationship between attention networks and physical attributes in junior ice hockey players	142
--	-----

REHABILITATION AND SPORT MEDICINE

BELSNER M.S., GREBNEVA I.V., ZHUKOVA D.I., ZAKHAROVA I.A., KSENOFONTOVA N.V., MINAKINA O.L. Cardiorespiratory changes in post-COVID-19 patients	149
HOROSHEVA T.A., KOSHELEVA M.V., PONOMAREVA N.I., OSININ A.I. The effect of vibration exercise as a rehabilitation treatment in women with early-stage lumbar osteochondrosis	157
BAIGUZHIN P.A., ERLIKH V.V., BURNASHOV Ya.V. Compensatory processes in individuals with unilateral lower limb amputation (review)	165
SHIBKOVA D.Z., ERLIKH V.V. Theoretical and methodological substantiation of novel approaches to lower limb prostheses development	173

Физиология Physiology

Научная статья
УДК 616.281:796.07
DOI: 10.14529/hsm240401

ПОВЫШЕНИЕ СПОРТИВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ЮНЫХ ПЛОВЦОВ И ГИМНАСТОК ВКЛЮЧЕНИЕМ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ВЕСТИБУЛЯРНЫХ ТРЕНИРОВОК

М.Ю. Коркмазов^{1,2}, Korkmazov74@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8642-0166>

М.А. Ленгина¹, Danilenko1910@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8103-192X>

А.М. Коркмазов¹, Korkmazov09@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3981-9158>

В.А. Дюндик¹, diundik_2001@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-0277-6112>

Ю.В. Юсова¹, y.yusova@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-0436-1582>

¹ Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, Россия

² Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Цель: повысить результативность тренировочного процесса путем включения дополнительного вестибулярного комплекса в тренировки юных гимнасток и пловцов. **Материалы и методы.** Исследование проводилось на клинической базе кафедры оториноларингологии ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России с сентября 2023 по май 2024 года в г. Челябинске. Было обследовано 37 спортсменок-гимнасток, занимающихся художественной гимнастикой (1-я группа), и 32 спортсмена-пловца (2-я группа). Возраст детей составлял 10–14 лет. В зависимости от вида тренировочного процесса и включения в него комплекса вестибулярной тренировки каждая группа была разделена на две подгруппы. До и после тренировочного процесса была проведена вестибулометрия. **Результаты.** Детализация величин показателей смещения центра давления в сагитальной и во фронтальной плоскостях при зрительном контроле (3,72 и 3,45 мм соответственно) и его выключении (4,53 и 4,68 мм соответственно) позволило выявить точки приложения для разработки дополнительного комплекса вестибулярной тренировки. Выявлена тенденция к уменьшению показателя площади эллипса при выключении зрительного контроля у юных спортсменок-гимнасток на 36,8 %, у спортсменов-пловцов на 33,5 % при контроле зрения и 34,8 % – при его выключении соответственно. Уменьшение разброса колебаний (тремора) отмечается у пловцов на 28,7 %, у гимнасток – на 24,1 % соответственно. **Заключение.** Включение дополнительного вестибулярного комплекса в тренировки юных спортсменок-гимнасток и пловцов позволяет повысить результативность тренировочного процесса.

Ключевые слова: тренировочный процесс, результативность, вестибулярные тренировки, гимнастика, плавание

Для цитирования: Повышение спортивных результатов юных пловцов и гимнасток включением дополнительного комплекса вестибулярных тренировок / М.Ю. Коркмазов, М.А. Ленгина, А.М. Коркмазов и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 4. С. 7–18. DOI: 10.14529/hsm240401

ENHANCING ATHLETIC PERFORMANCE THROUGH VESTIBULAR TRAINING IN YOUNG GYMNASTS AND SWIMMERS

M.Yu. Korkmazov^{1,2}, Korkmazov74@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8642-0166>
M.A. Lengina¹, Danilenko1910@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8103-192X>
A.M. Korkmazov¹, Korkmazov09@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3981-9158>
V.A. Dundik¹, diundik_2001@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-0277-6112>
Yu.V. Yusov¹, y.yusova@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-0436-1582>

¹ South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia

² Saint Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech, Saint Petersburg, Russia

Abstract. Aim. This paper aims to enhance athletic performance through vestibular training in young gymnasts and swimmers. **Materials and methods.** This study was conducted at the clinical base of the Department of Otorhinolaryngology, South Ural State Medical University (Chelyabinsk), from September 2023 to May 2024. The sample involved 37 gymnasts (Group 1) and 32 swimmers (Group 2), ages 10–14. Each group was further divided into a control group or an intervention group receiving vestibular training. Vestibular assessments were performed pre- and post-intervention. **Results.** Changes in center of pressure (CoP) values in the sagittal and frontal planes with eyes open (3.72 mm and 3.45 mm, respectively) and with eyes closed (4.53 mm and 4.68 mm, respectively) contributed to the development of vestibular training protocols. Our findings demonstrate significant reductions in ellipse area indicators: gymnasts showed a 36.8% decrease with eyes closed, while swimmers exhibited decreases of 33.5% (eyes closed) and 34.8% (eyes open). Oscillation reductions were observed in both groups, with swimmers experiencing a 28.7% decrease and gymnasts showing a 24.1% reduction. **Conclusion.** Our vestibular training protocol appears to enhance athletic performance in swimmers and gymnasts.

Keywords: training process, performance, vestibular training, gymnastics, swimming

For citation: Korkmazov M.Yu., Lengina M.A., Korkmazov A.M., Dundik V.A., Yusov Yu.V. Enhancing athletic performance through vestibular training in young gymnasts and swimmers. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(4):7–18. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240401

Введение. Одной из задач федерального проекта «Спорт – норма жизни» в рамках национального проекта «Демография» является мотивация для занятий спортом каждого. Профессиональная спортивная мотивация – это победа в соревнованиях при систематическом совершенствовании личных результатов. Требования и условия выполнения норм для присвоения спортивного разряда и званий согласно нормативным документам имеют тенденцию к постоянному усложнению. Во всех видах спорта, которые связаны с движением и перемещениями спортсмена в пространстве, угловое и прямолинейное ускорение оказывают постоянное воздействие на вестибулярный аппарат [3, 24]. Функционирование «органа равновесия», его устойчивость к адекватным раздражителям обеспечивает результативность тренировочного процесса. Осознания изменений положения головы и туловища в пространстве, вестибулосенсорные реакции

являются результатом взаимодействия между ядрами вестибулярного анализатора и височной долей коры головного мозга, вестибулокортикальных связей [8, 12]. Нарушение физиологии вестибулосенсорной реакции формирует головокружение, которое возникает при неустойчивости вестибулярного анализатора [21, 22]. Поддержание туловища в пространстве обусловлены связями между вестибулярным аппаратом и мозжечком, глазодвигательной мускулатурой и мышечным тонусом туловища, шеи и конечностей, вестибулосоматическими реакциями. Нарушения равновесия во время тренировочных нагрузок указывают на необходимость дальнейших тренировок вестибулярного анализатора [4]. Вестибуловегетативные реакции, появляющиеся в результате взаимодействия ядер вестибулярного анализатора и ретикулярной формации, носят адаптационный характер, могут проявляться рвотой, тошнотой, изменением ритма дыха-

ния, учащением сердцебиения и являются признаками того, что вестибулярный анализатор нуждается в постоянных тренировках [4, 19]. Ежедневный тренировочный процесс позволяет минимизировать проявление вестибулогенных реакций за счет укрепления стойких физиологических взаимоотношений между вестибулярным аппаратом и другими сенсорными системами [9, 24]. Для того чтобы успешно развивать сложные пространственные движения, спортсменам необходима постепенная адаптация вестибулярного аппарата к выполняемым упражнениям с поэтапным системным усложнением тренировок [4, 22]. Сложные элементы художественной гимнастики сопровождаются вращательными движениями, сменой положения тела при их выполнении, изменением скорости и направлений передвижений [17, 18, 20]. Статические равновесные элементы выполняются с фиксацией позы около трёх секунд при разных положениях тела – с подъёмом ноги назад, в кольцо, в сторону, наклоняя туловище в различные стороны. Динамические равновесные упражнения присутствуют, подразумевают статические, но с выполнением движения спортсмена вокруг продольной оси, переступая пяткой при опоре на полупальцы [2]. Вращения и прыжки совершаются вокруг трёх взаимно перпендикулярных осей: фронтальной – кувырки и перевороты назад и вперёд, сагиттальной – перевороты в сторону и продольной – повороты, исполняемые в стойках на одной или обеих ногах – это так называемые повороты с опорой. Таким образом, вестибулярный анализатор получает тем большую нагрузку, чем насыщеннее вращательными движениями гимнастическая композиция. В современных постановках гимнасток, имеющих высокую квалификацию, преобладают одноимённые повороты с опорой и вращательные элементы, исполняемые вокруг фронтальной оси. Из этого следует, что сагиттальный и горизонтальный полукружные каналы подвергаются большей нагрузке в отличие от других отделов вестибулярного аппарата. Однако лучше гимнастки выполняют упражнения, включающие вращения вокруг сагиттальной и фронтальной осей, что достигается благодаря высокой тесной связи между фронтальным и сагиттальным полукружными каналами, гладкие колена которых слиты в общее колено [14].

Недостаточная устойчивость у гимнасток

вестибулярного аппарата при выполнении сложной структуры движений ведёт к заметным расстройствам координации ног и рук во время выполнения элементов, следствием которых могут являться травмы, вывихи и переломы [4, 11, 13, 22].

«Орган равновесия» пловцов-спортсменов подвергается нагрузке вследствие уменьшения веса, гидроневесомости и горизонтального положения тела в воде, отсутствия опоры, что сопровождается трудностью сохранения пространственной ориентации и значительной перестройкой координации движений [5]. Гипорефлексия вестибулярного анализатора в воде в условиях большой свободы для перемещения тела, присутствия вращений, инерции, гидродинамических сил сопротивления, низкой эффективности ударных действий руками и ногами будет проявляться нарушением динамического и статического равновесия, нарушением ориентации в пространстве и координации движений в воде даже при наличии высокой технической подготовки [1, 4, 5]. Наглядным подтверждением вышесказанного является положительное влияние на тренировку вестибулярного анализатора и улучшение равновесия пловцов, наиболее физиологически оптимальной температуры воды в бассейне, многократные повороты головы спортсмена во время вдоха и выдоха [12, 19]. Таким образом, чтобы добиться спортивных успехов, необходима одновременная эффективность вестибулярных, мышечных и дыхательных тренировок [1, 7, 23, 24].

Немаловажное значение для повышения тренированности спортсмена имеет общее физиологическое состояние организма и резистентность к воздействию неблагоприятных факторов. Так, например, игнорирование воздействия резких перепадов температур, длительные тренировки на холоде, несоблюдение мер предосторожности во время вспышек острых респираторных инфекций и гриппа могут спровоцировать простудные заболевания [6, 19]. Важным в этом контексте является высокий риск возможных обострений хронических заболеваний у спортсменов, на лечение которых и полное восстановление здоровья требуется более длительное время [10, 15]. Из этого следует, что необходимо всегда учитывать физиологию функционирования органа равновесия в данных видах спорта и корректно определять дополнительные составляющие

комплекса вестибулярных тренировок для улучшения показателей динамики тренировочного процесса.

Цель: повысить результативность тренировочного процесса путем включения дополнительного вестибулярного комплекса в тренировки юных гимнасток и пловцов.

Материалы и методы. Исследование проводилось в рамках поликлинического приема на клинической базе кафедры оториноларингологии ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России с сентября 2023 по май 2024 года (г. Челябинск).

Было обследовано 37 спортсменок-гимнасток, занимающихся художественной гимнастикой, из которых 5 имели звание кандидат в мастера спорта России, 7 обследуемых подтвердили 1-й спортивный разряд, 12 детям был присужден 2-й спортивный разряд, 13 спортсменок имели 3-й спортивный разряд, и 32 спортсмена-пловца, из которых 3 юноши со званием кандидат в мастера спорта России, 4 детей имели 1-й спортивный разряд, 13 обследуемых – 2-й спортивный разряд, 12 детей с 3-й спортивным разрядом. Возраст спортсменок – от 10 до 14 лет.

Критериями включения являлись отсутствие вестибулярных нарушений, способных повлиять на результаты исследования. Критерии невключения: наличие заболеваний опорно-двигательного аппарата или травм оториноларингологического профиля (отиты, синуситы, острые воспалительные заболевания глотки и гортани), возникновение дезориентации в процессе выполнения вестибулярного комплекса упражнений. Клиническое исследование было проведено с учетом юридических и этических принципов медико-биологического исследования человека (выписка из протокола заседания этического комитета ФГБОУ ВО «ЮУГМУ» № 14 от 28.12.2020). Вестибулометрия проводилась с помощью компьютерной стабилотрии с использованием портативного стабилотрического комплекса «Стабилан-01-2» до и после проведения курсового комплекса дополнительной вестибулярной тренировки. Обследуемым был включен адаптированный к виду спортивной нагрузки комплекс физических упражнений – отдельно для спортсменок-гимнасток и спортсменок-пловцов, – который выполнялся в течение 3 месяцев. Оценке подвергались следующие показатели функционирования

вестибулярного анализатора: «средний разброс» колебаний тела с контролем зрения и при его выключении, разброс по сагиттальной и фронтальной плоскостям с контролем зрения и при выключении зрительного контроля, площадь эллипса и показатель оценки движений. У всех исследуемых отсутствовали активные жалобы со стороны ЛОР-органов.

Всем юным спортсменам в соответствии с отечественными согласительными документами по отоневрологическому статусу пациентов был проведен весь комплекс физического обследования.

Исследование функции вестибулярного анализатора проводилось на статической стабилотрической платформе «Стабилан-01-2» (производство ОАО «Ритм», Россия). Изменения центра тяжести регистрировались с помощью встроенных датчиков, сигнал от которых был преобразован в виде графического изображения на экране компьютера [15].

Методика оценки поддержания вертикальной позы с контролем зрения и при его выключении была следующей: испытуемый вставал на стабилотрическую платформу с расположением стоп соответственно нанесенной на платформу координатной сетке, руки опущены вдоль тела. Пробы выполнялись с открытыми и закрытыми глазами, для отвлечения внимания от выполнения пробы испытуемому предлагалось сосчитать специальные сигналы в виде ударов в барабан. Длительность проведения компьютерной стабилотрии составляла 60 с и включала 3 теста: тест Ромберга (20 с), тест с открытыми глазами (20 с) и тест с закрытыми глазами (20 с) [15].

Результаты исследования и их обсуждения. При проведении отоневрологического осмотра юных спортсменов было выявлено отсутствие спонтанного нистагма в девяти положениях взора, саккад в тесте плавного слежения, отклонений при выполнении проб Ромберга и Бабинского – Вейля, четкое выполнение шагового теста Унтерберга, теста фланговой походки, статодинамических и статокоординаторных проб, включающих указательную пробу Барани и пальценосовую пробу. Head-thrust test (НТТ) и Head-shake test (НСТ) подтвердили норморефлексию обоих лабиринтов обследуемых.

Увеличение «среднего разброса» колебаний тела (до 5,67 мм) свидетельствовало о снижении устойчивости спортсменок-гимнасток (рис. 1). Важно отметить, увеличение разброса



Рис. 1. Показатели компьютерной стабиллометрии юных гимнасток
Fig. 1. Force platform measurements in gymnasts



Рис. 2. Показатели компьютерной стабиллометрии юных спортсменов-пловцов
Fig. 2. Force platform measurements in swimmers

во фронтальной плоскости без контроля зрения может являться причиной потерь предметов при кувырках и переворотах с фиксацией зрения на движущемся предмете. Повышение показателя разброса в сагиттальной плоскости с контролем зрения объясняет неудачное выполнение «поворота с опорой» – на одной или обеих ногах в сторону. Детализация величин показателей смещения центра давления в сагиттальной и во фронтальной плоскостях при зрительном контроле (3,72 и 3,45 мм соответственно) и его выключении (4,53 и 4,68 мм соответственно) позволило выявить точки приложения для разработки дополнительного комплекса вестибулярной тренировки.

Выраженный средний разброс (до 7,21 мм) обусловлен более значимым колебанием центра тяжести спортсмена-пловца во фронтальной плоскости при зрительном контроле и его выключении (4,85 и 5,82 мм соответственно) по сравнению с сагиттальной плоскостью (2,98 и 3,18 мм соответственно). Вероятно, это связано с постоянным горизонтальным положением тела в воде и многократными поворотами головы во время тренировок (рис. 2).

По результатам проведения компьютерной стабилотрии на фоне включения адаптированного вестибулярного комплекса на протяжении 3 месяцев выявлена четкая тенденция к уменьшению показателя площади эллипса при выключении зрительного контроля у юных спортсменок-гимнасток на 36,8 % (величина данного значения до начала вестибулярных тренировок была приравнена к 187,6 мм²; по завершении, спустя 3 месяца, данный показатель уменьшился до 118,4 мм²) (рис. 3). У гимнасток данный показатель исходно ниже относительно пловцов, поскольку он отражает рабочую поверхность опоры. Абсолютно все гимнастические элементы выполняются «на полупальцах», что снижает площадь соприкосновения стоп спортсмена с поверхностью, на которой он находится, и тем самым затрудняет вертикализацию гимнастки. Включение адаптированного вестибулярного комплекса снизило исходные значения площади эллипса пловцов на 33,5 % при контроле зрения со 134,7 до 89,7 мм² и на 34,8 % – с 253,6 до 165,4 мм² при его выключении соответственно. Улучшения статодинамического и статокор-



Рис. 3. Показатели компьютерной стабилотрии юных спортсменок-гимнасток и спортсменов-пловцов
Fig. 3. Force platform measurements in gymnasts and swimmers

Таблица 1
Table 1

Адаптированный комплекс вестибулярной тренировки
для спортсменок-гимнасток
Vestibular training protocols for female gymnasts

№	Исходное положение (И. п.)	Методика выполнения	Режим дозирования и темп выполнения
1	Стоя, стопы ног сомкнуты, руки опущены вдоль тела, голова неподвижна, взгляд прямо	1 – И. п. 2 – взгляд вверх с задержкой на 2 с – взгляд вниз с задержкой на 2 с 3 – И. п.	Темп медленный. Голова неподвижна. 6 подходов
2	Стоя, стопы ног сомкнуты, руки опущены вдоль тела, голова неподвижна, взгляд прямо	1 – И. п. 2 – взгляд вправо с задержкой на 2 с – взгляд влево с задержкой на 2 с 3 – И. п.	Темп медленный. Голова неподвижна. 6 подходов
3	Стоя, стопы ног сомкнуты, голова неподвижна, взгляд сфокусирован на указательном пальце вытянутой правой руки	1 – И. п. 2 – повороты головы вверх с задержкой на 2 с и вниз с задержкой на 2 с при фиксации взора на неподвижной цели (указательный палец правой руки) 3 – И. п.	Темп медленный. 6 подходов
4	Стоя, стопы ног сомкнуты, голова неподвижна, взгляд сфокусирован на указательном пальце вытянутой правой руки	1 – И. п. 2 – повороты головы вправо с задержкой на 2 с и влево с задержкой на 2 с при фиксации взора на неподвижной цели (указательный палец правой руки) 3 – И. п.	Темп медленный. 6 подходов
4	Стоя, стопы ног сомкнуты, одна рука вытянута в сторону, другая рука держит булаву в горизонтальной плоскости	1 – бросок булавы на высоту роста спортсмена 2 – ловля предмета той же рукой	Упражнение выполняется на счет 1–2. Темп произвольный. Постараться поймать предмет. Вращение на одном месте. 6 раз
5	Сидя, ноги развернуты в бедрах, стопы сомкнуты – стопа к стопе, ладонями обхватываем стопы, локти отведены в стороны	1 – И. п. 2 – наклон туловища вправо 3 – пережат через спину 4 – И. п.	Упражнение выполняется на счет 1–2–3 Темп произвольный. 4 раза
6	Сидя, ноги развернуты в бедрах, стопы сомкнуты – стопа к стопе, ладонями обхватываем стопы, локти отведены в стороны	1 – И. п. 2 – Наклон туловища влево 3 – Пережат через спину 4 – И. п.	Упражнение выполняется на счет 1–2–3 Темп произвольный. 4 раза
7	Стоя, одна нога поднята назад и фиксируется рукой до касания головы стопой, опорная нога – на полупальцах, вторая рука отведена в сторону	1 – И. п. 2 – Поворот туловища на 360° 3 – И. п.	Темп произвольный. Поворот выполнять, стоя на полупальцах на одном месте. Опорная нога прямая, спина ровная. 6 раз

динамического контроля у гимнасток на 24,1 % визуализирует динамика показателя оценки движения при зрительном контроле с исходного 75,4 до 57,3 усл. ед. и выключении контроля зрения на 14,2 % – с 84,5 до 72,5 усл. ед. соответственно. Уменьшение разброса колебаний (тремора) отмечается у пловцов на

17,6 % (с 74,5 до 61,4 усл. ед.), при отсутствии контроля зрения и на 28,7 % – при зрительном контроле (с 59,3 до 42,3 усл. ед.).

Учитывая особенности функционирования вестибулярного аппарата юных спортсменов, разработали адаптированный комплекс вестибулярных тренировок (табл. 1, 2).

Адаптированный комплекс вестибулярной тренировки
для юных спортсменов-пловцов
Vestibular training protocols for swimmers

№	Исходное положение (И. п.)	Техника выполнения	Рекомендации к выполнению
1	Стоя на одной ноге, при согнутом положении в коленном суставе, удерживаемся руками	1 – И. п. 2 – Взгляд вверх с задержкой на 2 с – взгляд вниз с задержкой на 2 с 3 – И. п.	Темп медленный. Голова неподвижна. 6 подходов
2	Стоя на одной ноге, при согнутом положении в коленном суставе, удерживаемся руками	1 – И. п. 2 – взгляд вправо с задержкой на 2 с – взгляд влево с задержкой на 2 с 3 – И. п.	Темп медленный. Голова неподвижна. 6 подходов
3	Стоя, стопы ног на ширине плеч, голова неподвижна, взгляд сфокусирован на указательном пальце вытянутой правой руки	1 – И. п. 2 – повороты головы верх с задержкой на 2 с и вниз с задержкой на 2 с при фиксации взора на неподвижной цели (указательный палец правой руки) 3 – И. п.	Темп медленный. 6 подходов
4	Стоя, стопы ног на ширине плеч, голова неподвижна, взгляд сфокусирован на указательном пальце вытянутой правой руки	1 – И. п. 2 – повороты головы вправо с задержкой на 2 с и влево с задержкой на 2 с при фиксации взора на неподвижной цели (указательный палец правой руки) 3 – И. п.	Темп медленный. 6 подходов
5	Стоя, опора на одну ногу, руками удерживаемся	1 – И. п. 2 – поворот головы назад через правое плечо с задержкой на 2 с 3 – И. п.	Темп медленный. 6 подходов. 1–2–3–4 – медленный поворот головы назад через правое плечо с фиксацией предмета, 5–6–7–8 – возврат в исходное положение
6	Стоя, опора на одну ногу, руками удерживаемся	1 – И. п. 2 – поворот головы назад через левое плечо с задержкой на 2 с 3 – И. п.	Темп медленный. 6 подходов. 1–2–3–4 – медленный поворот головы назад через левое плечо с фиксацией предмета, 5–6–7–8 – возврат в исходное положение
7	Присев на согнутые в коленях ноги, удерживать опорную ногу на носке, руки на поясе	1 – И. п. 2 – поворот туловища на 180° вокруг точки опоры 3 – И. п. Поменять опорную ногу	Темп произвольный. Спина прямая. Голову держать прямо, смотреть перед собой. 6 раз

Заключение. Развитие способности высоко и точно выполнять вращения в разных направлениях, сохранять равновесие во время приземления, совершать сложные элементы в пространстве, фиксируя при этом взгляд на постоянно движущемся предмете – залог успеха в художественной гимнастике. Значительная перестройка координации движе-

ний пловцов при отсутствии опоры, в условиях гидроневесомости невозможна без безупречной пространственной ориентации. Включение дополнительного вестибулярного комплекса в тренировки юных спортсменов-гимнасток и пловцов позволяет повысить результативность тренировочного процесса.

Список литературы

1. Волкова, Л.М. Использование элементов гидропозужения для тренировки будущих специалистов авиации / Л.М. Волкова // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2021. – № 6 (196). – С. 77–80. DOI 10.34835/issn.2308-1961.2021.6.p77-80
2. Гусева, Е.В. Динамика статического равновесия спортсменок 6–10 лет в художественной гимнастике / Е.В. Гусева // Соврем. наукоемкие технологии. – 2021. – № 5. – С. 170–174. DOI: 10.17513/snt.38676
3. Зиамбетов, В.Ю. Развитие вестибулярного аппарата студентов с использованием физических упражнений из единоборств / В.Ю. Зиамбетов // Психол.-пед. и мед.-биол. проблемы физ. культуры и спорта. – 2019. – Т. 14, № 1. – С. 191–197. DOI: 10.14526/2070-4798-2019-14-1-191-197
4. Коркмазов, М.Ю. Необходимость дополнительных методов реабилитации больных с кохлео-вестибулярной дисфункцией / М.Ю. Коркмазов, М.А. Ленгина // Вестник оториноларингологии. – 2012. – № 55. – С. 76–77.
5. Коркмазов, А.М. Методы коррекции функциональных нарушений фагоцитов и локальных проявлений окислительного стресса в слизистой оболочке полости носа с использованием ультразвуковой кавитации / А.М. Коркмазов, М.Ю. Коркмазов // Рос. иммунол. журнал. – 2018. – Т. 12, № 3. – С. 325–328. DOI: 10.31857/S102872210002404-9
6. Коркмазов, М.Ю. Оценка клинической эффективности фитотерапевтического лекарственного препарата в лечении и профилактике рецидивов острых риносинуситов у детей г. Челябинска / М.Ю. Коркмазов, К.С. Зырянова, А.С. Белошангин // Мед. совет. – 2016. – № 7. – С. 90–93. DOI: 10.21518/2079-701X-2016-07-90-93
7. Лечение и профилактика различных форм ларингита на фоне острых респираторных инфекций / М.Ю. Коркмазов, М.А. Ленгина, А.М. Коркмазов и др. // Мед. совет. – 2022. – Т. 16, № 8. – С. 79–87. DOI: 10.21518/2079-701X-2022-16-8-79-87
8. Марьенко, И.П. Объективная оценка спонтанных и индуцированных вестибулосенсорных реакций / И.П. Марьенко, С.А. Лихачев, И.С. Гурский // Оториноларингология. Восточная Европа. – 2019. – Т. 9, № 3. – С. 277–285.
9. Особенности альтернативного воздействия импульсного шума на кохлеарный анализатор у спортсменов: прогноз, методы коррекции и профилактики / М.Ю. Коркмазов, А.М. Коркмазов, И.Д. Дубинец и др. // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 2. – С. 189–200. DOI: 10.14529/hsm210223
10. Причинно-следственные факторы развития полипозного риносинусита / М.Ю. Коркмазов, Е.Л. Казачков, М.А. Ленгина и др. // Рос. ринология. – 2023. – Т. 31, № 2. – С. 124–130. DOI: 10.17116/rosrino202331021124
11. Серебрякова, А.В. Влияние художественной гимнастики на физическое и эстетическое развитие человека / А.В. Серебрякова // Аллея науки. – 2023. – Т. 1, № 6 (81). – С. 1284–1289.
12. Сышко, Д.В. Вегетативный компонент функции равновесия у спортсменов различных квалификаций / Д.В. Сышко, Г.Д. Савина, К.Д. Сышко // Педагогика, психология и мед.-биол. проблемы физ. воспитания и спорта. – 2011. – № 7. – С. 77–79.
13. Черепов, Е.А. Спортизация физического воспитания как системообразующий хронотоп в здоровьесформирующем образовательном пространстве / Е.А. Черепов // Теория и практика физ. культуры. – 2016. – № 3. – С. 6–8.
14. Чертихина, Н.А. Функциональная основа выполнения элементов художественной гимнастики, вызывающих вестибулярные реакции / Н.А. Чертихина // Ярослав. пед. вестник. – 2011. – Т. 2, № 3. – С. 110–113.
15. Ширковец, Е. А. Вариативность клинико-лабораторных маркеров адаптации организма спортсменов высокой квалификации к тренировочным нагрузкам / Е.А. Ширковец, И.Л. Рыбина // Вестник спортивной науки. – 2018. – № 2. – С. 21–25.
16. Эффективная антибактериальная терапия внебольничной оториноларингологической респираторной инфекции (клиническое описание) / М.Ю. Коркмазов, Н.В. Корнова, М.А. Ленгина и др. // Мед. совет. – 2022. – Т. 16, № 20. – С. 73–81. DOI: 10.21518/2079-701X-2022-16-20-73-81

17. Cherepov, E.A. Effectiveness of functional training during physical conditioning of students practicing martial arts / E.A. Cherepov, R.G. Shaikhetdinov // *Journal of Physical Education and Sport*. – 2016. – Vol. 16 (2), pp. 510–512.
18. Cherepov, E. Effects of modern fitness technologies on physical qualities in students with locomotor disorders / E. Cherepov, V. Epishev, E. Terekhina // *Minerva Ortopedica e Traumatologica*. – 2018. – Vol. 69, Suppl. 1 (3), pp. 43–48. DOI: 10.23736/S0394-3410.18.03879-1
19. Rosengren, S.M. The Contributions of Vestibular Evoked Myogenic Potentials and Acoustic Vestibular Stimulation to Our Understanding of the Vestibular System / S.M. Rosengren, J.G. Colebatch // *Frontiers in Neurology*. – 2018. – Vol. 9. – P. 481. DOI: 10.3389/fneur.2018.00481
20. Shared attention for action selection and action monitoring in goal-directed reaching / A. Mahon, S. Bendžiūtė, C. Hesse, A.R. Hunt // *Psychological Research*. – 2020. – Vol. 84, No. 2. – P. 313–326. DOI: 10.1007/s00426-018-1064-x
21. The effect of individual parameters of mental health on the level of night sleep among female students / E. Cherepov, A. Eganov, Ye. Seisenbekov et al. // *Journal of Physical Education and Sport*. – 2022. – Vol. 22, iss. 7. – P. 1804–1809. DOI: 10.7752/jpes.2022.07225
22. Vestibular Rehabilitation for Peripheral Vestibular Hypofunction: An Evidence-Based Clinical Practice Guideline: from the american physical therapy association neurology section / C.D. Hall, S.J. Herdman, S.L. Whitney et al. // *Journal of Neurologic Physical Therapy*. – 2016. – Vol. 40, No. 2. – P. 124–155. DOI: 10.1097/NPT.0000000000000120
23. Vestibular evoked myogenic potentials in practice: Methods, pitfalls and clinical applications / S.M. Rosengren, J.G. Colebatch, A.S. Young et al. // *Clinical Neurophysiology Practice*. – 2019. – Vol. 4. – P. 47–68. DOI: 10.1016/j.cnp.2019.01.005
24. Visual gravitational motion and the vestibular system in humans / F. Lacquaniti, G. Bosco, I. Indovina et al. // *Frontiers in Integrative Neuroscience*. – 2013. – Vol. 7. – P. 101. DOI: 10.3389/fnint.2013.00101

References

1. Volkova L.M. [Use of Hydro-immersion Elements for Training Future Aviation Specialists]. *Uchenyye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University], 2021, no. 6 (196), pp. 77–80. (in Russ.) DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2021.6.p77-80
2. Guseva E.V. [Dynamics of Static Balance of Female Athletes Aged 6–10 in Rhythmic Gymnastics]. *Sovremennyye naukoymkiye tekhnologii* [Modern High Technologies], 2021, no. 5, pp. 170–174. (in Russ.) DOI: 10.17513/snt.38676
3. Ziambetov V.Yu. [Students' Vestibular Apparatus Development Using Physical Exercises from Combat Sports]. *Psikhologo-pedagogicheskiye i medikobiologicheskiye problemy fizicheskoy kul'tury i sporta* [Russian Journal of Physical Education and Sport], 2019, vol. 14, no. 1, pp. 191–197. (in Russ.) DOI: 10.14526/2070-4798-2019-14-1-191-197
4. Korkmazov M.Yu., Lengina M.A. [The Need for Additional Methods of Rehabilitation of Patients with Cochleo-vestibular Dysfunction]. *Vestnik otorinolaringologii* [Bulletin of Otorhinolaryngology], 2012, no. S5, pp. 76–77. (in Russ.)
5. Korkmazov A., Korkmazov M. [Methods of Correction of the Functional Infringements of Phagocytes and Local Manifestations of Oxidative Stress in the Multiple Shell of the Nose Region with Use of Ultrasound Cavitation]. *Rossiyskiy immunologicheskiy zhurnal* [Russian Journal of Immunology], 2018, vol. 12, no. 3, pp. 325–328. (in Russ.) DOI: 10.31857/S102872210002404-9
6. Korkmazov M.Yu., Zyryanova K.S., Beloshangin A.S. [Evaluation of the Clinical Efficacy of a Phytotherapeutic Drug in the Treatment and Prevention of Recurring Acute Rhinosinusitis in Children of Chelyabinsk]. *Meditsinskiy sovet* [Medical Council], 2016, no. 7, pp. 90–93. (in Russ.) DOI: 10.21518/2079-701X-2016-07-90-93
7. Korkmazov M.Yu., Lengina M.A., Korkmazov A.M. et al. [Treatment and Prevention of Various Forms of Laryngitis on the Background of Acute Respiratory Infections]. *Meditsinskiy sovet* [Medical Council], 2022, vol. 16, no. 8, pp. 79–87. (in Russ.) DOI: 10.21518/2079-701X-2022-16-8-79-87
8. Maryenko I., Likhachev S., Goursky I. [Objective Assessment of Spontaneous and Induced Vestibul sensory Reactions]. *Otorinolaringologiya. Vostochnaya Yevropa* [Otorhinolaryngology. Eastern Europe], 2019, vol. 9, no. 3, pp. 277–285. (in Russ.)

9. Korkmazov M.Yu., Korkmazov A.M., Dubinets I.D. et al. Features of the Alterative Effect of Impulse Noise on the Auditory Analyzer in Athletes: Prognosis, Correction and Prevention. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 2, pp. 189–200. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210223
10. Korkmazov M.Yu., Kazachkov E.L., Lengina M.A. et al. [Cause-effect Factors of Rhinosinusitis Poliposa Development]. *Rossiyskaya rinologiya* [Russian Rhinology], 2023, vol. 31, no. 2, pp. 124–130. (in Russ.) DOI: 10.17116/rostrino202331021124
11. Serebryakova A.V. [The Influence of Rhythmic Gymnastics on the Physical and Aesthetic Development of a Person]. *Alleya nauki* [Alley Science], 2023, vol. 1, no. 6 (81), pp. 1284–1289. (in Russ.)
12. Syshko D.V., Savina K.D., Syshko G.D. [Vegetative Component of Function of Balance at the Sportsmen of Different Qualifications]. *Pedagogika, psikhologiya i mediko-biologicheskiye problemy fizicheskogo vospitaniya i sporta* [Pedagogy, Psychology and Biomedical Problems of Physical Education and Sports], 2011, no. 7, pp. 77–79. (in Russ.)
13. Cherepov E.A. [Sportification of Physical Education as a System-forming Chronotope in the Health-forming Educational Space]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Education], 2016, no. 3, pp. 6–8. (in Russ.)
14. Chertikhina N.A. [Functional Basis of Performing the Elements of Rhythmic Gymnastics Causing Vestibular Reactions]. *Yaroslavskiy pedagogicheskiy vestnik* [Yaroslavl Pedagogical Bulletin], 2011, vol. 2, no. 3, pp. 110–113. (in Russ.)
15. Shirkovets E.A., Rybina I.L. [Variability of Clinical and Laboratory Markers of Adaptation of the Body of Highly Qualified Athletes to Training Loads]. *Vestnik sportivnoy nauki* [Bulletin of Sports Science], 2018, no. 2, pp. 21–25. (in Russ.)
16. Korkmazov M.Yu., Kornova N.V., Lengina M.A. et al. [Effective Antibiotic Therapy for Community-acquired Otorhinolaryngological Respiratory Infection (Clinical Description)]. *Meditsinskiy sovet* [Medical Council], 2022, vol. 16, no. 20, pp. 73–81. (in Russ.) DOI: 10.21518/2079-701X-2022-16-20-73-81
17. Cherepov E.A., Shaikhetdinov R.G. Effectiveness of Functional Training During Physical Conditioning of Students Practicing Martial Arts. *Journal of Physical Education and Sport*, 2016, vol. 16 (2), pp. 510–512.
18. Cherepov E., Epishev V., Terekhina E. Effects of Modern Fitness Technologies on Physical Qualities in Students with Locomotor Disorders. *Minerva Ortopedica e Traumatologica*, 2018, vol. 69, suppl. 1 (3), pp. 43–48. DOI: 10.23736/S0394-3410.18.03879-1
19. Rosengren S.M., Colebatch J.G. The Contributions of Vestibular Evoked Myogenic Potentials and Acoustic Vestibular Stimulation to Our Understanding of the Vestibular System. *Frontiers in Neurology*, 2018, vol. 9, p. 481. DOI: 10.3389/fneur.2018.00481
20. Mahon A., Bendžiūtė S., Hesse C. et al. Shared Attention for Action Selection and Action Monitoring in Goal-directed Reaching. *Psychological Research*, 2020, vol. 84, no. 2, pp. 313–326. DOI: 10.1007/s00426-018-1064-x
21. Cherepov E.A., Eganov A., Seisenbekov Ye. et al. The Effect of Individual Parameters of Mental Health on the Level of Night Sleep Among Female Students. *Journal of Physical Education and Sport*, 2022, vol. 22, iss. 7, pp. 1804–1809. DOI: 10.7752/jpes.2022.07225
22. Hall C.D., Herdman S.J., Whitney S.L. et al. Vestibular Rehabilitation for Peripheral Vestibular Hypofunction: An Evidence-Based Clinical Practice Guideline: from the American Physical Therapy Association Neurology Section. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 2016, vol. 40, no. 2, pp. 124–155. DOI: 10.1097/NPT.0000000000000120
23. Rosengren S.M., Colebatch J.G., Young A.S. et al. Vestibular Evoked Myogenic Potentials in Practice: Methods, Pitfalls and Clinical Applications. *Clinical Neurophysiology Practice*, 2019, vol. 4, pp. 47–68. DOI: 10.1016/j.cnp.2019.01.005
24. Lacquaniti F., Bosco G., Indovina I. et al. Visual Gravitational Motion and the Vestibular System in Humans. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 2013, vol. 7, p. 101. DOI: 10.3389/fnint.2013.00101

Информация об авторах

Коркмазов Мусос Юсуфович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой оториноларингологии, Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, Россия; главный научный сотрудник отделения патологии наружного, среднего и внутреннего уха, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи, Санкт-Петербург, Россия.

Ленгина Мария Александровна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры оториноларингологии, Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, Россия.

Коркмазов Арсен Мусосович, кандидат медицинских наук, доцент кафедры оториноларингологии, Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, Россия.

Дюндик Валерия Андреевна, аспирант кафедры оториноларингологии, Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, Россия.

Юсова Юлия Владимировна, аспирант кафедры оториноларингологии, Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, Россия.

Information about the authors

Musos Yu. Korkmazov, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Otorhinolaryngology, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia; Chief Researcher, Research Department of Pathology of the Outer, Middle and Inner Ear, St. Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech, St. Petersburg, Russia.

Maria A. Lengina, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Otorhinolaryngology, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia.

Arsen M. Korkmazov, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Otorhinolaryngology, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia.

Valeria A. Dyundik, Postgraduate Student, Department of Otorhinolaryngology, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia.

Yulia V. Yusova, Postgraduate Student, Department of Otorhinolaryngology, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 04.06.2024

The article was submitted 04.06.2024

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ, КИСЛОРОДТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ КРОВИ И ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ У СПОРТСМЕНОВ-ЛЫЖНИКОВ г. ХАНТЫ-МАНСИЙСКА В РАЗЛИЧНЫЕ СЕЗОНЫ ГОДА

А.С. Степанов¹, alexmedik1986@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-1247-1460>

А.Е. Губина², ae.gubina@hmgma.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7730-0077>

Ан.П. Койносов², ap.koynosov@hmgma.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4917-4194>

¹ Югорский колледж-интернат олимпийского резерва, Ханты-Мансийск, Россия

² Ханты-Мансийская государственная медицинская академия, Ханты-Мансийск, Россия

Аннотация. Цель: исследовать сезонные колебания показателей обмена веществ, кислородтранспортной системы крови, физической работоспособности и системы внешнего дыхания спортсменов-лыжников, подготовка которых проходила в условиях г. Ханты-Мансийска. **Материалы и методы.** Проводилось сезонное двухэтапное исследование 32 спортсменов-лыжников юношеского возраста. Исследования проводились в разные фотопериоды года – «Осень» (октябрь – ноябрь), «Весна» (апрель – май). Методы исследования включали: общеклинический и биохимический анализ крови; стресс-тестирование на беговой дорожке с газоанализом; исследование функции внешнего дыхания с определением объемных и скоростных показателей. **Результаты.** Статистический анализ полученных данных выявил значимые ($p < 0,05$) сезонные изменения показателей обмена веществ, кислородтранспортной системы крови и внешнего дыхания: к периоду «Осень» в сравнении с периодом «Весна» наблюдаются снижение количества эритроцитов, гемоглобина, гематокрита, среднего содержания гемоглобина в эритроците, уровня насыщения эритроцитов гемоглобином, повышение концентрации общего билирубина, кортизола, витамина D, снижение общего белка, повышение относительных значений максимального потребления кислорода, снижение показателей форсированной жизненной ёмкости лёгких, пиковой объемной скорости, объема форсированного выдоха за первую секунду. Регрессионный анализ показал, что наибольшее влияние на динамику максимального потребления кислорода в период «Осень» оказывает показатель форсированной жизненной ёмкости лёгких, а в период «Весна» – пиковой объемной скорости. **Заключение.** Процесс подготовки спортсменов в условиях г. Ханты-Мансийска характеризуется наличием выраженных сезонных циклов в деятельности физиологических систем. Начало каждого сезона можно охарактеризовать как критический период. В это время наблюдаются наиболее яркие проявления изменений физиологических показателей.

Ключевые слова: спортсмены, метаболизм, эритроциты, гемоглобин, сезонные ритмы, внешнее дыхание, физическая работоспособность

Для цитирования: Степанов А.С., Губина А.Е., Койносов Ан.П. Изменение показателей обмена веществ, кислородтранспортной системы крови и внешнего дыхания у спортсменов-лыжников г. Ханты-Мансийска в различные сезоны года // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 4. С. 19–25. DOI: 10.14529/hsm240402

SEASONAL VARIATIONS IN METABOLIC PARAMETERS, OXYGEN TRANSPORT SYSTEM AND EXTERNAL RESPIRATION IN SKIERS FROM KHANTY-MANSIYSK

A.S. Stepanov¹, alexmedik1986@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-1247-1460>,
A.E. Gubina², ae.gubina@hmgma.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7730-0077>
An.P. Koynosov², ap.koynosov@hmgma.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4917-4194>

¹ Yugra Boarding School of the Olympic Reserve, Khanty-Mansiysk, Russia

² Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, Russia

Abstract. Aim. This paper investigates seasonal variations in metabolic parameters, oxygen transport system, physical performance, and respiratory function in skiers from Khanty-Mansiysk. **Materials and methods.** A two-phase seasonal study was conducted on 32 young skiers. The study periods were defined as the autumn phase (from October to November) and the spring phase (from April to May). Physical assessments included a complete blood count and blood biochemistry; a treadmill ergometer test; and pulmonary function testing. **Results.** Statistical analysis revealed significant ($p < 0.05$) seasonal changes in multiple physiological parameters between spring and autumn. Hematological parameters: decreased levels of erythrocyte count, hematocrit concentration, hemoglobin concentration, mean corpuscular hemoglobin, and mean corpuscular hemoglobin concentration. Biochemical markers: increased levels of total bilirubin, cortisol, and vitamin D; reduced levels of total protein. Respiratory function: increased relative values of maximal oxygen consumption, reduced values of forced vital capacity, peak flow rate, and forced expiratory volume in one second. Regression analysis revealed that forced vital capacity exerted the greatest influence on maximal oxygen consumption in autumn; peak flow rate was the primary predictor of maximal oxygen consumption in spring. **Conclusion.** The study demonstrates seasonal cycles in physiological systems among skiers. Stressful periods occur at the beginning of each season, with the most significant changes observed several months into the transformation period.

Keywords: athletes, metabolism, erythrocytes, hemoglobin, seasonal rhythms, external respiration, physical performance

For citation: Stepanov A.S., Gubina A.E., Koynosov An.P. Seasonal variations in metabolic parameters, oxygen transport system and external respiration in skiers from Khanty-Mansiysk. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(4):19–25. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240402

Введение. Условия проживания в северном регионе являются неблагоприятными по многим параметрам. Под воздействием факторов среды в зависимости от периода года у жителей меняется объем процессов аэробного окисления. Согласно концепции «циркумпольного гипоксического синдрома», в холодное время года дополнительную нагрузку испытывают дыхательная и кислородтранспортная системы. Основные преимущества для спортсменов в виде увеличения физической работоспособности и профилактики перетренированности дает понимание механизмов сезонных колебаний в физиологических системах организма.

Материалы и методы. Обследовали 32 спортсмена циклических зимних видов спорта с объемом двигательной активности в недельном цикле от 18 до 24 часов. Все спорт-

смены находились на этапах подготовки тренировочном и совершенствования спортивного мастерства. Уровень квалификации: 1-й взрослый разряд, кандидат в мастера спорта и мастер спорта. Возраст обследованных составлял 17–21 год, спортивный стаж – 5–12 лет, северный стаж – более трех лет.

Обследование проводилось в два этапа: сезон «Весна» (апрель – май), время года с близкой к максимальной продолжительностью светового дня, температура воздуха днём (–2,8...+16,5); сезон «Осень» (октябрь – ноябрь), время года с приближающейся к минимальной длительностью светового дня, температура воздуха (–1,2...–12,4).

Лабораторные методы обследования включали: общеклинический и биохимический анализы крови с определением концентрации общего и прямого билирубина, креа-

тини́на, мочеви́ны, общего белка, креатинфосфокиназы (КФК), креатинкиназы МВ фракции (СКМВ), кортизола, общего тестостерона, 25-гидроксикальциферола (витамин D). Исследование показателей работоспособности выполнялось методом тредмил-тестирования на дорожке H/P/CosmosVYAIRE с использованием эргоспиromетра Master-Screen CPX Jaeger. Исследование функции внешнего дыхания проводилось на компьютерном спирометре пневмотахометрического типа на основе трубки Лилли – «Спиро-Спектре».

Статистический анализ полученных данных выполнялся с применением пакета программ IBM SPSS Statistics 26. Для сравнения связанных выборок применялся непараметрический критерий знаковых рангов Вилкоксона. За критический уровень значимости принимали значение $p < 0,05$. Результаты статистического анализа данных представлены в виде медианы (Me), первого (Q_1) и третьего (Q_3) квартилей. Использовали множественный пошаговый регрессионный анализ. Результаты анализа представлены в виде коэффициента детерминации (R^2), F-критерия и достигнутого уровня значимости.

Результаты. Выявлено статистически значимое ($p = 0,030$) повышение общего билирубина с 11,45 (8,62–20,82) ммоль/л в период «Весна» до 17,05 (13,02–19,75) ммоль/л в период «Осень»; снижение общего белка с 72,25 (69,12–74,00) г/л в период «Весна» до 69,00 (65,50–71,50) г/л в период «Осень», ($p = 0,004$); повышение кортизола с 269,10 (188,10–348,90) нг/мл в период «Весна» до 339,20 (285,62–369,47) нг/мл в период «Осень», ($p = 0,000$); повышение витамина D с 19,58 (12,84–29,17) нг/мл в период «Весна» до 28,45 (22,42–41,46) нг/мл в период «Осень», $p = 0,001$ (табл. 1).

Выявленные изменения биохимических показателей свидетельствуют о преобладании процессов катаболизма в период «Осень». Значимое повышение уровня кортизола ($p = 0,000$), а также более высокие показатели билирубина, креатинина, мочевины, СКМВ и витамина D характеризуют этот период срочных стресс-индуцированных реакций как подготовительный к соревновательному сезону (см. табл. 1).

При анализе показателей общеклинического анализа крови установлено статистически значимое ($p = 0,000$) снижение количества

Таблица 1
Table 1

Сезонная динамика некоторых показателей обмена веществ юношей-спортсменов, Me (Q_1 – Q_3)
Seasonal changes in metabolic parameters among young athletes, Me (Q_1 – Q_3)

Показатель Parameter	«Весна» / Spring (n = 32)	«Осень» / Autumn (n = 32)	p
Билирубин общий, ммоль/л Total bilirubin, mmol/l	11,45 (8,62–20,82)	17,05 (13,02–19,75)	0,030*
Билирубин прямой, ммоль/л Direct bilirubin, mmol/l	0,25 (0,10–0,32)	0,28 (0,21–0,36)	0,150
Креатинин, мкмоль/л Creatinine, μ mol/l	90,10 (76,80–119,92)	95,95 (82,67–117,10)	0,501
Мочевина, ммоль/л Urea, mmol/l	6,04 (5,56–7,25)	6,33 (5,57–6,86)	0,322
Общий белок, г/л Total protein, g/l	72,25 (69,12–74,00)	69,00 (65,50–71,50)	0,004*
КФК, ммоль/л Creatine kinase, mmol/l	185,10 (95,67–324,75)	183,40 (147,32–272,75)	0,837
СКМВ, ммоль/л Creatine kinase MB, mmol/l	12,50 (8,60–16,90)	14,65 (11,22–18,17)	0,317
Кортизол, нг/мл Cortisol, ng/ml	269,10 (188,10–348,90)	339,20 (285,62–369,47)	0,000*
Тестостерон общий, нг/мл Total testosterone, ng/ml	7,44 (5,85–9,24)	6,16 (5,01–9,35)	0,857
Витамин-D, нг/мл Vitamin D, ng/ml	19,58 (12,84–29,17)	28,45 (22,42–41,46)	0,001*

Примечание. Здесь и в табл. 2, 3 сравнение связанных выборок осуществлялось непараметрическим критерием Вилкоксона; различия значимы при $p < 0,05$.*

Note. Here and further: the nonparametric Wilcoxon test; level of significance $p < 0.05$.*

эритроцитов с $5,37 (5,21-5,52) \cdot 10^{12}/л$ в период «Весна» до $5,20 (5,07-5,34) \cdot 10^{12}/л$ в период «Осень», гемоглобина ($p = 0,014$) – снижение с $157,50 (150,75-165,00) г/л$ в период «Весна» до $155,50 (150,25-160,00) г/л$ в период «Осень», гематокрита ($p = 0,000$) – снижение с $47,84 (45,79-49,55) \%$ в период «Весна» до $46,28 (44,66-47,64) \%$ в период «Осень». В то же время уровень МСН ($p = 0,004$) и МСНС ($p = 0,001$) в весенний период оказался ниже $29,20 (28,40-30,25) пг$, $328,50 (320,75-336,00) г/л$ соответственно, чем в осенний – $29,85 (28,92-30,70) пг$ и $336,00 (331,25-338,75) г/л$ соответственно (табл. 2).

Интенсивность воздействия низких температур и низкой освещенности на обменные процессы в период с апреля по сентябрь является минимальной. Таким образом, для спортсменов, тренирующихся в условиях г. Ханты-Мансийска, этот период характеризуется уменьшением активности красного ростка кроветворения и, как следствие, постепенным снижением показателей эритропоэза в период «Осень» [2, 4, 6–8].

Данные абсолютных значений МПК не показали статистически значимых сезонных изменений, так же как и показатели метаболического эквивалента максимальной нагрузки (METS). Повышение относительных значений МПК с $56,85 (54,62-60,07) мл/мин/кг$ в период «Весна» до $59,85 (56,00-61,90) мл/мин/кг$

в период «Осень» статистически значимое ($p = 0,021$).

При исследовании функции внешнего дыхания выявлено статистически значимое ($p = 0,013$) снижение ФЖЕЛ с $5,63 (5,42-6,14) л$ в период «Весна» до $5,61 (5,07-6,03) л$ в период «Осень», снижение ПОС ($p = 0,015$) с $10,20 (9,31-11,32) л$ в период «Весна» до $9,94 (8,96-11,12) л$ в период «Осень», снижение ОФВ₁ ($p = 0,011$) с $4,86 (4,47-5,22) л/с$ в период «Весна» до $4,71 (4,26-5,04) л/с$ в период «Осень» (табл. 3).

На высокие показатели относительного потребления кислорода у спортсменов циклических зимних видов спорта в период «Осень» оказывает влияние не только действие тренирующих нагрузок, но и изменение массы тела.

При проведении множественного пошагового регрессионного анализа с включением в качестве независимых переменных ФЖЕЛ, ПОСвыдоха, ОФВ₁, МСНС выявлено, что наиболее значимым фактором изменения абсолютных значений МПК у спортсменов в период «Весна» является показатель ПОСвыдоха ($R^2 = 0,438$; $F = 23,353$; $p = 0,003$), а в период «Осень» – показатель ФЖЕЛ ($R^2 = 0,423$; $F = 21,983$; $p = 0,007$).

По нашим данным, в период «Весна» физическая работоспособность в большей степени зависит от динамических показателей легочных объемов, которые, в свою очередь,

Таблица 2
Table 2

Сезонная динамика показателей кислородтранспортной системы крови и эритроцитарных индексов юношей-спортсменов, Me (Q₁–Q₃)
Seasonal changes in oxygen transport system and erythrocyte indices among young athletes, Me (Q₁–Q₃)

Показатель Parameter	«Весна» / Spring (n = 32)	«Осень» / Autumn (n = 32)	p
Эритроциты, $10^{12}/л$ / Red blood cells, $10^{12}/л$	5,37 (5,21–5,52)	5,20 (5,07–5,34)	0,000*
Гемоглобин, г/л Hemoglobin, g/l	157,50 (150,75–165,00)	155,50 (150,25–160,00)	0,014*
Гематокрит, % Hematocrit, %	47,84 (45,79–49,55)	46,28 (44,66–47,64)	0,000*
Средний объем эритроцита, фл Mean corpuscular volume, fl	89,00 (87,00–91,00)	89,00 (87,00–91,00)	0,626
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг Mean corpuscular hemoglobin, pg	29,20 (28,40–30,25)	29,85 (28,92–30,70)	0,004*
Уровень насыщения эритроцитов гемоглобином, г/л Mean corpuscular hemoglobin concentration, g/l	328,50 (320,75–336,00)	336,00 (331,25–338,75)	0,001*

Таблица 3
Table 3

Сезонная динамика показателей физической работоспособности, спирометрии юношей-спортсменов, Me (Q₁-Q₃)
Seasonal changes in physical performance and respiratory function among young athletes, Me (Q₁-Q₃)

Показатель Parameter	«Весна» / Spring (n = 32)	«Осень» / Autumn (n = 32)	p
Максимальное потребление кислорода, мл/мин/кг Maximal oxygen consumption, ml/min/kg	56,85 (54,62–60,07)	59,85 (56,00–61,90)	0,021*
Максимальное потребление кислорода, мл/мин Maximal oxygen consumption, ml/min	4059,00 (3676,00–4380,25)	4091,50 (3858,50–4487,50)	0,130
Максимальная нагрузка, метаболический эквивалент METS Maximal metabolic equivalents	17,80 (16,60–19,50)	17,80 (17,20–19,10)	0,180
Кислородный пульс, мл, абсолютное МПК/ЧСС Oxygen pulse, ml, absolute MOC/HR	20,75 (18,32–22,27)	21,15 (18,90–22,55)	0,098
Анаэробный порог, мл/мин/кг Anaerobic threshold, ml/min/kg	47,95 (44,15–52,27)	51,00 (45,72–55,92)	0,085
ФЖЕЛ, л / Vital capacity, l	5,63 (5,42–6,14)	5,61 (5,07–6,03)	0,013*
ПОСвыд., л/с Peak expiratory flow rate, l/s	10,20 (9,31–11,32)	9,94 (8,96–11,12)	0,015*
ОФV ₁ , л/с / FEV ₁ , l/s	4,86 (4,47–5,22)	4,71 (4,26–5,04)	0,011*
ОФV ₁ /ЖЕЛ, % / FEV ₁ /VC, %	87,00 (81,57–89,67)	84,30 (79,17–89,80)	0,169

отражают проходимость дыхательных путей. В период «Осень» больший вклад в изменение физической работоспособности вносят показатели, которые отражают свойства легких и функциональные возможности системы внешнего дыхания в целом. Вероятно увеличение роли в повышении физической работоспособности изменений биомеханики дыхания, а также иных механизмов [1, 3, 5, 9, 10]. В их основе лежит увеличение легочного кровообращения, раскрытие резервных капилляров в малом круге кровообращения и увеличение глубины дыхания, такая перестройка обусловлена гиперкапническим стимулом, который связывает дыхание с интенсивностью метаболизма [3, 7, 10]. За счет увеличения роли ФЖЕЛ в период года с максимальным воздействием экстремальных природно-климатических факторов на организм человека создаются благоприятные условия для эффективной адаптации легочной вентиляции к удовлетворению повышенных потребностей организма.

Заключение. В процессе подготовки спортсменов в условиях г. Ханты-Мансийска наблюдаются четко выраженные сезонные циклы в деятельности физиологических систем с наиболее напряженными периодами в начале каждого из сезонов.

В начале зимнего периода (продолжающегося в Ханты-Мансийске с октября по апрель) у спортсменов наблюдается функциональная недостаточность аэробного обеспечения. По нашему мнению, совпадающему с мнением других авторов [1], ведущим фактором, запускающим адаптационные изменения в организме, является активность окислительных процессов в тканях. Требуемый уровень энергетического обмена в начале сезона низких температур в значительной степени обеспечивается за счет богатых энергией фосфатных связей и гликолиза, что в условиях остающейся неизменной активности системы транспорта кислорода ведет к дефициту макроэргических соединений. Запускаются механизмы адаптации к вторичной тканевой гипоксии. Наиболее яркие проявления изменений показателей кислородтранспортной системы закономерно наблюдаются спустя несколько месяцев от начала холодного сезона.

Для сохранения высоких функциональных возможностей спортсменов циклических зимних видов спорта можно обеспечить использование эффекта естественных условий (в нашем случае – природно-климатических) в сочетании с коррекцией метаболического профиля.

Список литературы

1. Бойко, Е.Р. Физиолого-биохимические основы жизнедеятельности человека на Севере / Е.Р. Бойко. – Екатеринбург: УрО РАН, 2005. – 190 с.
2. Взаимосвязь гематологических и биохимических параметров крови у спортсменов разных возрастных групп / А.З. Даутова, Г.Г. Янышева, Р.Ю. Якубов и др. // Наука и спорт: современные тенденции. – 2022. – Т. 10, № 3. – С. 14–21. DOI: 10.36028/2308-8826-2022-10-3-14-21
3. Гудков, А.Б. Человек в приполярном регионе Европейского Севера: эколого-физиологические аспекты: моногр. / А.Б. Гудков, Н.Б. Лукманова, Е.Б. Раменская. – Архангельск: ИПЦ САФУ, 2013. – 184 с.
4. Оценка компонентов кислородтранспортной системы и вклада гормонального звена в обеспечение физической выносливости у спортсменов различных видов спорта / Е.Е. Исаева, Г.С. Тупиневич, А.З. Даутова, В.Г. Шамратова // Наука и спорт: современные тенденции. – 2023. – Т. 11, № 3. – С. 22–29. DOI: 10.36028/2308-8826-2023-11-3-22-29
5. Рутковский, А.В. Сезонная динамика эндокринной регуляции скорости обмена веществ, показателей кислородтранспортной системы крови и физической работоспособности у спортсменов Среднего Приобья, специализирующихся в циклических зимних видах спорта / А.В. Рутковский, А.П. Койносов, А.Е. Губина // Человек. Спорт. Медицина. – 2020. – Т. 20, № 3. – С. 41–50.
6. Сезонные трансформации показателей эндокринной регуляции обмена веществ, кислородтранспортной системы крови и физической работоспособности спортсменов-лыжников г. Ханты-Мансийска / А.П. Койносов, А.В. Рутковский, А.Е. Губина и др. // Науч. мед. вестник Югры. – 2022. – Т. 34, № 4. – С. 24–32. DOI: 10.25017/2306-1367-2022-34-4-24-32
7. Changes in the Hormonal Profile of Athletes Following a Combat Sports Performance / A. Ziemia, J.G. Adamczyk, A. Barczak et al. // Biomed Res Int. – 2020. – P. 9684792. DOI: 10.1155/2020/9684792
8. Laboratory Medicine: Health Evaluation in Elite Athletes / B. Lombardo, V. Izzo, D. Terracciano et al. // Clin Chem Lab Med. – 2019. – Vol. 57 (10). – P. 1450–1473.
9. Possible Hormone Predictors of Physical Performance in Adolescent Team Sport Athletes / I.T. Heazlewood, C.M. Kitic, I. Lys, L. Johnson // J Strength Cond Res. – 2019. – Vol. 33 (2). – P. 417–425.
10. Shaskey, D.J. Sports Haematology / D.J. Shaskey, G.A. Green // SportsMed. – 2000. – Vol. 29. – P. 27–38.

References

1. Boiko E.R. *Fiziologo-biokhimicheskie osnovy zhiznedeiatel'nosti cheloveka na Severe* [Physiological and Biochemical Human Life Foundations in the North]. Ekaterinburg, UB RAS Publ., 2005. 190 p.
2. Dautova A.Z., Ianysheva G.G., Iakubov R.Iu. et al. [The Relationship of Hematological and Biochemical Parameters of Blood in Athletes of Different Age Groups]. *Nauka i sport: sovremennyye tendentsii* [Science and Sport. Current Trends], 2022, vol. 10, no. 3, pp. 14–21. (in Russ.) DOI: 10.36028/2308-8826-2022-10-3-14-21
3. Gudkov A.B., Lukmanova N.B., Ramenkskaia E.B. *Chelovek v pripoliarnom regione Evropeiskogo Severa: ekologo-fiziologicheskie aspekty* [Human in the Circumpolar Region of the European North. Ecological and Physiological Aspects]. Arkhangel'sk, NArFU Publ., 2013. 184 p.
4. Isaeva E.E., Tupinevich G.S., Dautova A.Z., Shamratova V.G. [Assessment of Blood Oxygen Transport System Components and Contribution of Hormonal Link to Ensuring Physical Endurance in Athletes of Various Sports]. *Nauka i sport: sovremennyye tendentsii* [Science and Sport. Current Trends], 2023, vol. 11, no. 3, pp. 22–29. (in Russ.) DOI: 10.36028/2308-8826-2023-11-3-22-29
5. Rutkovskii A.V., Koinosov A.P., Gubina A.E. Seasonal Dynamics of Endocrine Regulation of Metabolic Rate, Blood Oxygen Transport System Indicators and Physical Performance in Athletes of the Middle Ob Region Specializing in Cyclic Winter Sports. *Human. Sport. Medicine*, 2020, vol. 20, no. 3, pp. 41–50. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm200305
6. Koinosov A.P., Rutkovskii A.V., Gubina A.E. et al. [Seasonal Transformations of Metabolism Endocrine Regulation Indicators, Blood Oxygen Transport System and Physical Performance of Athletes-Skiers of Khanty-Mansiysk]. *Nauchnyi meditsinskii vestnik Iugry* [Scientific Medical Bulletin of Yugra], 2022, vol. 34, no. 4, pp. 24–32. (in Russ.) DOI: 10.25017/2306-1367-2022-34-4-24-32

7. Ziemba A., Adamczyk J.G., Barczak A. et al. Changes in the Hormonal Profile of Athletes Following a Combat Sports Performance. *Biomed Research International*, vol. 2020, 9684792. DOI: 10.1155/2020/9684792

8. Lombardo B., Izzo V., Terracciano D. et al. Laboratory Medicine: Health Evaluation in Elite Athletes. *Clinical Chemistry Lab. Medicine*, 2019, vol. 57 (10), pp. 1450–1473. DOI: 10.1515/ccim-2018-1107

9. Heazlewood I.T., Kitic C.M., Lys I., Johnson L. Possible Hormone Predictors of Physical Performance in Adolescent Team Sport Athletes. *Journal Strength Cond. Research*, 2019, vol. 33 (2), pp. 417–425. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002014

10. Shaskey D.J., Green G.A. Sports Haematology. *Sports Medicine*, 2000, vol. 29, pp. 27–38. DOI: 10.2165/00007256-200029010-00003

Информация об авторах

Степанов Алексей Сергеевич, врач по спортивной медицине, Югорский колледж-интернат олимпийского резерва, Ханты-Мансийск, Россия.

Губина Анастасия Евгеньевна, кандидат медицинских наук, исполняющий обязанности заведующего кафедрой пропедевтики внутренних болезней и факультетской терапии, Ханты-Мансийская государственная медицинская академия, Ханты-Мансийск, Россия.

Койносов Андрей Петрович, доктор медицинских наук, заведующий кафедрой физиологии и спортивной медицины, Ханты-Мансийская государственная медицинская академия, Ханты-Мансийск, Россия.

Information about the authors

Aleksey S. Stepanov, sports medicine doctor, Yugra Boarding School of the Olympic Reserve, Khanty-Mansiysk, Russia.

Anastasia E. Gubina, Candidate of Medical Sciences, Acting Head of the Department of Internal Medicine Propaedeutics and Faculty Therapy, Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, Russia.

Andrey P. Koinosov, Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Physiology and Sports Medicine, Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, Russia.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 10.05.2024

The article was submitted 10.05.2024

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДГОТОВЛЕННОСТЬ ФУТБОЛИСТОВ С ЦЕРЕБРАЛЬНЫМ ПАРАЛИЧОМ

К.Р. Мехдиева¹, kamilia_m@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2967-2655>

А.В. Захарова¹, sport_tsp@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8170-2316>

А.В. Ненашева², nenashevaav@susu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7579-0463>

Б.У. Пынар¹, btnumut@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-1402-9181>

¹ Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

² Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

Аннотация. **Цель:** изучить особенности функциональной подготовленности у футболистов с церебральным параличом (ЦП). **Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 22 футболиста с ЦП в возрасте от 11 до 20 лет – от 1-го до 3-го подтвержденного класса в соответствии с паралимпийской классификацией. Для оценки функциональных возможностей спортсменов были проведены: антропометрия с оценкой состава тела, гемодинамический мониторинг, спирометрия, кистевая динамометрия, ЭКГ в покое и в нагрузочном тесте по максимальному RAMP-протоколу, а также Вингейт-тестирование руками и ногами с последующей статистической обработкой полученных результатов. Участники были разделены на две подгруппы по возрастному критерию. Данные были сопоставлены между подгруппами спортсменов с ЦП, а также с аналогичными показателями у здоровых футболистов (n = 67). **Результаты.** Установлено, что объемные параметры сердца как лежа, так и стоя у футболистов с ЦП всех возрастов ниже, чем у здоровых; ЧСС в покое выше у атлетов с ЦП, причем в этой группе максимальная ЧСС в нагрузочном тесте не достигает рекомендованных значений, в большей степени это обусловлено недостаточной силой ног, что подтверждают результаты скоростно-силовых тестов. Исследование функции внешнего дыхания позволило выявить недостаточное развитие дыхательной системы, что более выражено в старшей возрастной группе футболистов с ЦП. **Заключение.** В настоящей работе приведены данные о результатах комплексной оценки различных сторон подготовленности спортсменов-футболистов с детским церебральным параличом различных возрастных групп. Определены проблемные аспекты функционального состояния и сформулированы рекомендации по их коррекции.

Ключевые слова: комплексное тестирование в спорте, функциональная подготовленность, детский церебральный паралич, оценка физической работоспособности, футболисты с ЦП

Благодарности. Работа выполнена в рамках соглашения № 075-03-2023-006/13 (код шифр FEUZ-2023-0054).

Для цитирования: Функциональная подготовленность футболистов с церебральным параличом / К.Р. Мехдиева, А.В. Захарова, А.В. Ненашева, Б.У. Пынар // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 4. С. 26–32. DOI: 10.14529/hsm240403

Original article
DOI: 10.14529/hsm240403

FUNCTIONAL CAPABILITIES IN FOOTBALL PLAYERS WITH CEREBRAL PALSY

K.R. Mekhdieva¹, kamilia_m@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2967-2655>

A.V. Zakharova¹, sport_tsp@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8170-2316>

A.V. Nenasheva², nenashevaav@susu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7579-0463>

B.U. Pinar¹, btnumut@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-1402-9181>

¹ Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

² South-Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Abstract. Aim. This paper aimed to assess functional capabilities in football players with cerebral palsy (CP). **Materials and methods.** Twenty-two football players with CP aged 11–20 underwent comprehensive physiological assessments at the Functional Diagnostics Lab, Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia). Anthropometric and physical assessments included body composition analysis, handgrip dynamometry, spirometry, hemodynamic monitoring, resting and exercise ECG with gas exchange measurements, and speed-power analysis. Statistical data analysis was performed to compare football players with CP with those from the control group. **Results.** Key findings revealed: (1) no pathological ECG changes were observed in athletes with CP; (2) lower LV volume in both supine and standing positions compared to the control group; (3) higher resting HR values but lower HR during maximal exercise lower compared to the control group due to insufficient leg strength as follows from speed-power analysis; (4) better HR recovery in younger players than in experienced athletes; (5) respiratory system limitations, with most spirometry parameters below required levels and decreasing with maturation; (6) lower power performance in adult football players with CP compared to the control group. **Conclusions.** These results indicate that football players with CP have reduced cardiorespiratory development and muscle strength, which may impact their overall performance.

Keywords: comprehensive assessment, functional capabilities, cerebral palsy, performance measurements, football players with cerebral palsy

Acknowledgments. Funding from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Ural Federal University, State Assignment № 075-03-2023-006/13 (FEUZ-2023-0054).

For citation: Mekhdieva K.R., Zakharova A.V., Nenasheva A.V., Pinar B.U. Functional capabilities in football players with cerebral palsy. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(4):26–32. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240403

Введение. Оценка развития физических качеств спортсменов – неотъемлемая часть тренировочного процесса на всех его этапах. Информация, полученная в результате комплексных тестирований, позволяет тренерскому составу своевременно вносить коррекции в тренировки, управлять процессом многолетней подготовки спортсменов [7, 9]. Особенно актуальны диагностические мероприятия в адаптивном спорте, где планирование и реализация тренировочного процесса в большей степени зависят от ограниченных функциональных и двигательных возможностей спортсменов с ОВЗ.

Цель – изучить особенности функциональной подготовленности футболистов с церебральным параличом (ЦП) с помощью комплексных тестирований.

Материалы и методы. Исследование было проведено на базе лаборатории «Функциональных тестирований и комплексного конт-

роля в спорте» Института физической культуры, спорта и молодежной политики ФГАОУ ВО УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина (г. Екатеринбург). Спортсмены с ПОДА были представлены 22 футболистами с ДЦП в возрасте от 12 до 20 лет от 1-го до 3-го класса в соответствии с паралимпийской классификацией спортсменов с ОВЗ, которые были разделены на 2 подгруппы по возрастному критерию. Первую группу составили футболисты подросткового возраста ($n = 12$, средний возраст $13,5 \pm 1,4$ года, длина тела $156,8 \pm 9,8$ см, масса тела $44,9 \pm 2,9$ кг) и футболисты 16–20 лет ($n = 10$, средний возраст $18 \pm 1,3$ года, длина тела $172,5 \pm 6,6$ см, масса тела $60 \pm 9,4$ кг). Для сопоставления с данными здоровых спортсменов были использованы результаты аналогичного тестирования здоровых футболистов 13 лет ($n = 56$) и 17–18 лет ($n = 11$).

На момент проведения исследования каж-

дый спортсмен был допущен к соревновательной и тренировочной деятельности по результатам ежегодного углубленного медицинского обследования в соответствии с Приказом Минздрава РФ 1144н от 03.12.2020 г. Все исследуемые лица были проинформированы о целях и задачах комплексных тестирований, детально проинструктированы о методиках и необходимых условиях подготовки к исследованиям, осведомлены о возможных рисках перед тем, как у них или их официальных представителей было получено добровольное информированное согласие на участие в исследовании и дальнейшую обработку результатов в научных целях. Исследование проводилось в соответствии с принципами Хельсинкской декларации Всемирной организации здравоохранения 2013 года.

В соответствии с требованиями ВОЗ и международными стандартами АСС/АНА лаборатория была оснащена дефибрилятором Zoll AED Pro (Zoll, США) для оказания первой доврачебной помощи исследуемым в случае возникновения необходимости.

Выбор методик тестирования для комплексной оценки был обусловлен спецификой спортивной специализации участников исследования и их классификацией. Так, из перечня доступных методик, проводимых в рамках оценки функциональной подготовленности спортсменов с ОВЗ, были отобраны антропометрия, гемодинамический мониторинг, ЭКГ покоя, исследование функции внешнего дыхания (спирометрия), оценка общей физической работоспособности (велоэргоспирометрия с регистрацией ЭКГ) и скоростно-силовые тестирования.

Антропометрические исследования [5] и изучение посегментного состава тела проводили методом биоимпедансметрии (TANITA, Япония) с оценкой активной массы тела, мышечного, жирового компонента (абсолютные и относительные значения) в организме.

Кистевая динамометрия с расчетом кистевого индекса использовалась как компонент оценки физического развития. Тест проводился с использованием электронного кистевого динамометра с возможностью адаптировать прибор с учетом возраста исследуемого (размер руки). Динамометрию проводили по общепринятой методике в положении стоя.

Оценка функции внешнего дыхания проводилась методом спирометрии с использованием электронного спирометра Microlab

(Великобритания). Данная методика была включена в комплекс тестов для выявления возможной роли респираторного компонента как лимитирующего фактора физической работоспособности участников исследования. Определяли жизненную емкость легких (ЖЕЛ), форсированную ЖЕЛ (ФЖЕЛ), объем форсированного выдоха за первую секунду (ОФВ₁), пиковую объемную скорость выдоха (ПОС) – максимальную скорость воздушного потока при форсированном выдохе. Все показатели оценивали в абсолютных значениях и процентах (%) от индивидуальных норм (нормированных показателей с учетом возраста и пола исследуемых).

Исследование гемодинамического статуса проводилось в ортопробе методом тетраполярной реовазографии с использованием аппарата для гемодинамического мониторинга «Микролюкс» (Челябинск, Россия). Оценивали следующие показатели: ЧСС лежа, ΔЧСС при вертикализации, конечно-диастолический индекс (КДИ), равный отношению конечно-диастолического объема сердца к площади поверхности тела (м²) в положении лежа, и гемодинамические модуляторы: волемиа, инотропия и тонус сосудов.

Перед проведением нагрузочных тестов всем участникам тестирования была проведена электрокардиография в покое с расшифровкой и дальнейшей оценкой наличия нарушений ритма и проводимости (маркеров электрической нестабильности миокарда) [5, 8].

Нагрузочное тестирование [4, 6] было проведено методом оценки велоэргометрии с одновременной регистрацией ЭКГ и газоанализом с использованием системы нагрузочного тестирования Shiller AG на базе электрокардиографа Cardiovit AT-104 и портативного метаболога Fitmate Pro (COSMED). Применяли RAMP-протокол с непрерывно возрастающей нагрузкой «до отказа». Критериями прекращения теста являлись: абсолютные медицинские показания к завершению тестирования, достижение максимально расчетной ЧСС или невозможность поддерживать заданную скорость педалирования (80 об/мин). Шаг нагрузки рассчитывался строго индивидуально и составлял 1/2 от массы тела футболиста (то есть при массе тела 50 кг шаг увеличения нагрузки составлял 25 Вт/мин). На протяжении всего теста и в течение трех минут восстановительного периода оценивали электрокардиографические изменения при выпол-

нении физической работы (ЧСС, амплитуду сегмента ST и ее изменения на протяжении теста, ритм, проводимость), потребление кислорода на протяжении всего теста, вентиляцию легких. По завершении тестирования анализировали ЧСС, абсолютную и относительную мощность на вентиляционных порогах, максимальное потребление кислорода (МПК).

Блок скоростно-силовых тестирований [1, 2] включал: Вингейт-тест руками с использованием ручного эргометра TopBike Excite (Technogym, Италия) и Вингейт-тест с использованием велоэргометра PeakBike Monark Ergonomic 894 E (Швеция).

Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием пакета программ Excel (Microsoft Office 2019). Для описания параметров в группах рассчитывали средние значения анализируемых параметров (M), стандартное отклонение (SD), минимальные (min) и максимальные (max) значения. Анализировали нормальность распределения и однородности дисперсий признаков в выборках. Сопоставление результатов тестирований в подгруппах спортсменов с ЦП, а также с данными здоровых футболистов соответствующих возрастов проводили с использованием U-критерия Манна – Уитни. Различия считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. Полученные данные комплексного тестирования (см. таблицу) наглядно отражают особенности сформированности физических качеств футболистов. По результатам электрокардиографического исследования в покое и при нагрузке нарушений ритма и проводимости, а также признаков ишемии не было зарегистрировано ни в одном из случаев. Тем не менее обращают на себя внимание достаточно высокие значения скорректированного интервала QT в покое как в подростковой, так и взрослой подгруппах футболистов с ЦП. Несмотря на то, что истинного (достоверно значимого) удлинения интервала QTc не было зарегистрировано ни у одного из исследуемых спортсменов, данное обстоятельство должно быть учтено при проведении предсоревновательного скрининга сердечно-сосудистой системы и при определенных условиях расцениваться как маркер электрической нестабильности миокарда.

При этом результаты гемодинамического

мониторинга свидетельствуют о недостаточном по объемным параметрам развитии сердечно-сосудистой системы (см. таблицу), чрезмерной (нефизиологичной) реакции на вертикализацию. При достоверно меньшем относительном объеме сердца у футболистов с ЦП ЧСС лежа в покое у спортсменов достоверно не различается, что объясняется хронотропной компенсацией у здоровых спортсменов для поддержания оптимальной доставки кислорода к большей по массе мышечной массе относительно спортсменов с ЦП.

Пробы с физической нагрузкой демонстрируют в обеих исследуемых подгруппах спортсменов с ЦП, независимо от возраста, достаточный уровень развития сердечно-сосудистой системы, что подтверждается адекватными значениями ЧСС покоя, скоростью восстановления ЧСС после нагрузки, а также нормальной реакцией на нагрузку в тесте.

Выявленные проблемы недостаточного уровня развития общей выносливости, а именно уровень развития дыхательной и сердечно-сосудистой системы, вероятно, связаны как с (1) особенностями заболевания, так и, как следствие, с (2) ограниченной физической активностью в младенческом и детском возрасте, а также (3) типичными подростковыми проблемами, не связанными с ОВЗ (сутулость, нарушение осанки из-за пользования гаджетами). Тем не менее в работе со здоровыми спортсменами мы наблюдали значительный прогресс в нормализации состояния при использовании специально подобранных физических упражнений и методик спортивной подготовки.

Полученные результаты позволили также установить еще одно функциональное ограничение у футболистов с ЦП. На наш взгляд, недостаточный уровень развития дыхательной системы может лимитировать общую работоспособность спортсменов. Это подтверждается данными оценки функции внешнего дыхания (см. таблицу), которые не только не улучшаются с возрастом относительно индивидуальных норм, но в большинстве своем демонстрируют снижение показателей.

Таким образом, спортивная тренировка футболистов с ЦП должна быть направлена не только на решение задач вида спорта или компенсацию утраченной функции (в случае ЦП – компенсации со стороны опорно-двигательного аппарата и центральной нервной

Данные комплексного тестирования, M ± SD (min-max)
Comprehensive physical examination, M ± SD (min-max)

Показатель Parameter	Футболисты с ДЦП Football players with CP		Здоровые футболисты Healthy football players	
	12–15 лет / years (n = 12)	16–20 лет / years (n = 10)	13 лет / years (n = 56)	17–18 лет / years (n = 11)
Функциональные показатели в покое Functional measurements at rest				
ЧСС покоя (лежа), уд./мин Resting HR (supine), bpm	71,9 ± 9,77	61,5 ± 8,41	68,95 ± 9,15	62,08 ± 9,85
ΔЧСС (ортопроба), уд./мин ΔHR (orthostatic test), bpm	23 ± 14,04	30,83 ± 3,11	17,92 ± 7,73 †	17,31 ± 11,26†
КДИ (лежа), мл/м ² EDI (supine), ml/m ²	80,4 ± 11,68	87,83 ± 7,49	87,06 ± 10,04 †	107,77 ± 11,23 †
КДИ (стоя), мл/м ² EDI (standing), ml/m ²	66,1 ± 6,23	60 ± 14,89	72,44 ± 7,27 †	87,92 ± 9,22 †
QTc, мс / QTc, ms	407,7 ± 24,4	392,3 ± 32,6	407 ± 27,7	–
Стресс-тестирование на велоэргометре Ergometer exercise testing				
ЧССпокоя (нагрузка), уд./мин Resting HR (exercise test), bpm	78,3 ± 13,6	75,4 ± 28,7	88,0 ± 10,69 †	79,9 ± 11,99 †
ЧССмакс, уд./мин / HRmax, bpm	170,1 ± 21,4	181 ± 7,4*	185,57 ± 6,94 †	187,42 ± 6,46
ЧСС АэП, уд./мин / HR AT, bpm	140,6 ± 17,3	137,7 ± 13,5	–	134,82 ± 9,74
Восст ЧСС ₁ , уд./мин / Rec HR ₁ , bpm	125,5 ± 33	155,7 ± 8,04**	146,91 ± 13,14	162,25 ± 10,10
Восст ЧСС ₂ , уд./мин / Rec HR ₂ , bpm	108,1 ± 25,3	133,3 ± 11**	123,53 ± 14,94	142,92 ± 10,31
Восст ЧСС ₃ , уд./мин / Rec HR ₃ , bpm	102,6 ± 19,6	122,4 ± 12,7**	–	124,0 ± 10,54
МПК, мл/кг/мин / VO ₂ max, ml/kg/min	42,7 ± 4,93	50,94 ± 7,4	51,87 ± 6,06 †	58,61 ± 9,37 †
Рмакс/кг, Вт/кг / Pmax/kg, W/kg	3,1 ± 0,7	3,93 ± 0,7*	4,72 ± 0,49 †	4,94 ± 0,52 †
Скоростно-силовое тестирование Speed and strength test				
Рмакс/кг (Вингейт-тест ногами), Вт/кг Wingate-test (legs) Pmax/kg, W/kg	–	9,2 ± 2,7	10,34 ± 1,28	13,33 ± 1,36 †
Рмакс/кг (Вингейт-тест руками), Вт/кг Wingate-test (arms) Pmax/kg, W/kg	–	4,5 ± 1,5	5,26 ± 0,66 †	7,15 ± 1,13 †
Кистевой индекс, % / Hand index, %	–	56,3 ± 10,7	51,05 ± 6,81	58,15 ± 6,95
Функция внешнего дыхания External respiration				
ЖЕЛ, % от нормы / VC, %	68,4 ± 37,7	69,5 ± 24	98 ± 4,65 †	–
ФЖЕЛ, % от нормы / FVC, %	90,8 ± 18,3	82,7 ± 19,5	98,5 ± 17,1 †	–
ПОС, % от нормы / PEF, %	80,8 ± 15,6	68,5 ± 20,6	86 ± 13,63 †	–
ОФВ ₁ , % от нормы / FEV ₁ , %	104,4 ± 19	88,5 ± 21,3	108 ± 17,06	–

Примечания: ЧСС – частота сердечных сокращений, КДИ – конечно-диастолический индекс, МПК – максимальное потребление кислорода, ЖЕЛ – жизненная емкость легких, ФЖЕЛ – форсированная жизненная емкость легких, ПОС – пиковая объемная скорость, ОФВ₁ – объем форсированного выдоха за 1 с; * – различия между подгруппами футболистов с ДЦП достоверны при p < 0,05, ** – различия между подгруппами футболистов с ДЦП достоверны при p < 0,01, † – различия между здоровыми и футболистами с ДЦП такой же возрастной группы достоверны при p < 0,05.

Note: HR – heart rate, EDI – end-diastolic index, VO₂max – maximal oxygen consumption, VC – vital capacity, FVC – forced vital capacity, PEF – peak expiratory flow, FEV₁ – forced expiratory volume in one second; * – level of significance p < 0.05 between football players with CP, ** – level of significance p < 0.01 between football players with CP, † – level of significance p < 0.05 between healthy individuals and football players with CP.

системы), но и на формирование общего функционального резерва. Кроме того, аэробная подготовка (прогулки без использования коляски) детей с ЦП должна быть реализована в раннем детстве.

Заключение. Проведенное комплексное тестирование футболистов с ЦП позволило оценить функциональную подготовленность спортсменов и выявить лимитирующие факторы развития физических качеств. Основными проблемными сторонами подготовки спортсменов с ЦП данных возрастных групп

являются крайне слабое развитие дыхательной системы, умеренное отставание в формировании объемных параметров сердца и силовом совершенствовании при нормальной функциональной работе сердца. Своевременная корректировка тренировочного процесса у атлетов с ОВЗ, направленная на развитие физических качеств, учитывая чувствительные периоды их развития, позволит повысить уровень функциональной подготовленности и в определенной степени будет способствовать компенсации утраченных функций организма.

Список литературы / References

1. Bar-Or, O. The Wingate Anaerobic Test. An Update on Methodology, Reliability and Validity. *Sports Medicine*, 1987, vol. 4, pp. 381–494.
2. Cherepov E., Epishev V., Terekhina E. Effects of Modern Fitness Technologies on Physical Qualities in Students with Locomotor Disorders. *Minerva Ortopedica e Traumatologica*, 2018, vol. 69, suppl. 1 (3), pp. 43–48. DOI: 10.23736/S0394-3410.18.03879-1
3. Cherif M., Said M.A., Bannour K. et al. Anthropometry, Body Composition, and Athletic Performance in Specific Field Tests in Paralympic Athletes with Different Disabilities. *Heliyon*, 2022, vol. 25, no. 8 (3), e09023. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e09023
4. Makarowski R., Görner K., Piotrowski A. et al. The Hungarian, Latvian, Lithuanian, Polish, Romanian, Russian, Slovak, and Spanish, Adaptation of the Makarowski's Aggression Questionnaire for Martial Arts Athletes. *Archives of Budo*, 2021, vol. 17, pp. 75–108.
5. Pelliccia A., Quattrini F.M., Cavarretta E. et al. Physiologic and Clinical Features of the Paralympic Athlete's Heart. *JAMA Cardiology*, 2021, vol. 1, no. 6 (1), pp. 30–39. DOI: 10.1001/jamacardio.2020.4306
6. Riebe D., Ehrman J.K., Liguori G., Magal M. American College of Sports Medicine's Guidelines for Exercise Testing and Prescription Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Philadelphia, Wolters Kluwer, 2018. 472 p.
7. Rodríguez Macías M., Giménez Fuentes-Guerra F.J., Abad Robles M.T. The Sport Training Process of Para-Athletes: A Systematic Review. *International Journal Environment Research Public Healthcare*, 2022, vol. 13, no. 19 (12), p. 7242. DOI: 10.3390/ijerph19127242
8. Sawczuk D. et al. The Prevalence of Cardiovascular Diseases in Paralympic Athletes. *Healthcare (Basel)*, 2023, vol. 11 (7), p. 1027. DOI: 10.3390/healthcare11071027
9. Stieler E., de Mello M.T., Lôbo I.L.B. et al. Current Technologies and Practices to Assess External Training Load in Paralympic Sport: A Systematic Review. *Journal Sport Rehabilitation*, 2023, vol. 8, no. 32 (6), pp. 635–644. DOI: 10.1123/jsr.2022-0110

Информация об авторах

Мехдиева Камилия Рамазановна, доцент, кандидат медицинских наук, доцент кафедры сервиса и оздоровительных технологий, заведующий лабораторией функциональных тестирований и комплексного контроля в спорте, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия.

Захарова Анна Валерьевна, кандидат педагогических наук, профессор, профессор кафедры физической культуры, старший научный сотрудник лаборатории функциональных тестирований и комплексного контроля в спорте, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия.

Ненашева Анна Валерьевна, доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой теории методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Пынар Батын Умут, студент магистратуры образовательной программы «Спорт высших достижений», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия.

Information about the authors

Kamiliya R. Mekhdieva, Associate Professor, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Service and Health Technologies, Head of the Laboratory of Functional Testing and Comprehensive Control in Sports, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia.

Anna V. Zakharova, Candidate of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of the Department of Physical Education, Senior Researcher, Laboratory of Functional Testing and Comprehensive Control in Sports, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia.

Anna V. Nenasheva, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Theory of Methods of Physical Education and Sports, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Batyn U. Pinar, Master's student (High-Performance Sports), Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 12.07.2024

The article was submitted 12.07.2024

ОСОБЕННОСТИ ВОЗВРАЩЕНИЯ В СОРЕВНОВАТЕЛЬНЫЙ СПОРТ ПОСЛЕ САМОИЗОЛЯЦИИ, ВЫЗВАННОЙ ПАНДЕМИЕЙ COVID-19

В.А. Бадтиева^{1,2}, vbadtieva@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4291-679X>

А.С. Шарькин^{1,3,4}, sharykin1947@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5378-7316>

Ю.М. Иванова¹, mnpasm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5131-7401>

В.И. Павлов¹, <https://orcid.org/0000-0002-4616-8322>

Н.В. Трухачева¹, trukhachevan@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4519-1616>

¹ Московский научно-практический центр медицинской реабилитации восстановительной и спортивной медицины, Москва, Россия

² Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, Москва, Россия

³ Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия

⁴ Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия

Аннотация. Цель: установить влияние режима самоизоляции и перенесенной коронавирусной инфекции (COVID-19) на показатели состава тела спортсменов, представляющих различные виды спорта. **Материалы и методы.** Всего было обследовано 2540 профессиональных спортсменов в 28 видах спорта. Клиническое обследование включало опрос, осмотр, биоимпеданс. Лабораторный анализ крови проводился методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) на генетический материал вируса и уровень антител IgM и IgG к вирусу SARS-CoV-2. **Результаты.** Общее количество людей, инфицированных SARS-CoV-2, составило 325 (13 %), из них 12 человек с ПЦР+, 38 – с IgM+ и 275 – с IgG+. Ни один из спортсменов не был госпитализирован и не имел симптомов пневмонии или кардиологических проблем. Период самоизоляции с ограничением самоподготовки длился от 2,5 до 3 месяцев, после чего у большинства спортсменов выявлено перераспределение мышечной ткани в жировую. При этом наиболее значимые изменения были выявлены среди спортсменов, тренирующих преимущественно сложнотехнические и сложнокординационные навыки и такие качества, как выносливость. Убедительных данных о влиянии перенесенного COVID-19 на увеличение массы тела и процента жировой массы не получено. Наибольшее количество спортсменов, переболевших COVID-19, было среди спортсменов, тренирующих силу: борцов, дзюдоистов, самбистов. **Заключение.** Спортсмены подвержены высокому риску заражения коронавирусной инфекцией, особенно в контактных видах спорта, таких как борьба, самбо, дзюдо и др. и командных видах спорта, они нуждаются в обязательном тестировании на инфекцию перед допуском к тренировкам и соревнованиям. Необходимо поддерживать физическую форму в условиях самоизоляции и тренерскому составу обратить внимание на подготовку рекомендаций при составлении плана индивидуальных тренировок, сопоставимых с требованиями, предъявляемыми к конкретному виду спорта.

Ключевые слова: самоизоляция, пандемия, спортсмены, COVID-19

Для цитирования: Особенности возвращения в соревновательный спорт после самоизоляции, вызванной пандемией COVID-19 / В.А. Бадтиева, А.С. Шарькин, Ю.М. Иванова и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 4. С. 33–40. DOI: 10.14529/hsm240404

RETURN TO COMPETITIVE SPORT FOLLOWING THE COVID-19 LOCKDOWN

V.A. Badtieva^{1,2}, vbadtieva@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4291-679X>
A.S. Sharykin^{1,3,4}, sharykin1947@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5378-7316>
I.M. Ivanova¹, mnpcsm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5131-7401>
V.I. Pavlov¹, <https://orcid.org/0000-0002-4616-8322>
N.V. Trukhacheva¹, trukhachevan@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4519-1616>

¹ Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, Moscow, Russia

² I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

³ Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov Medical University), Moscow, Russia

⁴ Federal Scientific and Clinical Center for Sports Medicine and Rehabilitation of the Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia

Abstract. Aim. This study investigated the effects of self-isolation and COVID-19 on the body composition of athletes from different disciplines. **Materials and methods.** The sample consisted of 2540 professional athletes from 28 disciplines. Participants underwent clinical examinations, including clinical interviews, and polymerase chain reaction (PCR) assays for IgM and IgG for the diagnosis of SARS-CoV-2. **Results.** Prevalence of SARS-CoV-2 was 13% (n = 325), with 12 PCR-positive, 38 IgM-positive, and 275 IgG-positive cases. No hospitalizations or symptoms of pneumonia or cardiac problems were reported. Self-isolation with limited self-training lasted from 2.5 to 3 months and resulted in fat and protein redistribution in the majority of cases. The most significant changes were observed in athletes engaged in the development of complex technical and coordination skills and endurance-like qualities. Convincing evidence of COVID-19-induced increase in body weight and fat mass percentage was not found. The highest recovery rate from COVID-19 was observed among athletes from strength sports (wrestling, judo, sambo). **Conclusions.** Athletes, especially those from contact sports (e.g., wrestling, sambo, judo) and team sports, are at high risk of COVID-19. Mandatory testing before returning to training and competition is crucial. To mitigate physiological consequences of self-isolation, coaches should develop recommendations for maintaining physical fitness and personal training protocols aligned with sport-specific requirements.

Keywords: self-isolation, pandemic, athletes, coronavirus, COVID-19, functional capacity

For citation: Badtieva V.A., Sharykin A.S., Ivanova I.M., Pavlov V.I., Trukhacheva N.V. Return to competitive sport following the COVID-19 lockdown. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(4):33–40. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240404

Введение. В настоящее время ВОЗ снова начинает предостерегать о грядущей эпидемии вируса X (Болезнь X). Анализ особенностей изменений здоровья спортсменов за период пандемии 2020 года поможет вынести уроки, которые позволят снизить уровень заболеваемости и избежать последствий пандемии в будущем.

За последние годы достаточное количество публикаций было посвящено профилактике, лечению, допинг-контролю и поддержанию базовых физических кондиций спортсменов в условиях режима самоизоляции [1–4, 9, 11]. Приверженность спортсменов данным рекомендациям остается неизвестной. Несмотря на рекомендации тренеров поддерживать фи-

зическую форму, в условиях изоляции соблюдать должный тренировочный режим оказалось сложно. Кроме того, спортсмены могли быть вирусоносителями или иметь осложнения в случае перенесенной коронавирусной инфекции, в том числе в бессимптомной форме. Указанные обстоятельства необходимо учитывать при проведении медико-спортивного обследования для допуска к полноценным тренировкам после периода самоизоляции и карантинных мероприятий.

Цель: установить влияние режима самоизоляции и перенесенной коронавирусной инфекции (COVID-19) на сердечно-сосудистую систему и параметры тела спортсменов, представляющих различные виды спорта.

Материал и методы. С 15.06.2020 по 15.07.2020 г. после окончания периода самоизоляции на базе МНПЦ МРВСМ были обследованы 2540 профессиональных спортсменов (1432 (56,4 %) мужчин, 1108 (43,6%) женщин), проживающих в Московском регионе, со стажем занятий три и более лет, занимающихся 28 различными видами спорта, средний возраст обследованных $20,4 \pm 5,6$ года. Все спортсмены являлись членами сборных команд города Москвы.

Обследование включало: опрос спортсменов, оценивающий наличие контактов с носителями коронавируса, соблюдение режима самоизоляции, наличие самостоятельных спортивных тренировок в этот период, клинический осмотр, анализ инфицированности спортсменов с помощью полимеразной цепной реакции (polymerase chain reaction, ПЦР) на генетический материал вируса и по уровню антител IgM и IgG к вирусу SARS-CoV-2; анализ динамики весо-ростовых показателей и жирового состава тела за время самоизоляции. Жировую массу тела определяли с помощью биоимпедансного анализа [10, 12–15, 17].

Статистическую обработку данных проводили с применением программы Statistica 8.0 (StatSoft, USA). За уровень достоверности различий принимали $p < 0,05$.

Результаты. Частота инфицирования SARS-CoV-2. Все спортсмены сообщили о соблюдении предписанного режима самоизоляции, который продолжался у них 2,5–3 месяца. Тем не менее было выявлено 12 лиц с ПЦР+ и 38 с IgM+, которые рассматривались как имеющие текущее заболевание COVID-19. Никто из этих 50 человек не знал о своем заболевании, несмотря на то, что у 48 (96 %) были клинические симптомы в виде легких респираторных проявлений, в том числе у 8 человек с аносмией. Эти 50 спортсменов не были допущены к прохождению углубленного медицинского обследования и тренировочной деятельности до полного выздоровления. Также были выявлены 275 человек с IgG+, средний уровень иммуноглобулина у них составлял 72 ± 26 ед.; у 34 человек он был более 130 ед. (референсное значение 10 ед.). Учитывая, что подобная напряженность иммунитета свидетельствует о перенесенном заболевании, данные лица с высокой вероятностью являлись реконвалесцентами COVID-19. Только 36 (13,1 %) из них знали о своей болезни, так как у 18 был контакт в семье, а у 16 – вне ее. Остальные

239 человек заболевание COVID-19 отрицали. Таким образом, общее количество лиц, зараженных SARS-CoV-2, составило 325 (13 %) человек, 289 (88,9 %) из которых не знали о своем заболевании.

Всего к прохождению дальнейшего медицинского обследования были допущены 2490 спортсменов. Среди них 2215 (89 %) с отрицательными результатами анализов на ПЦР, IgM, IgG и 275 спортсменов – IgG+ (11 %). При этом у спортсменов с IgG+ не наблюдалось симптомов пневмонии и случаев госпитализации.

Для оценки динамики массы тела и жировых характеристик спортсменов были отобраны 1096 атлетов (492 женщины и 604 мужчины), которые проходили обследование в нашей клинике до пандемии и имели результаты биоимпеданса до начала самоизоляции (давность обследования составляла от 6 до 9 месяцев, то есть 3–6 месяцев до периода самоизоляции). Средний возраст спортсменов составил $21,2 \pm 6,1$ года. Все спортсмены, включенные в дальнейшее исследование при опросе, указали, что за период самоизоляции поддерживали в домашних условиях спортивную форму с помощью упражнений, соответствующих их специализации, включая беговые дорожки, велотренажеры и упражнения с отягощениями. По самооценке спортсменов данные тренировки по интенсивности практически не уступали тренировкам в обычном подготовительном периоде до начала самоизоляции. Период ограничения полноценных тренировок продолжался от 2,5 до 3 месяцев (табл. 1).

За период самоизоляции достоверное увеличение веса выявлено только среди мужчин ($p = 0,045$) (см. табл. 1), достоверных различий до и после самоизоляции в значениях индекса массы тела не было выявлено ни у кого. При этом жировая масса спортсменов значительно увеличилась ($p = 0,0000$), причем как у мужчин, так и у женщин.

Для оценки влияния вида спорта и типа спортивных нагрузок на параметры тела в условиях снижения физической активности мы поделили 1096 атлетов на четыре группы (табл. 2) в соответствии с классификацией A. Pelliccia et al. [6, 7, 16].

Классификация включает четыре основные группы спортивных дисциплин, требующих: специальных технических навыков – группа 1 (гольф, карате, керлинг, настольный теннис, стрельба из лука и др.), силы – группа 2

Таблица 1
Table 1

Характеристика спортсменов до и после самоизоляции
Body measurements of athletes before and after lockdown

492 женщины / females 604 мужчины / males	До самоизоляции Before	После самоизоляции After	Значение p p-value ($< 0,05$)
Мужчины: вес, кг / Body weight, males, kg	75,9 ± 12,1	77,3 ± 12,2	0,045*
Женщины: вес, кг / Body weight, females, kg	61,8 ± 10,6	62,1 ± 10,7	0,687
Мужчины: ИМТ, кг/м ² / BMI, males, kg/m ²	22,8 ± 2,9	23,1 ± 3	0,077
Женщины: ИМТ, кг/м ² / BMI, females, kg/m ²	21,3 ± 3	21,4 ± 3,1	0,601
Мужчины: жировая масса, % / Fat mass, males, %	13,9 ± 4,5	16,2 ± 5,5	0,000*
Женщины: жировая масса, % / Fat mass, females, %	17,7 ± 5,3	19,5 ± 6,4	0,000*

Примечание. Здесь и в табл. 2, 4 ИМТ – индекс массы тела. Данные представлены в виде среднее ± стандартное отклонение; *p < 0.05.

Note. Here and in Tables 2, 4 BMI – body mass index. Values are provided as mean ± standard deviation; *p < 0.05.

Таблица 2
Table 2

Характеристика спортсменов по группам спортивных дисциплин
Sample characteristics by sports

Всего обследовано Total (n = 1096)	Навыки Skills (n = 317)	Сила Strength (n = 257)	Смешанные Mixed (n = 220)	Выносливость Endurance (n = 302)
Мужчины / Женщины Males / Females	178 / 139	132 / 125	122 / 98	177 / 125
Возраст, годы Age, years	23,0 ± 4,3	23,0 ± 6,6	24,8 ± 9,7	24,7 ± 6,7
Длина тела, см Body length, cm	173,2 ± 8,7	171,8 ± 8,8	177,8 ± 10,1	177,6 ± 9,2
Масса тела, кг Body mass, kg	67,7 ± 12,7	70,3 ± 15,8	73,1 ± 12,8	71,8 ± 13,4
ИМТ, кг/м ² BMI, kg/m ²	21,9 ± 3,0	23,1 ± 3,9	22,4 ± 2,6	22,1 ± 3,0
Мужчины / Женщины Males / Females	23 (7,25 %) 12 (6,74 %) / 11 (7,91 %)	45 (17,5 %) * 31 (23,48 %) / 14 (11,2 %)	22 (10 %) 17 (13,93 %) / 5 (5,0 %)	31 (10,26 %) 24 (13,55 %) / 7 (5,6 %)

(борьба, гимнастика художественная, метание диска/копья, толкание ядра, тяжелая атлетика и др.), смешанных качеств – группа 3 (баскетбол, водное поло, волейбол, футбол, хоккей и др.), выносливости – группа 4 (бег на средние или длинные дистанции, биатлон, велоспорт, гонки на лыжах, гребля академическая и др.) (см. табл. 2).

Группы достоверно различались только по количеству спортсменов с выявленным IgG+, которых в группе тренирующихся качества силы оказалось больше (p < 0,05).

Интересно, что, сравнивая показатели веса у спортсменов в разных спортивных специализациях до и после самоизоляции, достоверных изменений мы не получили как среди мужчин, так и среди женщин, хотя отмечалась

тенденция к набору веса во всех группах (табл. 3).

Жировая масса у мужчин-спортсменов менялась статистически значимо, и это увеличение наблюдалось во всех группах спортивных дисциплин (p = 0,0000) (см. табл. 3). В группах женщин-спортсменок достоверное увеличение процента жировой массы было в только группах 1 и 4. Причем в группе 1, где основные требования предъявляются к сложнокоординационным и сложнотехническим навыкам, и у мужчин, и у женщин выявлен наибольший прирост % жировой массы. Вероятно, в таких видах спорта (гольф, керлинг, настольный теннис, стрельба из лука и т. д.), где требуются дополнительные технические средства или специальные условия для трени-

Таблица 3
Table 3

Вес и жировые характеристики спортсменов до и после самоизоляции
Weight and fat characteristics of athletes before and after self-isolation

Всего обследовано Total (n = 1096)	Навыки Skills (n = 317)	Сила Strength (n = 257)	Смешанные Mixed (n = 220)	Выносливость Endurance (n = 302)
Мужчины: вес, кг Males, weight, kg				
до самоизоляции / before	73,2 ± 11,1	75,4 ± 14,7	78,6 ± 10,0	77,3 ± 11,7
после самоизоляции / after	74,2 ± 11,5	77,3 ± 14,8	79,7 ± 10,1	78,6 ± 11,8
Значение p / p-value	p = 0,404	p = 0,296	p = 0,393	p = 0,298
Женщины: вес, кг Females, weight, kg				
до самоизоляции / before	59,3 ± 8,6	62,1 ± 13,5	64,5 ± 9,9	62,1 ± 9,8
после самоизоляции / after	59,4 ± 8,7	62,8 ± 13,3	64,8 ± 10,9	62,3 ± 8,9
Значение p / p-value	p = 0,923	p = 0,680	p = 0,840	p = 0,866
Мужчины: жировая масса, % Fat mass, males, %				
до самоизоляции / before	14,5 ± 4,9	13,7 ± 4,5	13,0 ± 3,5	14,0 ± 4,5
после самоизоляции / after	17,4 ± 6,0	16,5 ± 5,9	15,4 ± 5,1	15,3 ± 4,7
Значение p / p-value	p = 0,000*	p = 0,000*	p = 0,000*	p = 0,015*
Женщины: жировая масса, % Fat mass, females, %				
до самоизоляции / before	17,2 ± 4,8	18,6 ± 6,4	18,4 ± 4,7	16,8 ± 5,0
после самоизоляции / after	20,8 ± 6,2	19,5 ± 7,6	19,2 ± 6,6	18,4 ± 4,8
Значение p / p-value	p = 0,000*	p = 0,312	p = 0,329	p = 0,010*

Примечание. Данные представлены в виде среднее ± стандартное отклонение. Изменения возраста и роста не рассматривались ввиду незначительных сроков наблюдения; * – p < 0,05.

Note. Values are provided as mean ± standard deviation. Changes in age and height were not considered due to the short follow-up period; * – p < 0.05.

Таблица 4
Table 4

Характеристика спортсменов в группах IgG+, IgG–
Sample characteristics by IgG+ and IgG–

Все спортсмены / Total (n = 1096)	Ig G+ (n = 121)	IgG- (n = 975)	Значение p / p-value (< 0,05)
Вес, кг / Weight, kg	72,5 ± 14,3	70,3 ± 13,7	0,097
ИМТ, кг/м ² / BMI, kg/m ²	22,8 ± 3,3	22,3 ± 3,1	0,097
Жировая масса, % / Fat mass, %	17,9 ± 6,2	17,6 ± 6,2	0,616

ровок, спортсменам было сложнее самостоятельно поддерживать должный уровень нагрузок, сопоставимый с допандемийными. Аналогичная тенденция проявилась и в видах спорта на выносливость (биатлон, велоспорт, гонки на лыжах, гребля академическая и т. д.), где сложно соблюсти высокий объём нагрузок в период ограничения. В результате в период самоизоляции происходило перераспределение массы тела из мышечной в жировую.

Мы обратили внимание, что значительный прирост жировой массы был у мужчин, тренирующих силу, среди которых было больше всего спортсменов с IgG+, вероятно, пере-

несших инфекцию. Поэтому, чтобы сравнить влияние перенесенной инфекции на состав тела, мы сравнили группу неинфицированных спортсменов (IgG– группа), которая включала 975 человек, с группой реконвалесцентов COVID-19 (IgG+) – 121 спортсмен. Группы IgG+ и IgG– достоверно не различались по весу и индексу массы тела (табл. 4).

Достоверного различия по содержанию жировой массы между группами с IgG– и IgG+ (p > 0,05) также не было выявлено. Таким образом, достоверных данных, что перенесенная инфекция сама по себе дополнительно влияла на изменение состава тела, не получено.

Обсуждение. Среди большой группы спортсменов – 2540 чел., обследованных в первый месяц после отмены режима самоизоляции, – была выявлена высокая частота перенесенной или текущей коронавирусной инфекции – 13 %, что значительно превышает средний показатель среди жителей Москвы – 4 % (261 038 положительных тестов среди 6 500 000 обследованных) [8]. Причины этого достаточно очевидны. Спортсмены представляют собой активных лиц, тесно взаимодействующих со зрителями, персоналом, другими спортсменами. Они интенсивно перемещаются как внутри своей страны, так и между странами. При хорошем самочувствии и латентном течении респираторных заболеваний спортсмены, как правило, не ограничивают свои контакты, что создает условия для легкого заражения и распространения инфекции внутри команд и в рамках одной спортивной дисциплины. Наши наблюдения показывают, что 88,9 % спортсменов не знали о своем заболевании или расценивали его как банальную респираторно-вирусную инфекцию, в связи с чем могли представлять опасность для окружающих при несоблюдении карантинных мер. Несмотря на сообщения о выполнении режима самоизоляции, около 2 % спортсменов могли быть инфицированы уже в этот период или сразу после его окончания, учитывая результаты анализов, свидетельствующих о текущей коронавирусной инфекции.

По опасности контактов и риску трансмиссии SARS-CoV-2 различные виды спорта теоретически можно классифицировать по возможности сохранять безопасную дистанцию между спортсменами. Наиболее низкий риск передачи инфекции имеется в индивидуальных видах спорта без непосредственного контакта между спортсменами (теннис, стрелковый спорт и т. п.), наибольший – в индивидуальных и командных видах, требующих контактов с соперниками (единоборства, регби, хоккей и т. п.).

Наши наблюдения подтверждают обоснованность такой классификации. В нашем наблюдении (см. табл. 2) наибольшее количество спортсменов с IgG+ (17,5 %) ($p < 0,05$) выявлено во второй группе, куда входят такие виды спорта, как спортивная борьба, самбо, дзюдо. В работе [5] также указывалось, что наиболее часто инфекционные проблемы, связанные как с вирусами, так и с бактериями,

возникают среди спортсменов в контактных видах спорта. К примеру, среди борцов их частота составляет 248 на 10 000 человек, что в 3,5 раза больше, чем среди футболистов. При этом основное количество кожных и респираторных бактерий обнаруживают на борцовских матах. Можно предположить, что аналогичные уровни контаминации существуют и для коронавируса. Таким образом, профилактике подлежат и воздушно-капельный, и предметно-контактный способы заражения, а методы профилактики должны быть энергичней, чем в общей популяции.

Принудительная изоляция из-за пандемии привела к перерыву в тренировках, который не возникает в обычных условиях. В наших наблюдениях снижение интенсивности, частоты и продолжительности тренировок проявилось в изменениях состава тела спортсменов, а именно – в перераспределении мышечной массы в жировую. Особенно пострадали спортсмены, тренирующие преимущественно навыки и выносливость (группы 1 и 4). Причем достоверного влияния перенесенной инфекции (группа IgG+) не зарегистрировано, поэтому пациенты, перенесшие коронавирусную инфекцию в легкой форме, не нуждаются в дополнительных мерах реабилитации.

Заключение. Высокая частота латентного течения COVID-19 (88,9 %) свидетельствует о необходимости обязательного тестирования на коронавирусную инфекцию перед допуском к тренировкам и соревнованиям. Пациенты, перенесшие коронавирусную инфекцию в легкой форме, не нуждаются в дополнительной реабилитации по восстановлению физического состояния по сравнению с другими спортсменами, однако должны получить информацию о своем состоянии и стратегии выздоровления.

Спортсмены подвержены высокой опасности заражения коронавирусной инфекцией, особенно в определенных индивидуальных и командных видах. Достоверное увеличение уровня жировой массы необходимо учитывать как самим спортсменам, так и тренерам при переходе к активному режиму тренировок и подготовке к соревнованиям. Всем спортсменам необходима тренерская поддержка в разработке и контроле спортивных нагрузок в период ограничения перемещения, а также рекомендации по рациону в этих условиях и повышенный самоконтроль для поддержания физической формы.

Список литературы / References

1. Bird S., Calleja-González J., Alcaraz P.E. Season Suspension and Summer Extension: Unique Opportunity for Professional Team-Sport Athletes and Support Staff During and Following the COVID-19. *Front. Sports Activity Living*, vol. 2, p. 98. DOI: 10.3389/fspor.2020.00098
2. Bisciotti G.N., Eirale C., Corsini A. et al. Return to Football Training and Competition After Lockdown Caused by the COVID-19 Pandemic: Medical Recommendations. *Biology Sport*, 2020, vol. 37 (3), pp. 313–319. DOI: 10.5114/biol sport.2020.96652
3. Bok D., Chamari K., Foster C. Pitch Invader – COVID-19 Canceled the Game: What Can Science Do for Us, and What Can the Pandemic Do for Science? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2020, vol. 15, pp. 917–919. DOI: 10.1123/ijsp.2020-0467
4. Braun T., Kahanov L. Community-associated Methicillin-resistant Staphylococcus Aureus Infection Rates and Management Among Student-athletes. *Medicine Science Sports Exercise*, 2018, vol. 50 (9), pp. 1802–1809. DOI: 10.1249/MSS.0000000000001649
5. Budts W., Pielers G.E., Roos-Hesselink J.W. et al. Recommendations for Participation in Competitive Sport in Adolescent and Adult Athletes with Congenital Heart Disease (CHD): Position Statement of the Sports Cardiology & Exercise Section of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC), the European Society of Cardiology (ESC) Working Group on Adult Congenital Heart Disease and the Sports Cardiology, Physical Activity and Prevention Working Group of the Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC). *European Heart Journal*, 2020, 501. DOI: 10.1093/eurheartj/ehaa501
6. Caselli S., Di Paolo F.M., Picicchio C. et al. Patterns of Left Ventricular Diastolic Function in Olympic Athletes. *Journal American Society Echocardiogram*, 2015, vol. 28 (2), pp. 236–244. DOI: 10.1016/j.echo.2014.09.013
7. *Coronavirus Statistics for Russia*. Available at: <http://www.coronavirusstat.ru/country/moskva> (accessed 30.08.2020).
8. Kyle U.G., Bosaeus I., De Lorenzo A.D. et al. ESPEN. Bioelectrical Impedance Analysis-part II: Utilization in Clinical Practice. *Clinical Nutr.*, 2004, vol. 23 (6), pp. 1430–1453. DOI: 10.1016/j.clnu.2004.09.012
9. Lim M.A., Pranata R. Sports Activities During Any Pandemic Lockdown. *Ir. Journal Medical Science*, 2020, vol. 1–5, DOI: 10.1007/s11845-020-02300-9
10. Matthie J., Zarowitz B., de Lorenzo A., Andreoli A. Analytic Assessment of the Various Bioimpedance Methods Used to Estimate Body Water. *The American Physiological Society*, 1998, pp. 1801–1816. DOI: 10.1152/jappl.1998.84.5.1801
11. Mujika I., Padilla S. Detraining: Loss of Training-induced Physiological and Performance Adaptations. Part I: Short Term Insufficient Training Stimulus. *Sports Medicine*, 2000, vol. 30 (2), pp. 79–87. DOI: 10.2165/00007256-200030020-00002
12. Nes B.M., Janszky I., Wisløff U. et al. Age-predicted Maximal Heart Rate in Healthy Subjects: The HUNT Fitness Study. *Scandinavian Journal Medicine Science Sports*, 2013, vol. 23 (6), pp. 697–704. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2012.01445.x
13. Neuffer P.D. The Effect of Detraining and Reduced Training on the Physiological Adaptations to Aerobic Exercise Training. *Sports Medicine*, 1989, vol. 8 (5), pp. 302–320. DOI: 10.2165/00007256-198908050-00004
14. Pelliccia A., Caselli S., Sharma S. et al. Internal Reviewers for EAPC and EACVI. European Association of Preventive Cardiology (EAPC) and European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) Joint Position Statement: Recommendations for the Indication and Interpretation of Cardiovascular Imaging in the Evaluation of the Athlete's Heart. *European Heart Journal*, 2018, vol. 39 (21), pp. 1949–1969. DOI: 10.1093/eurheartj/ehx53
15. Peterson A.R., Nash E., Anderson B.J. Infectious Disease in Contact Sports. *Sports Healthcare*, 2019, vol. 11 (1), pp. 47–58. DOI: 10.1177/1941738118789954
16. Toresdahl B.G., Asif I.M. Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): Considerations for the Competitive Athlete. *Sports Healthcare*, 2020, 1941738120918876. DOI: 10.1177/1941738120918876
17. Young L.M., Motz V.A., Markey E.R. et al. Recommendations for Best Disinfectant Practices to Reduce the Spread of Infection via Wrestling Mats. *Journal Athl. Training*, 2017, vol. 52, pp. 82–88. DOI: 10.4085/1062-6050-52.1.02

Информация об авторах

Бадтиева Виктория Асланбековна, доктор медицинских наук, член-корреспондент РАН, заведующий филиалом № 1, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины, Москва, Россия; профессор кафедры восстановительной медицины, реабилитации и курортологии, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, Москва, Россия.

Шарыкин Александр Сергеевич, доктор медицинских наук, профессор кафедры госпитальной педиатрии, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия; врач-кардиолог, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины, Москва, Россия; ведущий научный сотрудник, Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия.

Иванова Юлия Михайловна, кандидат медицинских наук, врач отделения функциональной диагностики, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины, Москва, Россия.

Павлов Владимир Иванович, доктор медицинских наук, заведующий отделением функциональной диагностики, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины, Москвы, Россия.

Трухачева Наталья Владимировна, кандидат медицинских наук, врач кардиолог функциональной диагностики, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины, Москва, Россия.

Information about the authors

Victoria A. Badtieva, Doctor of Medical Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of Branch No. 1, Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, Moscow, Russia; Professor of the Department of Restorative Medicine, Rehabilitation and Balneology, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia.

Aleksandr S. Sharykin, Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Hospital Pediatrics, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia; Cardiologist, Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, Moscow, Russia; Leading Researcher, Federal Scientific and Clinical Center for Sports Medicine and Rehabilitation of the Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia.

Yulia M. Ivanova, Candidate of Medical Sciences, Physician of the Functional Diagnostics Department, Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, Moscow, Russia.

Vladimir I. Pavlov, Doctor of Medical Sciences, Head of the Functional Diagnostics Department, Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, Moscow, Russia.

Natalya V. Trukhacheva, Candidate of Medical Sciences, Cardiologist of the Functional Diagnostics Department, Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, Moscow, Russia.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 14.03.2024

The article was submitted 14.03.2024

ИЗУЧЕНИЕ АДАПТИВНЫХ РЕАКЦИЙ У ЭЛИТНЫХ БИАТЛОНИСТОВ НА ТРЕНИРОВОЧНЫЕ НАГРУЗКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КЛЕТОЧНЫХ ИНТЕГРАТИВНЫХ МАРКЕРОВ ИММУНИТЕТА

М.А. Дикунец, dikunets.m.a@vniifk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5945-0722>

Г.А. Дудко, dudko.g.a@vniifk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1064-3283>

Э.Д. Вирюс, edwardvirus@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9371-6494>

Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва, Россия

Аннотация. Целью работы являлось определение прогностической ценности клеточных интегративных маркеров иммунитета при различных типах адаптационных реакций у биатлонистов высокой квалификации на различных этапах подготовительного периода. **Материалы и методы.** В исследовании принял участие 21 биатлонист мужской сборной команды России. Гематологические показатели периферической крови измеряли на автоматическом гематологическом анализаторе XN-1000, Sysmex Corporation (Япония). **Результаты.** Доминирующими типами адаптаций в течение подготовительного периода являлись «спокойная» и «повышенная активация». Частота возникновения реакций адаптации «переактивация» и «повышенная активация» при переходе от общеподготовительного этапа к специально-подготовительному увеличивалась, а доля реакции «тренировка» уменьшалась. На предсоревновательном этапе адаптационной реакции «хронический стресс» как предиктора предпатологических состояний в группе спортсменов не зафиксирован. **Заключение.** Индекс системного иммунного воспаления может рассматриваться в качестве универсального и надежного маркера оценки воспаления, вызванного физической нагрузкой. Дифференциация типа адаптационной реакции под влиянием высокоинтенсивных нагрузок, основанная на использовании маркеров клеточного интегративного иммунитета, позволяет проводить оценку ее стрессогенности, адекватности и переносимости тренировочных воздействий, процессов восстановления, а также использоваться для прогнозирования возникновения утомления и повышенного риска восприимчивости спортсменов к инфекциям.

Ключевые слова: клеточный интегративный иммунный маркер, прогнозирование, стрессогенность, физическая нагрузка

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУ ФНЦ ВНИИФК № 777-00036-23-00 (№ 001-22/3).

Для цитирования: Дикунец М.А., Дудко Г.А., Вирюс Э.Д. Изучение адаптивных реакций у элитных биатлонистов на тренировочные нагрузки с использованием клеточных интегративных маркеров иммунитета // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 4. С. 41–47. DOI: 10.14529/hsm240405

Original article
DOI: 10.14529/hsm240405

INVESTIGATING ADAPTIVE RESPONSES TO EXERCISE IN ELITE BIATHLETES USING CELLULAR INTEGRATIVE IMMUNE MARKERS

M.A. Dikunets, dikunets.m.a@vniifk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5945-0722>

G.A. Dudko, dudko.g.a@vniifk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1064-3283>

E.D. Virus, edwardvirus@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9371-6494>

Federal Science Center for Physical Culture and Sport, Moscow, Russia

Abstract. Aim. This paper was aimed at evaluating the prognostic value of cellular integrative immune markers for predicting various types of adaptive responses in elite biathletes at various stages of early season. **Materials and methods.** This study involved 21 members of the Russian national biathlon team. The hematological profile of peripheral blood was obtained using an automated hematology analyzer (XN-1000, Sysmex

Corporation, Japan). **Results.** The dominant types of adaptations during early season training are “smooth activation” and “enhanced activation”. The frequency of “re-activation” and “enhanced activation” responses increased from general to specific preparation, with a concurrent decrease of the “training” response. Importantly, no cases of stress-induced adaptive responses were observed at the precompetition stage. **Conclusions.** This study demonstrates the utility of the systemic immune inflammation index as a universal and reliable marker for assessing exercise-related inflammation. Differentiation of adaptive responses based on cellular integrative immune markers allows for evaluation of stress capacity, training effects, recovery processes, and prediction of fatigue and susceptibility to infections in elite athletes.

Keywords: cellular integrative immune markers, predictive modeling, stress capacity, physical exercise

Acknowledgments. The work was carried out within the framework of the state assignment of the Federal State Budgetary Institution Federal Scientific Center of Physical Culture No. 777-00036-23-00 (No. 001-22/3).

For citation: Dikunets M.A., Dudko G.A., Virus E.D. Investigating adaptive responses to exercise in elite biathletes using cellular integrative immune markers. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(4):41–47. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240405

Введение. На современном этапе система подготовки спортсменов характеризуется существенной интенсификацией тренировочного процесса с применением нагрузок, близких к пределу физических возможностей организма. Для достижения максимальных результатов и снижения травм и заболеваний в спорте высших достижений важно поддерживать баланс между тренировочной нагрузкой и восстановлением. За счет активного участия иммунной системы в воспалительных процессах некоторые компоненты гуморального (цитокины, белки острой фазы) и клеточного (лейкоциты) компартментов зачастую рассматриваются в качестве маркеров воспаления при физических нагрузках [8]. В частности, хорошо известно, что острые физические нагрузки вызывают значительное увеличение количества циркулирующих лейкоцитов, зависящее от интенсивности и продолжительности воздействия [4, 7, 9, 10]. Кроме того, снижение иммунной функции вызывает острое и хроническое системное воспаление, а также негативно влияет на восстановление и регенерацию скелетных мышц, что, в конечном счете, сказывается на многих аспектах физической работоспособности. Поскольку общее количество лейкоцитов не учитывает разнонаправленную кинетику подгрупп этих клеток крови, в научно-медицинском сообществе был разработан подход, основанный на использовании интегративных клеточных иммунных маркеров, объединяющих многочисленные популяции иммунных клеток, обеспечивая многофакторное понимание воспалительных процессов.

Отношение количества нейтрофилов к лимфоцитам (Н/Л) – интегративный маркер

воспаления, объединяющий две стороны иммунной системы: врожденный иммунный ответ, главным образом осуществляемый нейтрофилами, и адаптивный иммунитет, поддерживаемый лимфоцитами [11]. Отношение двух крупнейших подгрупп лейкоцитов обладает высоким потенциалом в качестве индикатора воспаления при физических нагрузках, повышенные значения которого указывают на продолжающиеся воспалительные процессы [5]. Следующий интегративный иммунный маркер – отношение количества тромбоцитов к лимфоцитам (Т/Л), который в отличие от Н/Л учитывает еще и количество тромбоцитов. Помимо хорошо известной роли тромбоцитов в первичном гемостазе они проявляют различные провоспалительные свойства, обуславливающие их ценность в качестве маркера воспаления [6]. Подобно нейтрофилии, спровоцированной физической нагрузкой, количество тромбоцитов резко возрастает (тромбоцитоз) путем выброса клеток из костного мозга, селезенки и внутрисосудистых пулов легких. Таким образом, при расчете маркеров клеточного иммунного воспаления Т/Л можно рассматривать как альтернативу Н/Л [5].

В 2014 г. в качестве маркера клеточного иммунного воспаления предложен индекс системного иммунного воспаления (ИСИВ = Н/Л·Т) [13]. Если при расчете Н/Л и Т/Л задействованы отношения двух разных популяций клеток крови, то ИСИВ учитывает три популяции – эффект нейтрофилии и лимфоцитопении, вызванных физической нагрузкой (Н/Л), усиливается эффектом тромбоцитоза. Принимая в расчет различные компоненты крови, реагирующие на физическую нагрузку, ИСИВ может рассматриваться в качестве

универсального и надежного маркера оценки воспаления, вызванного физической нагрузкой, способного заменить или дополнить панель традиционных маркеров воспаления.

Учитывая преимущества маркеров клеточного иммунного воспаления в перспективе клинической диагностики, авторы [14] предложили аналогичный методологический подход к оценке адаптации организма и процессов восстановления в профессиональном спорте. В работе [7] показано, что у спортсменов с высокой аэробной подготовленностью зафиксированы значительно более низкие значения ИСИБ и Т/Л после выполнения однократного теста на велоэргометре до отказа по сравнению с участниками эксперимента, обладающими низким аэробным потенциалом. Вместе с тем в литературе отсутствует информация о продолжительном изучении вышеуказанных интегративных маркеров у элитных спортсменов в рамках тренировочного процесса. Таким образом, цели исследования заключались в определении прогностической ценности клеточных интегративных маркеров иммунитета (Н/Л, Т/Л, ИСИБ) и изучении типов адаптационных реакций организма биатлонистов высокой квалификации под воздействием физических нагрузок, выполненных на различных этапах подготовительного периода, с использованием клеточных интегративных маркеров иммунитета.

Материалы и методы. В исследовании, одобренном этическим комитетом ФГБУ ФНЦ ВНИИФК (протокол № 2 от 01 апреля 2021 г.) и проведенном в соответствии с Хельсинкской декларацией, принял участие 21 биатлонист мужской сборной команды России. Накануне эксперимента спортсменам запрещалось вы-

полнение развивающих нагрузок циклического и силового характера. Все участники исследования добровольно подписали информированное согласие на участие в исследовании, медицинское вмешательство, использование информации в научных целях и публикацию результатов при условии соблюдения анонимности. Биохимический мониторинг осуществлялся на протяжении трех лет (2021–2023 гг.) после пятидневного восстановительного микроцикла в середине общеподготовительного (ОПЭ) и специально-подготовительного этапов (СПЭ). В рамках предсоревновательного этапа (ПСЭ) биохимический контроль проводился после 4-недельного мезоцикла, включающего 2 «ударных» микроцикла продолжительностью 7 дней и 2 восстановительно-поддерживающих 7-дневных микроцикла с умеренным объемом низко- и высокоинтенсивных упражнений. Антропометрические характеристики спортсменов представлены в табл. 1.

Гематологические показатели периферической крови, включая лейкоциты, лимфоциты, нейтрофилы и тромбоциты, измеряли на автоматическом гематологическом анализаторе XN-1000 (Sysmex Corporation, Япония). Расчеты выполнены с использованием пакета IBM STATISTICA для Windows, версия 10.0 (StatSoft. Inc, США). Перед проведением статистического анализа параметры были проверены на нормальность с использованием теста Шапиро – Уилка. Для определения потенциальных корреляций между количеством лейкоцитов и Н/Л, Т/Л, ИСИБ были рассчитаны коэффициенты корреляции Пирсона. Критерий значимости всех статистических анализов установлен на уровне $p < 0,05$.

Таблица 1
Table 1

Антропометрические характеристики биатлонистов (n = 21)
Anthropometric measurements of biathletes (n = 21)

Показатель / Parameter	Значение / Value
Возраст, лет / Age, years	24,2 ± 3,17
Масса тела, кг / Body mass, kg	75,8 ± 7,70
Длина тела, см / Body length, cm	180,4 ± 6,99
Индекс массы тела, кг/м ² / Body mass index, kg/m ²	23,3 ± 1,38
Мышечный компонент, % / Body muscle, %	51,8 ± 1,58
Масса мышц, кг / Muscle mass, kg	39,4 ± 4,55
Жировой компонент, % / Body fat, %	9,6 ± 1,55
Тощая масса верхней части тела/масса тела, % / Upper body lean mass/body mass, %	15,4 ± 1,09
Тощая масса нижней части тела/масса тела, % / Lower body lean mass/body mass, %	20,6 ± 1,90
МПК, мл/кг/мин / VO _{2 max} , ml/kg/min	66,60 ± 4,47

Результаты. Тип адаптационной реакции у биатлонистов под воздействием выполненных нагрузок определяли по методике, разработанной Л.Х. Гаркави с соавт. [1] и адаптированной Г.А. Макаровой [2]. Среднегрупповые значения маркеров клеточного интегративного иммунитета, измеренных в крови биатлонистов на различных этапах подготовительного периода, при разных типах адаптационных реакций организма, представлены в табл. 2.

Сравнительный анализ среднегрупповых значений Н/Л и ИСИБ выявил достоверно значимые отличия между всеми типами неспецифических адаптационных реакций организма ($p < 0,05$), в то время как различия в Т/Л были достоверны только между реакциями «хронический стресс» и «переактивация» ($p < 0,05$).

Выявлена достоверно положительная взаимосвязь общего количества лейкоцитов с Н/Л ($r = 0,42$; $p < 0,05$) и ИСИБ ($r = 0,56$; $p < 0,05$), подчеркивающая их потенциал в качестве иммунологических маркеров, тогда как взаимосвязь лейкоцитов с Т/Л отсутствовала. Корреляция между количеством лейкоцитов и маркерами клеточного интегративного иммунитета Н/Л и ИСИБ вполне очевидна, поскольку последние частично рассчитываются с использованием подмножеств первых, однако в зависимости от распределения различных популяций лейкоцитов и количества тромбоцитов не может быть гарантирована по умолчанию [12]. Таким образом, с одной стороны, Н/Л и ИСИБ могут использоваться в качестве маркеров оценки иммунологических

Таблица 2
Table 2

Среднегрупповые значения маркеров клеточного интегративного иммунитета, измеренные в крови биатлонистов ($n = 21$), при различных типах адаптационной реакции организма
Mean group values of cellular integrative immune markers in biathletes ($n = 21$) at different adaptive responses

Маркер Marker	Тип адаптационной реакции Adaptive response				
	Хронический стресс Chronic stress	Тренировка Training	Спокойная активация Smooth activation	Повышенная активация Enhanced activation	Переактивация Overactivation
Общеподготовительный этап / General preparation					
Н/Л, усл. ед. NLR, с. у.	2,88 ± 0,22*#	1,83 ± 0,14*	1,49 ± 0,15*	1,15 ± 0,07*	0,85 ± 0,13*#
Т/Л, усл. ед. PLR, с. у.	131,1 ± 25,6#	132,7 ± 21,6	122,0 ± 30,5	112,6 ± 20,6	99,8 ± 17,5#
ИСИБ, ×10 ⁹ /л SI, ×10 ⁹ /л	540,6 ± 106,9*#	446,0 ± 84,8*	367,6 ± 78,6*	310,8 ± 75,7*	187,2 ± 34,6*#
Специально-подготовительный этап Specific preparation					
Н/Л, усл. ед. NLR, с. у.	3,39 ± 0,92*#	1,9 ± 0,3*	1,47 ± 0,2*	1,19 ± 0,1*	0,90 ± 0,1*#
Т/Л, усл. ед. PLR, с. у.	153,9 ± 20,3#	132,3 ± 29,0	121,2 ± 31,6	113,7 ± 22,9	112,6 ± 24,3#
ИСИБ, ×10 ⁹ /л SI, ×10 ⁹ /л	899,7 ± 128,9*#	443,0 ± 105,7*	340,2 ± 64,5*	273,9 ± 48,2*	235,1 ± 50,3*#
Предсоревновательный этап Pre-competitive stage					
Н/Л, усл. ед. NLR, с. у.	–	2,00 ± 0,25*#	1,49 ± 0,15*	1,19 ± 0,09*	0,88 ± 0,12*#
Т/Л, усл. ед. PLR, с. у.	–	124,6 ± 21,4	107,2 ± 17,0	109,8 ± 19,6	103,4 ± 24,3
ИСИБ, ×10 ⁹ /л SI, ×10 ⁹ /л	–	464,1 ± 94,7*#	330,1 ± 67,3*	281,6 ± 68,7*	200,7 ± 27,5*#

Примечания: * – различия достоверны при уровне значимости $p < 0,05$; # – различия между реакциями «хронический стресс» и «переактивация» достоверны при уровне значимости $p < 0,05$.

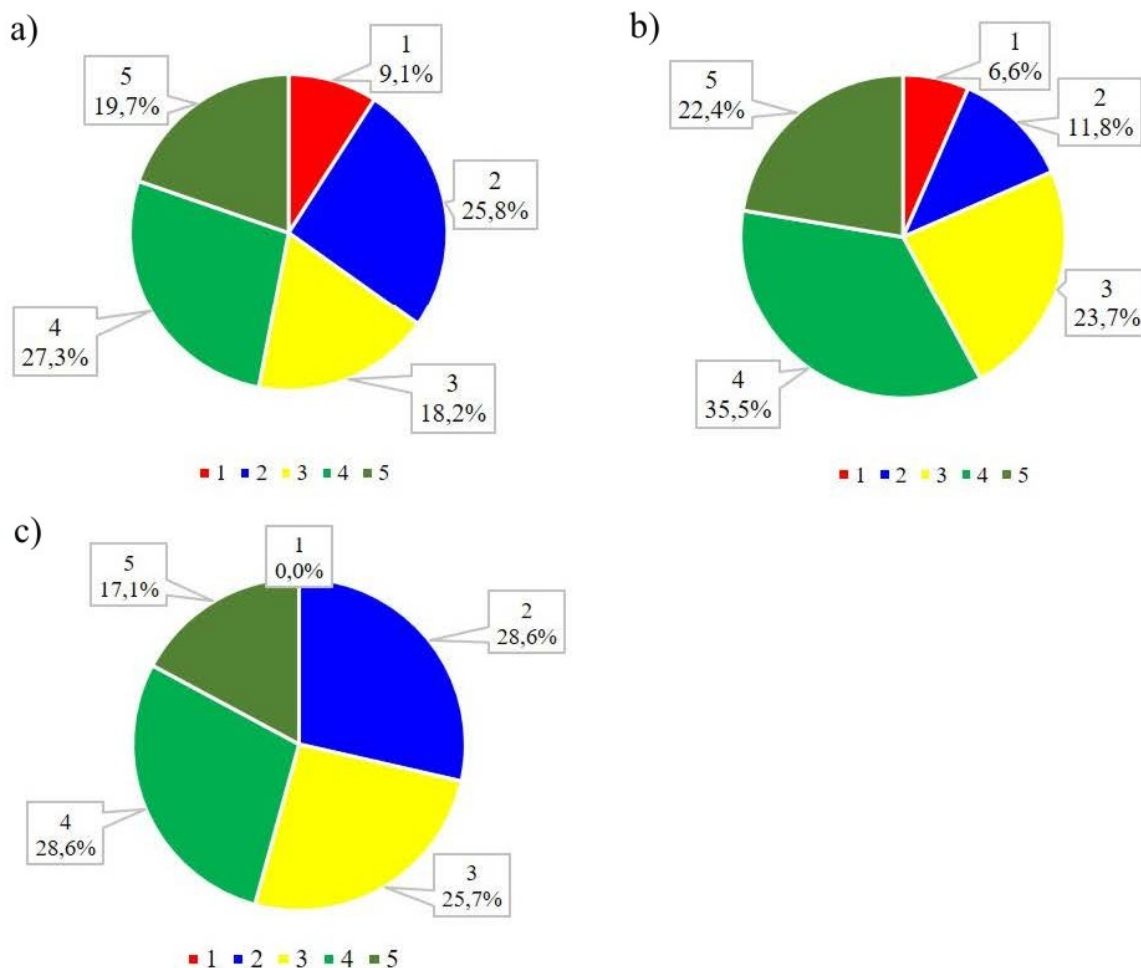
Note: * – level of significance at $p < 0.05$; # – level of significance between “chronic stress” and “overactivation” at $p < 0.05$.

изменений у спортсменов. С другой стороны, Н/Л объединяет две стороны иммунной системы: врожденный иммунный ответ, главным образом осуществляемый нейтрофилами, и адаптивный иммунитет, поддерживаемый лимфоцитами, а ИСИВ благодаря интеграции маркеров нейтрофилии, лимфоцитопении и тромбоцитоза, вызванных физической нагрузкой, отражает общий или местный иммунный ответ и уровень воспаления организма. В этой связи ИСИВ может рассматриваться в качестве прогностического маркера с целью изучения (противо)воспалительных реакций и состояний в области иммунологии и использоваться в качестве персонализированного маркера восстановления в контексте периодизации тренировочного процесса.

На рисунке представлены диаграммы час-

тот возникновения различных типов неспецифических адапционных реакций организма биатлонистов под воздействием физических нагрузок, выполненных на различных этапах подготовительного периода.

Доминирующими типами адаптаций в течение подготовительного периода являлись «спокойная» и «повышенная активация» – 22,0 и 31,1 % соответственно, что согласуется с данными работы [3]. Частота возникновения реакций «тренировка», «хронический стресс» и «переактивация» на протяжении периода составила 20,3, 6,2 и 2,3 % соответственно. Частота возникновения «спокойной активации» от ОПЭ (18,2 %) к ПСЭ (25,7 %) увеличилась, а наибольшее количество случаев «повышенной активации» зафиксировано на СПЭ – 35,5 %. Реакция «тренировка» чаще



Частота возникновения разных типов адаптаций клеток иммунной системы биатлонистов под воздействием физических нагрузок на различных этапах подготовительного периода: а – общеподготовительный этап, б – специально-подготовительный этап, в – предсоревновательный этап; 1 – «хронический стресс», 2 – «тренировка», 3 – «спокойная активация», 4 – «повышенная активация», 5 – «переактивация»
Occurrence rate of different immune responses in biathletes under exercise at various stages of early season: а – general preparation, б – specific preparation, в – pre-competitive stage, 1 – “chronic stress”, 2 – “training”, 3 – “smooth activation”, 4 – “enhanced activation”, 5 – “overactivation”

проявлялась на ОПЭ (25,8 %) и ПСЭ (28,6 %) по сравнению со СПЭ (11,8 %).

В рамках ОПЭ и СПЭ частота встречаемости реакций «переактивация» и «хронический стресс» превышала таковые, зафиксированные на ПСЭ, для которого характерно увеличение доли реакций, обладающих антистрессорным характером («тренировка», «спокойная» и «повышенная активация»). На ПСЭ случаев проявления адаптационной реакции «хронический стресс», способной выступать предиктором предпатологического состояния, зафиксировано не было. Частота возникновения реакций «переактивация» и «повышенная активация» при переходе от ОПЭ к СПЭ увеличивалась с 19,7 до 22,4 % и с 27,3 до 35,5 % соответственно, а доля реакции «тренировка», напротив, уменьшалась с 25,8 до 11,8 %.

Реакции «тренировка» и «повышенная активация», обладающие антистрессовым характером, характеризуются высокой функциональной активностью симпатoadреномедуллярной и гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой (ГГН) осей, а также клеточного иммунитета. В случаях возникновения реакции «переактивация» создается угроза перенапряжения той или иной ведущей системы, в результате чего организм пытается сохранить напряженную ответную реакцию в ответ на стресс без срыва адаптации, то есть перехода в реакцию «хронический стресс». В этом случае чрезмерная интенсификация тренировочного процесса с целью достижения определенных морфофункциональных перестроек в системах или мобилизации организма с целью проявления предельного уровня работоспособности становится невозможной.

Важно подчеркнуть, что маркеры клеточ-

ного интегративного иммунитета являются индикаторами воспаления, отражающими клеточные изменения в кровотоке. В отличие от маркеров повреждения мышечной ткани, таких как КФК, они не позволяют оценить возникновение повреждения тканей или связанные с ними процессы восстановления. Следовательно, маркеры клеточного интегративного иммунитета следует рассматривать в качестве маркеров общего воспаления при различных типах адаптационной реакции организма на высокоинтенсивные нагрузки. Дальнейшие исследования должны быть сосредоточены на оценке Н/Л и ИСИВ у спортсменов и их стратификации по возрасту, полу, статусу тренировок и модальности упражнений с целью определения референтного диапазона.

Заключение. Определение типа адаптационной реакции с использованием маркеров клеточного интегративного иммунитета Н/Л и ИСИВ под воздействием высокоинтенсивных физических упражнений может служить полезным инструментом оценки адекватности и переносимости тренировочных воздействий, процессов восстановления, а также прогнозирования возникновения утомления и повышенного риска восприимчивости спортсменов к инфекциям при различных типах адаптационных реакций у спортсменов под воздействием выполненных нагрузок. Дополнительный контроль за состоянием иммунной системы в сочетании с традиционной биохимической диагностикой в условиях тренировочного процесса может позволить более точно оценивать текущее функциональное состояние организма и прогнозировать угрозу срыва адаптации на ранних стадиях.

Список литературы / References

1. Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Кузьменко Т.С., Шихлярова А.И. Антистрессорные реакции и активационная терапия. Ч. 1–2. Екатеринбург: Филантроп, 2002–2003. 416 с. [Garkavi L.Kh., Kvakina E.B., Kuz'menko T.S., Shikhlyarova A.I. *Antistressornye reaksii i aktivatsionnaya terapiya*. Ch. 2 [Anti-stress Reactions and Activation Therapy. Part 2]. Ekaterinburg, Filantrop Publ., 2002–2003. 416 p.]
2. Макарова Г.А. Спортивная медицина. М.: Совет. спорт, 2006. 480 с. [Makarova G.A. *Sportivnaya meditsina* [Sports Medicine]. Moscow, Soviet Sport Publ., 2006. 480 p.]
3. Рыбина И.Л., Михеев А.А., Нехвядович А.И. Адаптационные изменения гомеостаза под влиянием высокоинтенсивных физических нагрузок // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2016. Т. 93, № 1. С. 21–24. [Rybina I.L., Mikheev A.A., Nekhvyadovich A.I. [Adaptive Changes in Homeostasis Affected by High-intensity Physical Load]. *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoy fizicheskoy kul'tury* [Issues of Balneology, Physiotherapy and Therapeutic Physical Culture], 2016, vol. 93, no. 1, pp. 21–24. (in Russ.)] DOI: 10.17116/kurort2016121-24
4. Bogdanis G.C., Philippou A., Stavrinou P.S., Tenta R. Acute and Delayed Hormonal and Blood Cell Count Responses to High-Intensity Exercise before and after Short-Term High-Intensity Interval Training. *Research in Sports Medicine*, 2021, no. 30 (4), pp. 400–414. DOI: 10.1080/15438627.2021.1895783

5. Wahl P., Mathes S., Bloch W., Zimmer P. Acute Impact of Recovery on the Restoration of Cellular Immunological Homeostasis. *International Journal of Sports Medicine*, 2020, no. 41 (1), pp. 12–20. DOI: 10.1055/a-1015-0453
6. Zeng P., Jiang C., Liu A., Yang X. Association of Systemic Immunity-inflammation Index with Metabolic Syndrome in U.S. Adult: a Cross-sectional Study. *BMC Geriatrics*, 2024, no. 24 (1), p. 61. DOI: 10.1186/s12877-023-04635-1
7. Zacher J., Wesemann F., Joisten N., Walzik D. Cellular Integrative Immune Markers in Elite Athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 2023, no. 44 (4), pp. 298–308. DOI: 10.1055/a-1976-6069
8. Gonçalves C.A.M., Dantas P.M.S., dos Santos I.K., Dantas M. Effect of Acute and Chronic Aerobic Exercise on Immunological Markers: a Systematic Review. *Frontiers in Physiology*, 2020, no. 10, p. 1602. DOI: 10.3389/fphys.2019.01602
9. Gleeson M. Immune Function in Sport and Exercise. *Journal of Applied Physiology*, 2007, no. 103 (2), pp. 693–699. DOI: 10.1152/jappphysiol.00008.2007
10. Mathes S., Mester J., Bloch W., Wahl P. Impact of High-Intensity and High-Volume Exercise on Short-Term Perturbations in the Circulating Fraction of Different Cell Types. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2017, no. 57 (1–2), pp. 130–137. DOI: 10.23736/S0022-4707.16.05860-6
11. Song M., Graubard B.I., Rabkin C.S., Engels E.A. Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio and Mortality in the United States General Population. *Scientific Reports*, 2021, no. 11, pp. 464. DOI: 10.1038/s41598-020-79431-7
12. Zhang X., Li S., Wang J., Liu F. Relationship between Serum Inflammatory Factor Levels and Differentiated Thyroid Carcinoma. *Technology in Cancer Research & Treatment*, 2021, no. 20, 1533033821990055. DOI: 10.1177/1533033821990055
13. Hu B., Yang X.R., Xu Y., Sun Y.F. Systemic Immune-Inflammation Index Predicts Prognosis of Patients after Curative Resection for Hepatocellular Carcinoma. *Clinical Cancer Research*, 2014, no. 20 (23), pp. 6212–6222. DOI: 10.1158/1078-0432.CCR-14-0442
14. Walzik D., Joisten N., Zacher J., Zimmer P. Transferring Clinically Established Immune Inflammation Markers into Exercise Physiology: Focus on Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio, Platelet-to-Lymphocyte Ratio and Systemic Immune-Inflammation Index. *European Journal of Applied Physiology*, 2021, no. 121 (7), pp. 1803–1814. DOI: 10.1007/s00421-021-04668-7

Информация об авторах

Дикунец Марина Александровна, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва, Россия.

Дудко Григорий Алексеевич, старший научный сотрудник, Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва, Россия.

Вирюс Эдуард Даниэлевич, доктор химических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва, Россия.

Information about the authors

Marina A. Dikunets, Candidate of Chemical Sciences, Leading Scientist, Federal Scientific Center for Physical Culture and Sports, Moscow, Russia.

Grigory A. Dudko, Senior Scientist, Federal Scientific Center for Physical Culture and Sports, Moscow, Russia.

Eduard D. Virus, Doctor of Chemical Sciences, Leading Scientist, Federal Scientific Center for Physical Culture and Sports, Moscow, Russia.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 01.03.2024

The article was submitted 01.03.2024

ДИНАМИКА RMSSD КАРДИОИНТЕРВАЛОГРАММЫ У ЭЛИТНЫХ ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ В ТЕЧЕНИЕ ГОДИЧНОГО МАКРОЦИКЛА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБЪЕМА И ИНТЕНСИВНОСТИ ТРЕНИРОВОЧНЫХ НАГРУЗОК

Д.А. Катаев¹, den.cataev2014@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8051-3521>

В.И. Циркин², esbartsirkin@list.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3467-3919>

А.Н. Трухин³, trukhinandrey@rambler.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7259-7078>

С.И. Трухина³, trukhinasvetlana@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3888-1993>

¹ Федерация лыжных гонок Республики Татарстан, Казань, Россия

² Казанский государственный медицинский университет Минздрава России, Казань, Россия

³ Вятский государственный университет, Киров, Россия

Аннотация. Цель. Анализ динамики RMSSD на протяжении трех периодов макроцикла и зависимости RMSSD от длительности тренировочных нагрузок аэробного характера. **Материалы и методы.** Используя МДС «ВНС-Микро» («Нейрософт»), систематически проводили 5-минутную регистрацию клиностагической кардиоинтервалограммы (КИГ) у лыжника К.Д. (три периода) и у остальных членов команды (подготовительный и соревновательный периоды). Рассчитывали все показатели ВСР, включая RMSSD. У лыжника К.Д. фиксировали объем тренировочных нагрузок ($V_{км}$, $V_{мин}$) и их интенсивность (по частоте рабочего пульса, ЧСС_{р.п.}). **Результаты.** Медиана RMSSD у лыжника К.Д. была максимальна в подготовительном периоде (108 мс), ниже – в соревновательном (101 мс, $p < 0,05$) и в переходном (96 мс) периодах; у команды РТ в подготовительном периоде она была выше, чем в соревновательном (110 мс против 96 мс, $p < 0,05$). Все это говорит об относительной стабильности величины RMSSD в отличие от спектральных показателей ВСР у элитных лыжников на протяжении сезона и о формировании тревожности в соревновательном периоде. У лыжника К.Д. медиана RMSSD положительно зависела от длительности нагрузки, выполняемой при ЧСС_{р.п.}, равной 120–121 уд./мин, что характерно в целом по всему сезону (коэффициент Спирмена $r = 0,15$). **Заключение.** Постулируется, что у элитных лыжников формируется антиапоптическая система миокарда, одним из компонентов которой является ненейрональный ацетилхолин. Не исключено, что медиана RMSSD отражает его синтез.

Ключевые слова: лыжники-гонщики, вариабельность сердечного ритма, RMSSD, периоды тренировочного макроцикла, ненейрональный ацетилхолин, антиапоптическая система

Для цитирования: Динамика RMSSD кардиоинтервалограммы у элитных лыжников-гонщиков в течение годового макроцикла в зависимости от объема и интенсивности тренировочных нагрузок / Д.А. Катаев, В.И. Циркин, А.Н. Трухин, С.И. Трухина // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 4. С. 48–56. DOI: 10.14529/hsm240406

DYNAMIC ANALYSIS OF RMSSD IN ELITE CROSS-COUNTRY SKIERS THROUGHOUT THE ANNUAL MACROCYCLE: IMPACT OF TRAINING VOLUME AND INTENSITY

D.A. Kataev¹, den.cataev2014@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8051-3521>

V.I. Tsirkin², esbartsirkin@list.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3467-3919>

A.N. Trukhin³, trukhinandrey@rambler.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7259-7078>

S.I. Trukhina³, trukhinasvetlana@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3888-1993>

¹ Cross-Country Ski Federation of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia

² Kazan State Medical University, Kazan, Russia

³ Vyatka State University, Kirov, Russia

Abstract. Aim. This paper aims to investigate the dynamic changes in RMSSD throughout the three phases of the annual macrocycle in elite cross-country skiers, focusing on its relationship with training volume and intensity. **Materials and methods.** This study enrolled elite cross-country skiers during preparatory and competitive phases, including one individual, who was studied in detail over three phases. A 5-minute clinostatic test was performed using VNS-Micro MDS (Neurosoft). RMSSD and other HRV measurements were obtained. Training volume (V_{km} , V_{min}) and intensity (based on working pulse and average heart rate) were recorded for individual K.D. **Results.** For individual K.D., median RMSSD was highest during the preparatory period (108 ms), followed by a decrease in the competitive period (101 ms, $p < 0.05$) and further reduction in the transition period (96 ms). The team's median RMSSD showed a similar pattern, with higher values during the preparatory period (110 ms) compared to the competitive period (96 ms, $p < 0.05$). Our findings indicate a stable RMSSD value relative to spectral HRV indicators, suggesting the potential development of anxiety in elite skiers. For skier K.D., a positive correlation between RMSSD and training duration at a heart rate of 120–121 beats per minute was recorded, which was typical of the entire season (Spearman's coefficient $r = 0.15$). **Conclusion.** These results suggest that elite skiers develop an anti-apoptotic myocardial system, potentially involving non-neuronal acetylcholine. The median RMSSD may serve as a measure for its synthesis.

Keywords: cross-country skiers, heart rate variability, RMSSD, training macrocycle, non-neuronal acetylcholine, anti-apoptotic system

For citation: Kataev D.A., Tsirkin V.I., Trukhin A.N., Trukhina S.I. Dynamic analysis of RMSSD in elite cross-country skiers throughout the annual macrocycle: impact of training volume and intensity. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(4):48–56. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240406

Введение. Рабочей группой Европейского кардиологического общества и Северо-Американского общества стимуляции и электрофизиологии (ЕКО и NASPLE) рекомендовано использовать ряд временных и спектральных показателей ВСП [7], в том числе общую мощность спектра (TP), абсолютную мощность HF-, LF-, VLF-волн, относительную мощность HF-, LF- и VLF-волн, выраженную в процентах к TP, т. е. HF %, LF % и VLF %. Ранее мы подтвердили (рис. 1) [1], что эти показатели, зарегистрированные в условиях клиностаза, отражают влияние парасимпатического отдела (ПО), и высказали предположение, что величина VLF% отражает интенсивность синтеза кардиомиоцитами НН-АХ, т. е. ненеуронального ацетилхолина [1, 2],

а величины HF% и LF% отражают тревожность, формирующуюся в соревновательном периоде [1].

Из временных показателей ВСП нами рассмотрены SI, RRNN, pNN50 % (см. рис. 1). Их анализ подтвердил, что для элитных лыжников характерна высокая активность ПО, а тип вегетативной регуляции сердечной деятельности у элитных лыжников-гонщиков не меняется на протяжении всего годовичного цикла и оценивается как выраженная автономная регуляция, судя по критериям, предложенным в [9].

Данная статья является продолжением серии статей [1, 2], основанных на результатах исследования элитного лыжника-гонщика К.Д. (мастера спорта) и ещё 7 членов сборной команды Республики Татарстан, проведенно-

го на протяжении 2019–2020 годов. **Целью данной статьи является** анализ динамики RMSSD на протяжении трех периодов макроцикла и зависимости RMSSD от длительности тренировочных нагрузок аэробного характера, где RMSSD – это квадратный корень из сред-

него квадрата разностей величин последовательных пар интервалов NN. RMSSD отражает влияние ПО на ритм сердца, а его величина при доминировании симпатического отдела (CO) уменьшается, а при доминировании ПО – возрастает [8].

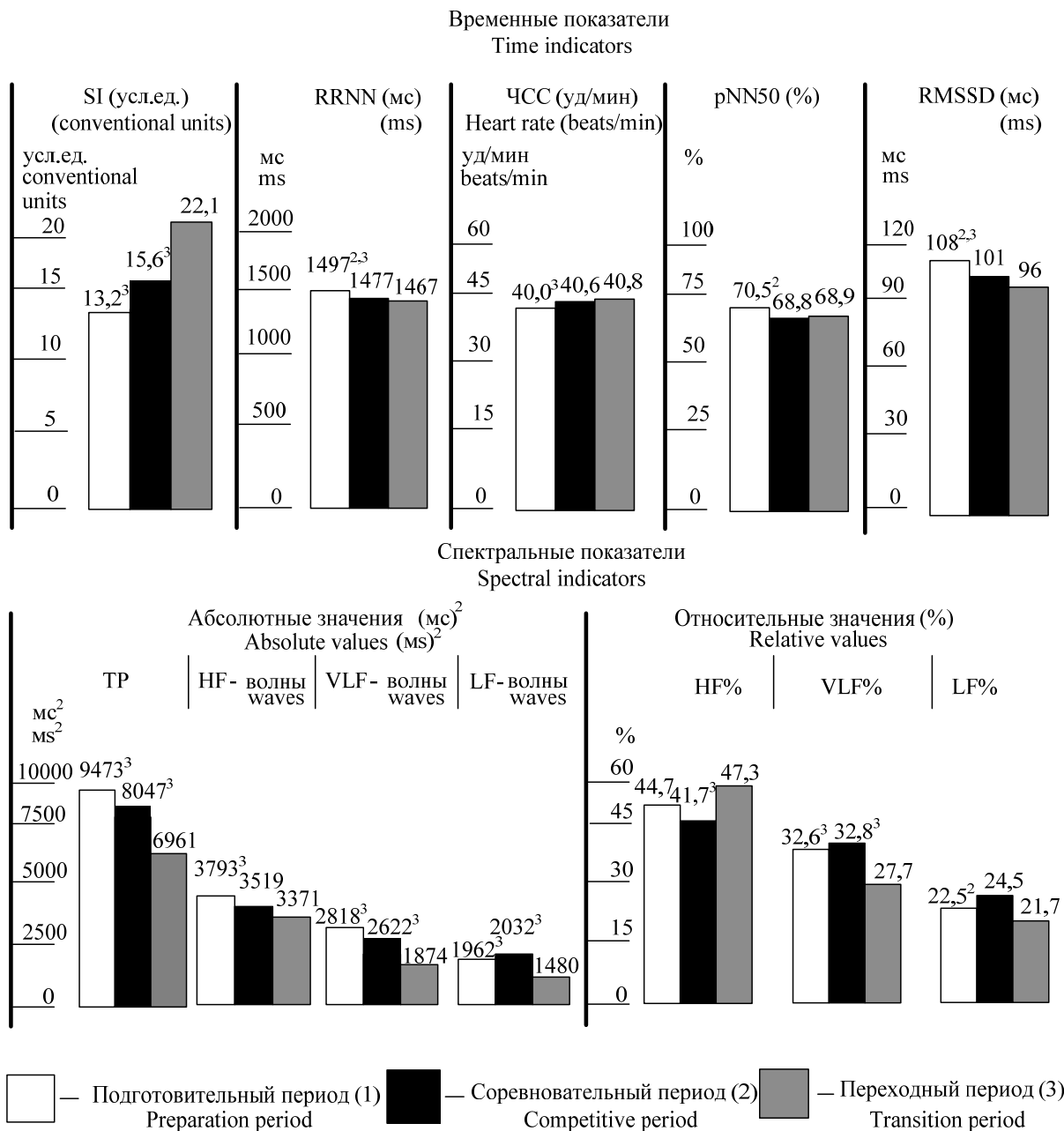


Рис. 1. Динамика медиан SI, RRNN/ЧСС, pNN50%, RMSSD BCP, а также спектральных показателей TP, абсолютной мощности HF-, VLF-, LF-волн и их относительной мощности, т. е. HF%, VLF%, LF% у элитного лыжника-гонщика К.Д. в течение годовичного макроцикла (цифры в индексе означают статистическую значимость различий с соответствующим периодом по критерию Манна – Уитни, $p < 0,05$). Сведения о величинах абсолютной мощности HF-, VLF-, LF-волн и их относительной мощности, т. е. HF %, VLF %, LF % у элитного лыжника-гонщика К.Д. взяты из наших статей [1, 2]

Fig. 1. Temporal evolution of HR indices and spectral indicators in elite ski racer K.D. throughout the annual macrocycle: SI, RRNN/HR, pNN50%, RMSSD HRV, TP, absolute power of HF-, VLF-, and LF-waves and their relative values (statistical significance of differences between periods is indicated by the corresponding number, $p < 0,05$, Mann – Whitney test). Information about the absolute power of HF-, VLF-, and LF-waves and their relative values is taken from our articles [1, 2]

Материалы и методы. Поскольку методика исследования детально изложена в наших статьях [1, 2], здесь отметим лишь, что исследование проводили с марта 2019 г. по июнь 2020 г. у спортсмена К.Д. (МС, 27 лет), первого автора статьи, и с июня 2019 г. по февраль 2020 г. у остальных 7 членов сборной Республики Татарстан (5 МС и 2 МСМК). Возраст спортсменов варьировал от 23 до 31 года. КИГ регистрировали на учебно-тренировочных сборах (УТС) или после дня соревнования на протяжении подготовительного и соревновательного периодов (К.Д. и команда РТ), а также в переходный период (только у К.Д.). 5-минутную регистрацию КИГ проводили в положении лежа (в комфортных условиях, до завтрака) с помощью МДС «ВНС-Микро» («Нейрософт», г. Иваново). С использованием программы «Поли-спектр» («Нейрософт») рассчитывали все параметры ВСР, в том числе показатель RMSSD. Объем тренировочной нагрузки у спортсмена К.Д. оценивали в мин/за тренировку ($V_{мин}$) и в километрах бега на лыжах, роликовых лыжах или кроссового бега за тренировку ($V_{км}$). Оценку мощности тренировочных нагрузок ($N_{ЧСС}$) проводили по значениям рабочего пульса ($ЧСС_{р.п.}$), т. е. по средней дистанционной ЧСС, регистрируемой на каждой тренировке с помощью пульсометра POLAR 430, оснащенного GPS-датчиком (Финляндия). Все показатели, т. е. RMSSD, $V_{км}$, $V_{мин}$ и $ЧСС_{р.п.}$, рассчитывали для каждого месяца годовичного макроцикла и в целом для каждого из трех периодов лыжного сезона на основании анализа данных по каждому дню тренировочных нагрузок текущего месяца, выражая соответствующий показатель в виде медианы, 25 и 75 центилей [3]. Различия между показателями оценивали с помощью критерия Манна – Уитни [3], считая их статистически значимыми при $p < 0,05$, используя программу BioStat2009 Professional. 5.9.8. (фирма AnalystSoft). С ее помощью для каждого периода и в целом для годовичного макроцикла рассчитывали коэффициент корреляции Спирмена [3] для зависимости значений RMSSD от объема ($V_{км}$ и $V_{мин}$) нагрузки, выполняемой в аэробном режиме.

Имеется решение этического комитета Вятского государственного университета от 11.01.2022 года, № 2.

Результаты. Объем тренировочных нагрузок у лыжника-гонщика К.Д., выраженный

в км дистанции за тренировку ($V_{км}$), в подготовительный период (21 км при вариации от 15,7 до 25,2 км) был значимо выше ($p < 0,05$), чем в соревновательном периоде (19 км при вариации от 10,7 до 21,5 км), но не отличался от переходного периода (18 км при вариации от 13,5 до 20,4 км (табл. 1). Объем нагрузки, выраженный в мин/за тренировку ($V_{мин}$), был примерно одинаков (различия между периодами были незначимы) – в подготовительном периоде он составил 106 мин при вариации от 84 до 129 мин, в соревновательном – 82 мин при вариации от 61 до 94 мин, а в переходный период – 105 мин при вариации от 101 до 119 мин (см. табл. 1). Мощность тренировочной нагрузки ($N_{ЧСС}$), судя по медиане $ЧСС_{р.п.}$, была относительно постоянной – в подготовительном, соревновательном и переходном периодах она составила соответственно 121, 121 и 120 уд./мин. (см. табл. 1).

Установлено, что у К.Д. медиана RMSSD на протяжении спортивного сезона менялась от 95 до 119 мс (см. табл. 1), но в целом в подготовительном периоде она составила 108 мс, в соревновательном периоде – 101 мс, а в переходном периоде – 96 мс, т. е. оставалась на уровне 96–108 мс. Различия подготовительного периода (108 мс) с соревновательным (101 мс) и переходным (96 мс) периодами были значимы ($p < 0,05$); остальные различия были незначимы ($p > 0,05$) (см. табл. 1; рис. 1). Это означает, что у К.Д. в течение всего сезона медиана RMSSD была относительно стабильной. Показано (рис. 2), что у 8 членов сборной команды РТ, включая К.Д., в подготовительном периоде медиана RMSSD была значимо ($p < 0,05$) выше, чем в соревновательном периоде, – соответственно 110 мс (92/135) и 96 мс (86/105). Это говорит о том, что у всех членов сборной команды РТ, в том числе и у К.Д., величина RMSSD остается относительно стабильной, а ее снижение в соревновательном периоде мы расцениваем как отражение повышения активности СО вследствие формирования тревожности, что улавливается при регистрации КИГ в условиях клиностаза.

Стабильность величины показателя RMSSD наблюдается и на протяжении мезоцикла (УТС). Анализ данных, полученных при регистрации КИГ на семи УТС подготовительного периода, показал, что у К.Д. медиана и центили RMSSD в начале УТС составили 117 (104/120 мс), в середине УТС –

Медиана, 25 и 75 центилей показателя RMSSD (по данным кардиоинтервалографии, зарегистрированной в условиях клиностаза), а также объем ($V_{км}$, $V_{мин}$) и интенсивность ($N_{чсс}$) тренировочных и соревновательных нагрузок по месяцам годового макроцикла у элитного лыжника К.Д.

Median, 25th and 75th centiles of RMSSD (according to cardiointervalography data recorded in clinostasis), as well as volume ($V_{км}$, $V_{мин}$) and intensity (N_{HR}) of training and competitive loads by months of the annual macrocycle for elite skier K.D.

Месяц и год Month and year	RMSSD мс / ms	Объем (V) и интенсивность (N) тренировочных и соревновательных нагрузок Volume (V) and intensity (N) of training and competitive loads		
		$V_{км}$, км/тренировка $V_{км}$, km/training	$V_{мин}$, мин/тренировка $V_{мин}$, min/training	$N_{чсс}$, уд./мин N_{HR} , beats/min
Соревновательный период / Competitive period				
03.19	105 (100/125)	21,5 (14/25)	93 (65/109)	124 (119/131)
04.19	110 (106/112)	14,8 (9/23)	61 (45/90)	112 (106/123)
Переходный период / Transition period				
05.19	110 (86/117)	15,5 (9/24)	101 (72/146)	124 (112/130)
Подготовительный период / Preparation period				
06.19	119 (108/132)	22,5 (18/38)	122 (104/158)	125 (115/130)
07.19	114 (106/121)	25,2 (12/44)	124 (103/166)	122 (111/125)
08.19	119 (103/126)	20,6 (13/31)	129 (90/154)	117 (112/131)
09.19	100 (95/117)	21,7 (12/28)	100 (83/133)	115 (110/124)
10.19	118 (99/122)	15,7 (9/23)	91 (71/120)	122 (109/131)
11.19	99 (91/108)	18,7 (13/23)	84 (63/106)	125 (117/133)
Соревновательный период / Competitive period				
12.19	99 (97/111)	21,5 (14/26)	88 (64/121)	118 (114/128)
01.20	95 (87/108)	18,6 (11/23)	72 (50/101)	124 (113/136)
02.20	96 (87/99)	15,8 (12/22)	79 (53/93)	123 (114/159)
03.20	106 (105/106)	20,2 (15/22)	94 (82/107)	115 (105/123)
Переходный период / Transition period				
04.20	95 (89/98)	13,5 (11/30)	92 (81/117)	113 (104/123)
05.20	100 (91/108)	18,7 (15/60)	119 (87/151)	119 (112/125)
06.20	100 (91/108)	20,4 (16/42)	111 (93/142)	120 (118/125)
В целом за подготовительный (1), соревновательный (2) и переходный (3) периоды In total for the preparation (1), competitive (2), and transitional (3) periods				
1	108 (97/120)	21 (13/31)	106 (80/145)	121 (112/130)
2	101 (94/111)	19 (12/25)	82 (61/106)	121 (111/130)
3	96 (91/107)	18 (12/37)	105 (85/142)	120 (112/126)
$P < 0,05$	1–2; 1–3	1–2	$p > 0,05$	$p > 0,05$

Примечание. Символ «–» означает, что различия между периодами (1, 2 и 3) статистически незначимы, $p > 0,05$.

Note. The “–” symbol means that the differences between periods (1, 2 and 3) are statistically insignificant, $p > 0.05$.

118 (107/119) мс, а в конце UTC – 98 (93/113) мс, но все эти изменения были незначимы ($p > 0,05$). Это подтверждает вывод о стабильности медианы RMSSD на протяжении сезона у элитных лыжников.

Для К.Д. установлено, что медиана RMSSD возрастает с повышением длительности тренировочных нагрузок, интенсивность которых, судя по ЧСС_{р.п.}, равна 120–121 уд./мин.

Эта зависимость отмечена в целом для всего сезона – коэффициент Спирмена составил 0,15. Но выявить подобную зависимость медианы RMSSD для отдельных периодов, а также выявить ее зависимость от объема нагрузки, выраженной в км/тренировку ($V_{км}$), не удалось (табл. 2). Положительную зависимость величины RMSSD от объема аэробной нагрузки выявили и другие авторы [8].

Обсуждение. Нами показано, что у элитного лыжника-гонщика К.Д. динамика величины RMSSD, в отличие от спектральных показателей (TP, HF-, LF-, VLF-волн), стабильна на протяжении всего макроцикла (см. рис. 1). Статистически значимое снижение в соревновательный период мы расцениваем как следствие формирования эмоционального стресса в период стартов, что ранее мы отметили в отношении показателей HF %, LF % [1], и RRNN (см. табл. 1). Стабильность медианы RMSSD подтверждают и данные о величине RMSSD у К.Д. в начале, середине и конце УТС, проведенные в подготовительном периоде.

Из табл. 2 видно, что для всех анализируемых нами спектральных показателей ВСП выявить зависимость от длительности аэробной нагрузки не удалось. В то же время она выявляется для ряда временных показателей ВСП. Это означает, что у элитных лыжников временные показатели ВСП лучше отражают зависимость от длительности тренировок, чем спектральные показатели. Из табл. 2 также следует, что величины ряда спектральных и временных показателей ВСП у К.Д. зависят от объема аэробной нагрузки, выраженной в км

дистанции, выполняемой при «рабочем пульсе», равном 120–121 уд./мин. Все это означает, что у элитных лыжников-гонщиков спектральные и временные показатели ВСП по-разному отражают зависимость от объема аэробных тренировочных нагрузок и поэтому требуют дальнейшего исследования.

Ранее мы предположили [1, 2], что при тренировках на выносливость формируется антиапоптотическая система миокарда, одним из компонентов которой является ненейронный АХ (НН-АХ), так как, согласно данным литературы, АХ обладает антиоксидантной, противовоспалительной и антиапоптотической активностью [6], в основе которой лежит способность АХ за счет активации M₃-XP или альфа₇-H-XP активировать транскрипционный фактор Nrf-2 [5, 6]. Несомненно, что наше предположение о формировании антиапоптотической системы миокарда и о способности кардиомиоцитов продуцировать НН-АХ требует доказательств, например, оценить параметры ВСП элитных лыжников одновременно с оценкой состояния системы синтеза ненейронного АХ, в том числе активности холинацетилтрансферазы, транс-

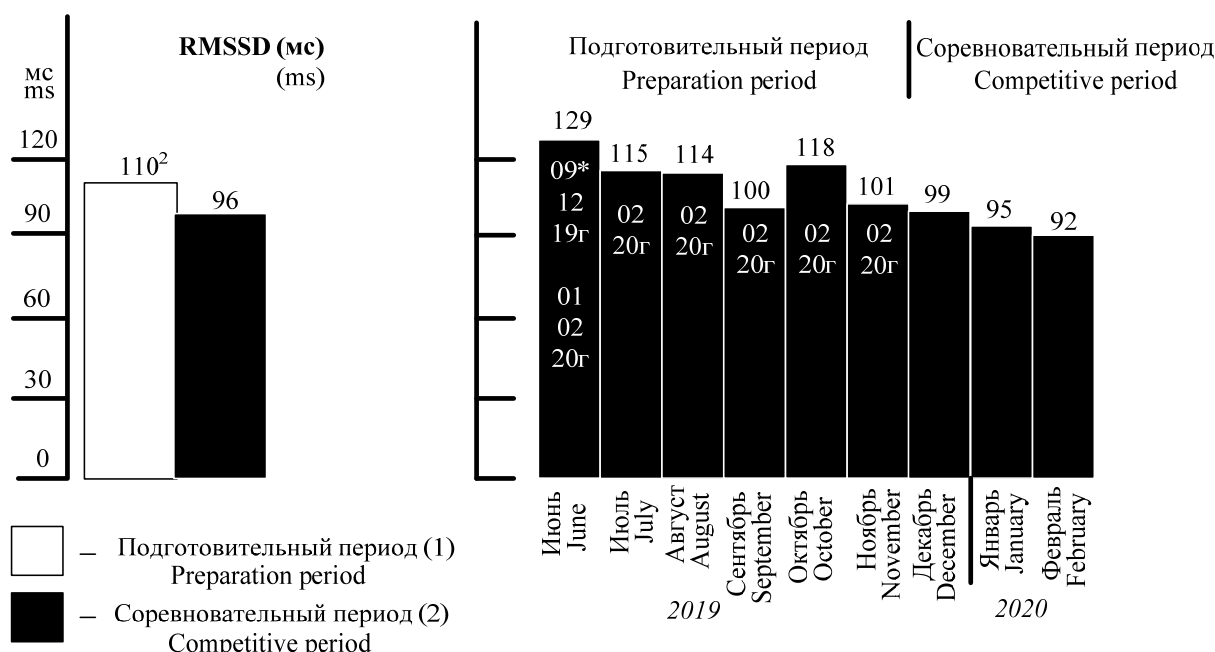


Рис. 2. Динамика медианы RMSSD в подготовительном (1) и соревновательном (2) периодах (соответственно – 1-й, 2-й столбцы), а также по месяцам у 8 лыжников-гонщиков команды Татарстана. ² – означает, что различия с соревновательным (2) периодом статистически значимы по критерию Манна – Уитни, $p < 0,05$; 02* – числа внутри столбцов отражают месяцы, от которых данный месяц статистически значимо

(по критерию Манна – Уитни, т. е. $p < 0,05$) отличается по значениям RMSSD
Fig. 2. Evolution of RMSSD values in the preparatory (1) and competitive (2) periods (1st and 2nd columns, respectively) and by months in 8 cross-country skiers from Tatarstan. ² indicates statistically significant differences compared to the competitive period, ($p < 0.05$, Mann – Whitney test); 02* within columns represent months with statistically significant ($p < 0.05$, Mann – Whitney test) differences in RMSSD values

Коэффициент Спирмена для зависимости соответствующего показателя ВСР от объема ($V_{км/трени}$; $V_{мин/трени}$) и мощности ($ЧСС_{раб}$) тренировочных и соревновательных нагрузок в подготовительном (Подг), соревновательном (Сор) и переходном (Пер) периодах и в целом для годового макроцикла (Сезон) у спортсмена К.Д.
Spearman's correlation coefficients for HRV indicators and training and competition parameters ($V_{км/train}$; $V_{мин/train}$, HR_{work}) in the preparatory (Prep), competitive (Com), and transition (Tran) periods and in total for the annual macrocycle (Season) for athlete K.D.

Показатель Parameter	Объем нагрузки Training volume							
	$V_{км/трени} / V_{км/training}$				$V_{мин/трени} / V_{мин/training}$			
	Периоды подготовки / Training periods							
	Подгот. Prep.	Соревн. Com.	Переходн. Tran.	Сезон Season	Подгот. Prep.	Соревн. Com.	Переходн. Tran.	Сезон Season
Объем нагрузки, V Training volume, V	21 (13/31)	19 (12/25)	18 (12/37)	20,2 (12/26)	106 (80/145)	82 (61/106)	105 (85/142)	95 (70/125)
ЧСС раб, уд./мин Heart rate, bpm	121 (112/130)	121 (111/130)	120 (112/126)	121 (112/129)	121 (112/130)	121 (111/130)	120 (112/126)	121 (112/129)
TP, $мс^2 / ms^2$	0,04	0,08	0,16	0,18*	-0,06	0,07	-0,03	0,12
HF, $мс^2 / ms^2$	-0,01	0,07	0,11	0,12	0,00	0,12	0,04	0,12
LF, %	-0,17	0,06	0,11	0,00	-0,11	0,10	0,10	0,01
VLF, %	0,24*	0,05	-0,17	0,12	0,00	-0,02	-0,16	0,02
SI, усл. ед. / с. у.	-0,10	0,03	0,14	-0,17*	-0,05	-0,01	0,20	-0,20*
RRNN, $мс / ms$	0,23*	-0,18	0,14	0,15*	0,26*	-0,25*	0,23	0,18*
pNN50, %	0,00	-0,04	-0,01	0,02	0,00	0,03	-0,07	0,02
RMSSD, $мс / ms$	0,14	-0,04	-0,07	0,12	0,16	0,02	-0,16	0,15*
LF, %	-0,17	0,06	0,11	0,00	-0,11	0,10	0,10	0,01
VLF, %	0,24*	0,05	-0,17	0,12	0,00	-0,02	-0,16	0,02
SI, усл. ед. / с. у.	-0,10	0,03	0,14	-0,17*	-0,05	-0,01	0,20	-0,20*

Примечание. Символ «*» означает, что значение коэффициента Спирмена статистически значимо ($p < 0,05$). Данные по спектральным и временным показателям рассчитаны по результатам клиностатической КИГ лыжника К.Д. в сезонах 2019–2020 годов.

Note. “*” statistically significant differences ($p < 0.05$, Spearman's correlation coefficient). Spectral and temporal values were calculated based on the results of the clinostatic test for skier K.D. in the 2019–2020 seasons.

портера холина-1, везикулярного транспортера АХ и состояния митохондрий как основных источников синтеза АХ, т. е. холина и ацетила [6].

Тот факт, что высокие спортивные показатели у спортсменов на выносливость коррелируют с ростом значений RMSSD [8], а перетренированность спортсмена проявляется в снижении величины RMSSD [4], позволяет предположить, что наряду с такими ранее отмеченными нами показателями ВСР, как TP, мощность VLF-волн [1, 2], а также RRNN и pNN50% (см. табл. 2), величина RMSSD отражает формирование синтеза НН-АХ кардиомиоцитами желудочков сердца под влиянием тренировок, которые особенно характерны для подготовительного периода.

Выводы

1. Величина RMSSD в течение всего макроцикла у лыжника-гонщика К.Д. относительно стабильна, тем не менее в подготовительный период (108 мс) она максимальна, в со-

ревателный период (101 мс) снижается ($p < 0,05$) и практически остается на этом уровне в переходный период (96 мс); аналогично у 8 членов сборной Татарстана в подготовительный период медиана RMSSD составила 110 мс, а в соревновательный – 96 мс ($p < 0,05$). Это дает основание говорить об относительной стабильности величины RMSSD у элитных лыжников на протяжении сезона и о формировании тревожности в соревновательном периоде.

2. У лыжника К.Д. медиана RMSSD положительно зависит от длительности нагрузки, выполняемой в аэробном режиме, что характерно в целом по всему лыжному сезону (коэффициент Спирмена $r = 0,15$).

3. Постулируется, что у элитных лыжников формируется антиапоптическая система миокарда, одним из компонентов которой является нейрональный ацетилхолин. Не исключено, что медиана RMSSD отражает его синтез.

Список литературы

1. Динамика TP-, HF-, LF- и VLF-волн кардиоинтервалограммы (в условиях клиностаза) элитного лыжника-гонщика в подготовительном, соревновательном и переходном периодах в зависимости от объема и интенсивности тренировочных нагрузок / Д.А. Катаев, В.И. Циркин, Н.С. Завалин, М.А. Морозова, С.И. Трухина, А.Н. Трухин // Физиология человека. – 2023. – Т. 49, № 5. – С. 87–100.
2. Природа общей мощности спектра и очень низкочастотных волн кардиоинтервалограммы с позиций адаптации организма человека к двигательной активности (обзор) / Д.А. Катаев, В.И. Циркин, В.В. Кишкина и др., С.И. Трухина, А.Н. Трухин // Журнал мед.-биол. исследований. – 2023. – Т. 11, № 1. – С. 95–107.
3. Стентон, Г. Медико-биологическая статистика: пер. с англ. / Г. Стентон. – М.: Практика, 1998. – 459 с.
4. Daily resting heart rate variability in adolescent swimmers during 11 weeks of training / S. Kamandulis, A. Juodsnukis, J. Stanislovaitiene et al. // Int. J. Environ. Res. Public. Health. – 2020. – Vol. 17, no. 6. – P. 2097. DOI: 10.3390/ijerph17062097
5. Kakinuma, Y. Characteristic effects of the cardiac non-neuronal acetylcholine system augmentation on brain functions / Y. Kakinuma // Int. J. Mol. Sci. – 2021. – Vol. 22, no. 2. – Art. № 545. DOI: 10.3390/ijms22020545
6. Non-neuronal cholinergic system delays cardiac remodelling in type 1 diabetes / P.E. Munasinghe, E.L. Saw, M. Reily-Bell et al. // Heliyon. – 2023. – Vol. 9, no. 6. – Art. e17434.
7. Perek, S. Heart rate variability: the age-old tool still remains current / S. Perek, A. Raz-Pasteur // Harefuah. – 2021. – Vol. 160, no. 8. – P. 533–536.
8. Schmitt, L. Eleven years' monitoring of the world's most successful male biathlete of the last decade / L. Schmitt, S. Bouthiaux, G.P. Millet // Int. J. Sports. Physiol. Perform. – 2020. – Vol. 16, no. 6. – P. 900–905. DOI: 10.1123/ijsp.2020-0148
9. Shlyk, N.I. Management of athletic training with consideration of individual heart rate variability characteristics / N.I. Shlyk // Human Physiology. – 2016. – Vol. 42, no. 6. – P. 81.

References

1. Kataev D.A., Tsirkin V.I., Zavalin N.S. et al. [Dynamics of TP-, HF-, LF- and VLF-waves of the Cardiointervalogram (in Conditions of Clinostasis) of an Elite Skier-racer in the Preparatory, Competitive and Transitional Periods Depending on the Volume and Intensity of Training Loads]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2023, vol. 49, no. 5, pp. 87–100. (in Russ.) DOI: 10.31857/S0131164623700303
2. Kataev D.A., Tsirkin V.I., Kishkina V.V. et al. [The Nature of the Total Power of the Spectrum and Very Low-frequency Waves of the Cardiointervalogram from the Standpoint of Adaptation of the Human Body to Physical Activity (Review)]. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy* [Journal of Biomedical Research], 2023, vol. 11, no. 1, pp. 95–107. (in Russ.)
3. Stenton G. *Mediko-biologicheskaya statistika* [Medico-biological Statistics]. Moscow, Practice Publ., 1998. 459 p.
4. Kamandulis S., Juodsnukis A., Stanislovaitiene J. et al. Daily Resting Heart Rate Variability in Adolescent Swimmers During 11 Weeks of Training. *International Journal Environment Research Public. Healthcare*, 2020, vol. 17, no. 6, p. 2097. DOI: 10.3390/ijerph17062097
5. Kakinuma Y. Characteristic Effects of the Cardiac Non-neuronal Acetylcholine System Augmentation on Brain Functions. *International Journal Mol. Science*, 2021, vol. 22, no. 2, 545. DOI: 10.3390/ijms22020545
6. Munasinghe P.E., Saw E.L., Reily-Bell M. et al. Non-neuronal Cholinergic System Delays Cardiac Remodelling in Type 1 Diabetes. *Heliyon*, 2023, vol. 9, no. 6, e17434. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e17434
7. Perek S., Raz-Pasteur A. Heart Rate Variability: the Age-old Tool Still Remains Current. *Harefuah*, 2021, vol. 160, no. 8, pp. 533–536.

8. Schmitt L., Bouthiaux S., Millet G.P. Eleven Years' Monitoring of the World's Most Successful Male Biathlete of the Last Decade. *International Journal Sports. Physiology Performance*, 2020, vol. 16, no. 6, pp. 900–905. DOI: 10.1123/ijsp.2020-0148

9. Shlyk N.I. Management of Athletic Training with Consideration of Individual Heart Rate Variability Characteristics. *Human Physiology*, 2016, vol. 42, no. 6, p. 81. DOI: 10.1134/S0362119716060189

Информация об авторах

Катаев Денис Анатольевич, мастер спорта России по лыжным гонкам, Федерация лыжных гонок Республики Татарстан, Казань, Россия.

Циркин Виктор Иванович, доктор медицинских наук, профессор, старший научный сотрудник института нейронаук, Казанский государственный медицинский университет, Казань, Россия.

Трухин Андрей Николаевич, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры биологии и методики обучения биологии, Вятский государственный университет, Киров, Россия.

Трухина Светлана Ивановна, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры биологии и методики обучения биологии, Вятский государственный университет, Киров, Россия.

Information about the authors

Denis A. Kataev, Master of Sports of Russia (cross-country skiing), Cross-Country Ski Federation of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia.

Viktor I. Tsirkin, Doctor of Medical Sciences, Professor, Senior Researcher, Institute of Neurosciences, Kazan State Medical University, Kazan, Russia.

Andrey N. Trukhin, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Biology and Methods of Teaching Biology, Vyatka State University, Kirov, Russia.

Svetlana I. Trukhina, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Biology and Methods of Teaching Biology, Vyatka State University, Kirov, Russia.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 14.03.2024

The article was submitted 14.03.2024

ФИЗИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ И ФИЗИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВЛЕННОСТЬ ДЕТЕЙ И ВЗРОСЛОГО НАСЕЛЕНИЯ РОССИИ

Т.Ф. Абрамова, abramova.t.f@vniifk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5671-3806>
Э.А. Зюрин, ziurin.e.a@vniifk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0596-504X>
Т.Г. Фомиченко, fomichenko.t.g@vniifk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7592-1854>
Т.М. Никитина, nikitina.t.m@vniifk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6581-8052>
Е.Н. Петрук, petruk.e.n@vniifk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7380-821X>
Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва, Россия

Аннотация. Цель исследования: определить влияние физического развития на физическую подготовленность детского и взрослого населения. **Материалы и методы.** Контингент: 3110 мальчиков и 2745 девочек России, 254 девочки и 234 мальчика Республики Беларусь (возраст 6–10 лет), 480 мужчин и женщин (25–70+ лет), систематически занимающихся двигательной активностью. Методы: антропометрия, тонометрия, пульсометрия; тестирование физической подготовленности в соответствии с возрастными требованиями комплекса ГТО. **Результаты.** Физическое развитие российского населения может быть охарактеризовано преобладанием нормального индекса массы тела (53–88 % случаев) при актуализации тенденции ожирения (составляя больший фактор риска для физического развития лиц мужского пола, начиная с 7 лет и прогрессируя к 10 годам, а также в возрасте 40–49 и старше 60 лет). Ожирение прогнозирует низкий уровень физической подготовленности и напряженную возрастную адаптацию сердечно-сосудистой системы, ограничивая двигательную активность детей. Систематические занятия двигательной активностью у взрослого населения снижают негативное влияние избыточной массы тела на физическую подготовленность и функциональное состояние организма. **Заключение.** Меры профилактики ожирения: воспитание и формирование физической культуры детей, родителей и лиц старшего возраста; формирование семейных традиций и позитивных установок родителей на совместные систематические занятия; создание условий для формирования интереса, мотивации и потребности к систематическим занятиям двигательной активностью в образовательных учреждениях для детей, подростков и молодежи; мониторинг состояния здоровья и физической подготовленности различных групп населения; активизация пропаганды здорового образа жизни, информирование о различных видах физкультурно-спортивной деятельности.

Ключевые слова: физическая подготовленность, физическое развитие, дети, взрослые, ожирение

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУ ФНЦ ВНИИФК № 777-00001-24 (темы № 001-24/1, 001-24/3, 001-24/4).

Для цитирования: Физическое развитие и физическая подготовленность детей и взрослого населения России / Т.Ф. Абрамова, Э.А. Зюрин, Т.Г. Фомиченко и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 4. С. 57–64. DOI: 10.14529/hsm240407

PHYSICAL DEVELOPMENT AND PHYSICAL FITNESS OF CHILDREN AND ADULTS IN RUSSIA

T.F. Abramova, abramova.t.f@vniifk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5671-3806>

E.A. Zurin, ziurin.e.a@vniifk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0596-504X>

T.G. Fomichenko, fomichenko.t.g@vniifk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7592-1854>

T.M. Nikitina, nikitina.t.m@vniifk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6581-8052>

E.N. Petruk, petruk.e.n@vniifk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7380-821X>

Federal Scientific Center for Physical Culture and Sports, Moscow, Russia

Abstract. Aim. This study examines the relationship between physical development and physical fitness in children and adults. **Materials and methods.** The research sample involved 3110 boys and 2745 girls from Russia; 254 girls and 234 boys from Belarus; aged 6–10 years; and 480 men and women aged 25–70+ years engaged in regular physical activity. The research methodology involved anthropometry, tonometry, pulse measurements, and age-adjusted physical fitness assessments (GTO tests). **Results.** Though in general BMI was within reference values, our findings reveal a trend of obesity risk in Russia, particularly among males, starting at age 7, progressing through childhood, and persisting into adulthood (40–49 and over 60 years). Childhood obesity correlates with lower physical fitness and increased stress during age-related cardiovascular adaptations. In contrast, regular physical activity in adulthood mitigates the negative impact of excess body weight on physical fitness and functional performance. **Conclusion.** Key recommendations for obesity prevention include: educational programs fostering physical education awareness among children, parents, and older individuals; development of family traditions supporting regular physical activities; creation of environments encouraging the need for regular exercise in educational institutions; implementation of health monitoring programs across various populations; promotion of healthy lifestyles through targeted information campaigns.

Keywords: physical fitness, physical development, children, adults, obesity

Acknowledgments. The work was carried out within the framework of the state assignment of the Federal State Budgetary Institution Federal Scientific Center of Physical Culture No. 777-00001-24 (topics No. 001-24/1, 001-24/3, 001-24/4).

For citation: Abramova T.F., Zurin E.A., Fomichenko T.G., Nikitina T.M., Petruk E.N. Physical development and physical fitness of children and adults in Russia. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(4):57–64. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240407

Введение. Физическая подготовленность человека обеспечивается формированием и состоянием морфофункциональных систем поддержания работоспособности организма и жизнедеятельности, т. е. физическим развитием наряду с двигательной активностью [1].

Состояние физического развития в настоящее время характеризуется нарастанием избыточной массы тела и ожирения как одной из актуальных проблем в мировом сообществе. Количество публикаций (PubMed) по ключевому слову *obesity* с 2013 до 2023 г. выросло с 21 526 до 33 746. Детское ожирение стало глобальной эпидемией [9, 10, 16, 18], отражаясь в росте публикаций (PubMed) на сочетание *childhood obesity* в 2013–2018–2023 гг. до 2105–3339–3699 статей. По данным ВОЗ в Европе избыточная масса тела отличает 29 % мальчиков и 27 % девочек 7–9 лет, в том чис-

ле ожирение – 13 и 9 % [11]. Динамика индекса массы тела (ИМТ) среди взрослого населения России (старше 18 лет) с 1975 по 2014 г. указывает на увеличение морбидного ожирения (ИМТ $\geq 35,0$ кг/м²) в 4 раза у мужчин (2,2 млн), в 1,5 раза у женщин (7,3 млн) [5, 17]. Физическое развитие детского населения (6–18 лет) в 6 регионах России (2004) и семилеток г. Москвы (2018–2019) отличается повышением ИМТ до уровня избыточной массы в 22 и 27 % у девочек и мальчиков, до ожирения – в 10 и 6 % [4, 11].

Причины ожирения – наследственность, экология, режим питания, низкая двигательная активность [2–4, 14]. Детское ожирение провоцирует развитие нарушений метаболизма, вегетативной функции, кардио-респираторной и иммунной систем, полового созревания и опорно-двигательного аппарата, при-

водя к отклонениям хода физического развития и ограничивая физическую активность, а значит, и физическую подготовленность [7, 8, 12, 13]. Усиление внимания к детскому ожирению актуализируется риском пролонгирования избыточной массы тела в ожирение взрослых, определяющих физический потенциал трудоспособного населения [5].

Цель исследования: определить влияние физического развития на физическую подготовленность детского и взрослого населения.

Материалы и методы исследования. В 2019–2022 гг. в нескольких федеральных округах России (Москва, Ярославль, Санкт-Петербург, Волгоград, Краснодар, Ставрополь, Казань, Челябинск, Омск, Хабаровск; село Чурапча, Якутия) были проведены комплексные обследования физического развития и физической подготовленности 5855 детей 6–10 лет (3110 мальчиков и 2745 девочек; наполнение половозрастных групп: 505–673 ребенка). Совместно со специалистами УО «ПолесГУ» Минобразования Республики Беларусь обследовано 488 ребенка (254 девочки и 234 мальчика) 6–10 лет г. Пинска Брестской области; наполнение возрастных групп: 40–58 человек.

Физическое развитие и подготовленность взрослого населения определяли у 480 мужчин и 480 женщин от 25 до 70+ лет (Московская область, Москва, Владимир, Нальчик, Кисловодск, Иркутск, Усть-Кут, Анадырь, Владивосток), активно участвовавших в подготовке к выполнению испытаний ВФСК ГТО. Возрастные группы соответствуют требованиям комплекса ГТО: 25–29; 30–39; 40–49; 50–59; 60–69; 70 и более лет. Наполнение каждой из половозрастных групп – 80 человек.

При обследовании детей определялись длина и масса тела, обхватные размеры грудной клетки и конечностей, восемь кожно-жировых складок на туловище и конечностях (калиперометрия), АД, ЧСС, ЖЕЛ; рассчитывались ИМТ, мышечная масса и жировотложение. Физическая подготовленность оценивалась по тестам, входящим в комплекс ГТО I и II ступеней. Обследования проводились при согласии родителей.

У взрослых измеряли длину и массу тела с определением ИМТ, ЧСС и АД; физическую подготовленность оценивали в видах испытаний комплекса ГТО, результаты которых для каждой группы оценивались с учетом завоевавших золотой (балл 5), серебряный (балл 4),

бронзовый (балл 3) знаки и не выполнивших испытания (балл 2).

Оценка соответствия массы длине тела проводилась по ИМТ: у детей использовались методические рекомендации (2017), предложенные Минздравом России, с выделением категорий: средний ИМТ или нормальная масса тела в пределах $\pm 1\sigma$; выше/ниже среднего или избыточная/сниженная масса – в пределах \pm от 1σ до 2σ , высокий ИМТ или ожирение/низкий или недостаточность массы тела – больше/меньше 2σ , у взрослого населения – рекомендации ВОЗ, где ИМТ до 25 кг/м^2 – норма, от 25 до 30 кг/м^2 – избыточная масса; свыше 30 кг/м^2 – ожирение [11].

Результаты исследования. Среди детского населения 6–10 лет преобладает сбалансированное развитие: мальчики – 60 % в России и 44,9 % – в Беларуси; девочки – 62,4 % в России, и Беларуси. Баланс сниженной и дефицитной МТ, с одной стороны, и избыточной МТ и ожирением – с другой, смещен в сторону превышения должной МТ, составляя пропорции 13,6 и 26,4 % – у мальчиков России, 16,4 и 21,1 % – у девочек России; 25,0 и 30,2 % – у мальчиков Беларуси. Исключение – белорусские девочки: перевес доли недостаточной МТ относительно избыточной (20,8 и 16,8 %).

Среди детей России нормальная МТ наиболее часта у девочек 6–7 лет (65 %), убывая в 8–10 лет (60–61 %); у мальчиков – в 6 лет, снижаясь с 65–62 % в 6–8 лет до 55–56 % в 9 и 10 лет (рис. 1). Белорусские дети сходны с российскими по наибольшей частоте ИМТ среднего уровня в 6 лет, близкой по величине у девочек (66 %) и более низкой у мальчиков (53 %), что сочетается с различиями по возрасту достижения наименьшей частоты встречаемости нормальной МТ у белорусов в 8 лет (27 % – у мальчиков, 56 % – у девочек). Особенности физического развития белорусских детей могут быть опосредованы более ранним, чем в России, началом школьного обучения (5–6 лет), что в большей мере проявляется у мальчиков в связи с более поздним биологическим созреванием.

Возрастная динамика избыточной МТ и ожирения принципиально различается по половой принадлежности, не имея существенных отличий по территориальному признаку (рис. 2). У мальчиков частота превышения МТ от должной нарастает от 6 до 10 лет (у бело-

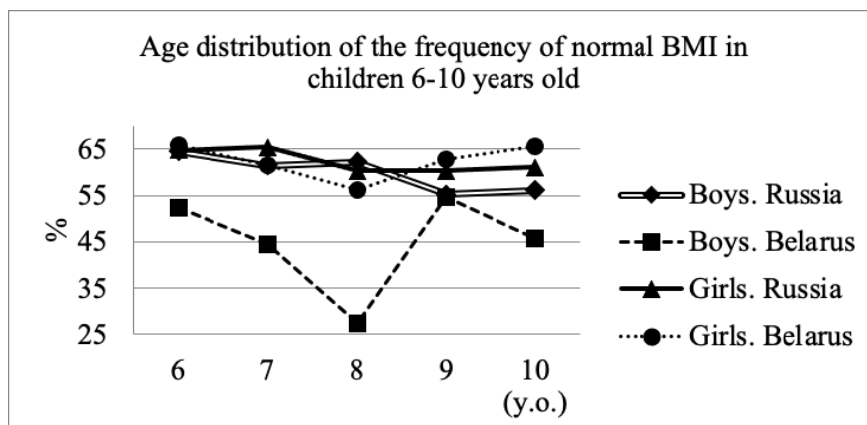


Рис. 1. Возрастная динамика частоты встречаемости среднего уровня ИМТ у детей 6–10 лет в России и в Республике Беларусь
Fig. 1. Normal BMI rates in children 6–10 years of age in Russia and Belarus

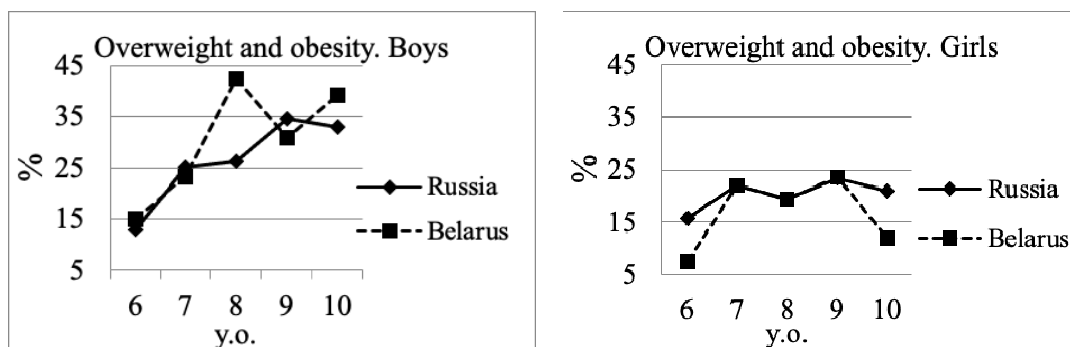


Рис. 2. Частота встречаемости избыточной массы тела (включая ожирение) у детей 6–10 лет России и Республики Беларусь
Fig. 2. Overweight and obesity rates in children 6–10 years of age in Russia and Belarus

русов от 15 % до 31–42 % в 8–10 лет; у россиян от 16 % до 33–35 % в 9–10 лет). Девочки характеризуются близкой частотой избыточной МТ в 7–9 лет (19–23 %), различаясь в 6 (у белорусок 7 % и у россиянок 16 %) и 10 лет (12 % – белоруски, 21 % – россиянки). Частота случаев собственно ожирения от 6 до 10 лет нарастает у мальчиков от 4 до 14 %, у девочек – от 2,5 до 7 %.

Сниженная и недостаточная масса тела, также являясь отклонением от нормального физического развития, демонстрирует и территориальные, и половые различия. Наиболее часто сниженный и низкий ИМТ отмечается среди мальчиков России в 6 лет (22,4 %) с дальнейшим снижением частоты встречаемости до 10–12 %; в Беларуси – в 6–8 лет (30–32,6 %) с убыванием до 14–15 % в 9 и 10 лет. Среди девочек сниженная МТ отмечается в 6 и 8 лет (20 % – Россия, 27 и 25 % – Беларусь); в 7 и 9 лет (в России – 12,5 и 16 %, в Беларуси – 16 и 14,5 %).

Высокий и повышенный ИМТ в каждой

из половозрастных групп детей соотносятся с наименьшим содержанием мышечной массы (36,6–39,5 %) и наибольшим – жировой (24,9–29,1 %). Низкий или сниженный ИМТ связаны с высоким уровнем мышечной (42,8–44,5 %) и низким уровнем жировой массы (13,3–16,4 %). Различия между группами с низким и высоким уровнем ИМТ менее выражены по величине мышечной массы (3,7–6,3 %), чем по величине жировой массы (9,7–12,9 %), указывая на приоритет влияния жиротложения на различия ИМТ у детей.

Артериальное давление у детей с высоким ИМТ в каждой из половозрастных групп наибольшее в 9 и 10 лет и превышает возрастную норму. Различия между группами с высоким и низким ИМТ более выражены по значениям АДС (4,1–11,3 мм рт. ст.), в меньшей мере – по значениям АДД (2,0 до 6,3 мм рт. ст.).

Дети с высоким ИМТ отличаются наиболее низким уровнем развития основных физических качеств. Различия показателей физической подготовленности при крайних значениях

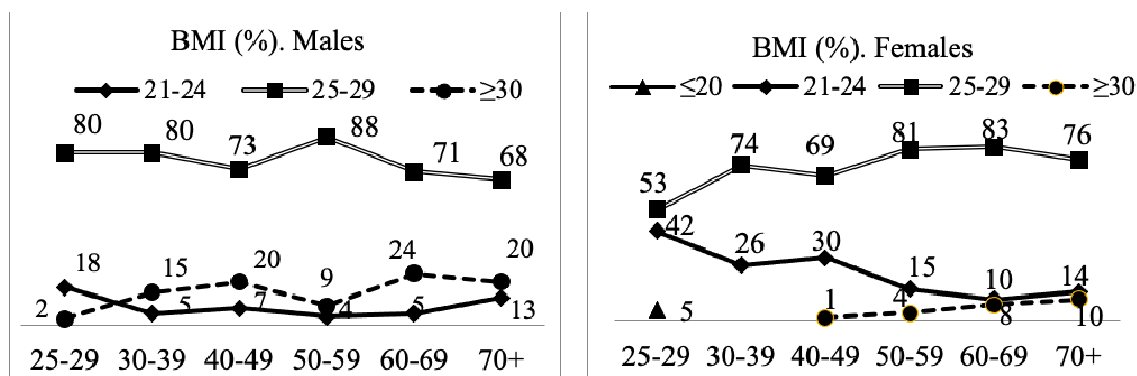


Рис. 3. Частота встречаемости различных категорий ИМТ у мужчин и женщин от 25 до 70+ лет (%)
Fig. 3. BMI distributions in males and females 25–70+ years of age (%)

ИМТ достигают 3–10 % в тесте «челночный бег», 7–17 % – в тестах «бег 30 м» и «прыжок в длину с места»; 16–35 % – в тесте «6-минутный бег»; 31–88 % – в относительной силе кисти; 29–128 % – в тестах на силовую выносливость.

Мужчины и женщины 25–70+ лет, активно участвующие в подготовке к испытаниям ВФСК «ГТО», демонстрируют равное преобладание избыточной МТ (76 и 73 %). Ожирение в 2,7 раза чаще характерно для мужчин (15 %), нормальная МТ отличает 9 % мужчин и 23 % женщин (рис. 3). Нормальная МТ у мужчин наиболее часта в 25–29 лет, снижаясь до 4–7 % в 30–69 лет; у женщин – в 10–42 % с максимумом в 25–29 лет, минимумом – от 50–59 до 70+ лет (10–15 %). Ожирение у мужчин варьирует от 2 % (25–29 лет) до 20–24 % (40–49; ≥ 60 лет), у женщин – от 1 (40–49 лет) до 10 % (≥70 лет), отсутствуя в период 25–39 лет. Физическая подготовленность, равно как и функциональное состояние, у взрослых в меньшей мере, чем у детей, зависит от баланса массы и длины тела, что, вероятно, объясняется систематической двигательной активностью.

Изучение состояния организма юных спортсменов показало, что занятия систематической двигательной активностью, начиная с 6 лет, способствуют нормализации хода процессов роста и развития, оптимизируя массу тела, развитие кардиореспираторной системы, метаболический баланс, опорно-двигательный аппарат, психомоторное и когнитивное развитие; формируют привычку к здоровому образу жизни у детей, что согласуется с зарубежными данными [6, 15, 19, 20].

Социологический опрос населения различного возраста (более 10 000 респондентов ежегодно), проводимый в рамках федерально-

го проекта «Спорт – норма жизни», показал, что более 65 % родителей считают преждевременными систематические занятия физической культурой и спортом для детей 3–5 лет. Родители детей 6–12 лет в 16,7 % случаев придерживаются того же мнения. При этом установлено, что ведущими факторами мотивации для детей 3–5 лет к систематическим занятиям физической культурой и спортом являются совместные занятия ребенка с родителями (31 %), пример отца (28 %) и матери (24 %); для детей 6–12 лет – личный пример отца (24 %) и друзей (24 %), семейные занятия (20 %).

Выводы

1. Физическое развитие российского населения может быть охарактеризовано преобладанием нормального индекса массы тела (частота встречаемости 53–88 %) с одновременной актуализацией тенденции ожирения (в большей мере составляя фактор риска для физического развития лиц мужского пола, начиная с 7 лет и прогрессируя к 10 годам, а также в возрастах 40–49 и старше 60 лет).

2. Ожирение у детей младшего возраста нарушает ход возрастного развития, прогнозирует низкий уровень физической подготовленности и напряженную возрастную адаптацию сердечно-сосудистой системы, ограничивая двигательную активность. Систематические занятия физической культурой и спортом снижают у взрослого населения негативное влияние избыточной массы тела на физическую подготовленность и функциональное состояние организма.

3. Физическое воспитание и формирование физической культуры является ключевой позицией профилактики ожирения не только для детей, но и родителей, а также лиц более старшего возраста. Формы воспитания: се-

мейные традиции и позитивные установки родителей на систематические совместные занятия; создание условий для формирования интереса, мотивации и потребности к систематическим занятиям двигательной активностью при реализации образовательных и дополнительных образовательных программ для детей, подростков и молодежи.

4. Систематический мониторинг состояния здоровья и физической подготовленности различных групп населения, усиление пропаганды здорового образа жизни, информирование о различных видах физкультурно-спортивной деятельности – активные средства гармонизации физического развития и физической подготовленности.

Список литературы

1. Абрамова, Т.Ф. *Лабильные компоненты массы тела – критерии общей физической подготовленности и контроля текущей и долговременной адаптации к тренировочным нагрузкам: метод. рек.* / Т.Ф. Абрамова, Т.М. Никитина, Н.И. Кочеткова. – М.: Скайпринт, 2013. – 132 с.
2. Бальсевич, В.К. *Онтокинезиология человека* / В.К. Бальсевич – М.: Теория и практика физ. культуры, 2000. – 275 с.
3. Мартинчик, А.Н. *Анализ ассоциации структуры энергии рациона по макронутриентами и распространения избыточной массы тела и ожирения среди населения России* / А.Н. Мартинчик, А.К. Батулин, А.О. Камбаров // *Вопросы питания.* – 2020. – Т. 89, № 3. – С. 40–53.
4. *Оценка физической активности и ее взаимосвязи с избыточной массой тела и ожирения среди взрослого населения Монголии* / Н. Болормаа, Л.П. Игнатъева, Б. Содгэрэл, П. Энхтуяа // *Сибир. мед. журнал.* – 2015. – № 1. – С. 85–88.
5. Петеркова, В.А. *Ожирение в детском возрасте* / В.А. Петеркова, О.В. Ремизов // *Ожирение и метаболизм.* – 2004. – № 1. – С. 17–23.
6. Петеркова, В.А. *Оценка физического развития детей и подростков: метод. рек.* / В.А. Петеркова, Е.В. Нагаева, Т.Ю. Ширяева. – М.: ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России. Альфа-Эндо, 2017. – 94 с.
7. *Приказ Минспорта России от 12.02.2019 № 90 «Об утверждении государственных требований Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса «Готов к труду и обороне» (ГТО)».* – <https://minjust.consultant.ru/documents/42248?items=1&page=5>.
8. Разина, А.О. *Ожирение: современный взгляд на проблему* / А.О. Разина, Е.Е. Ачкасов, С.Д. Руненко // *Ожирение и метаболизм.* – 2016. – № 1. – С. 3–8. DOI: 10/14341/OMET201613-8
9. *Физическое развитие и физическая подготовленность юных единоборцев, футболистов и гимнастов 6–9 лет* / Т.Ф. Абрамова, Т.М. Никитина, А.В. Полфунтикова и др. // *Человек. Спорт. Медицина.* – 2022. – Т. 22, № 2. – С. 37–45.
10. Arena, R. *Evaluation of cardiorespiratory fitness and respiratory muscle function in the obese population* / R. Arena, L.P. Cahalin // *Progress in Cardiovascular Diseases* – 2014. – No. 56 (4). – P. 457–464. DOI: 10.1016/j.pcad.2013.08.001
11. *A whole brain volumetric approach in overweight/obese children: Examining the association with different physical fitness components and academic performance. The Active Brains project* / I. Esteban-Cornejo, C. Cadenas-Sanchez, O. Contreras-Rodriguez et al // *Neuroimage.* – 2017. – Vol. 159. – P. 346–354. DOI: 10.1016/j.neuroimage
12. *Childhood Obesity and Incorrect Body Posture: Impact on Physical Activity and the Therapeutic Role of Exercise* / V. Calcaterra, L. Marin, M. Vandoni et al. // *International Journal of Environmental Research and Public Health.* – 2022. – Vol. 13, No. 19 (24). – P. 16728. DOI: 10.3390/ijerph192416728
13. *Review of childhood obesity: from epidemiology, etiology, and comorbidities to clinical assessment and treatment* / S. Kumar, A.S. Kelly // *Mayo Clinic Proceedings.* – 2017. – No. 92. – P. 251–265.
14. *World Health Organization WHO Obesity.* – <https://www.who.int/health-topics/obesity>.
15. *Lung function, obesity and physical fitness in young children: The EXAMIN YOUTH study* / S. Köchli, K. Endes, T. Bartenstein et al. // *Respiratory Medicine.* – 2019. – Vol. 159. – Article. 105813. DOI: 10.1016/j.rmed.2019.105813
16. *Motor skills of children and adolescents with obesity and severe obesity-A CIRCUIT study* / A.L. Häcker, J.L. Bigras, M. Henderson et al. // *Journal of Strength and Conditioning Research.* – 2020. – Vol. 34 (12). – P. 3577–3586. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002213
17. *Physical Activity, Screen Time, and Sleep Duration of Children Aged 6-9 Years in 25 Countries:*

An Analysis within the WHO European Childhood Obesity Surveillance Initiative (COSI) 2015-2017 / S. Whiting, M. Buon cristiano, P. Gelius et al. // Obesity Facts. – 2021. – Vol. 14 (1). – P. 32–44. DOI: 10.1159/000511263

18. *Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health / F.B. Ortega, J.R. Ruiz, M.J. Castillo et al. // International Journal of Obesity. – 2008. – Vol. 32. – P.1–11.*

19. *Prevalence of Obesity Among Youths by Household Income and Education Level of Head of Household – United States 2011–2014 / C.L. Ogden, M.D. Carroll, T.H. Fakhouri et al. // MMWR. Morbidity and mortality weekly report. – 2018. – Vol. 67. – P. 186–189.*

20. *Trends in adult body mass index in 200 countries from 1975 to 2014: a pooled analysis of 1698 population-based measurement studies with 192 million participants / H. Pikhart, M. Bobak, S. Malyutina et al. // Lancet. – 2016. – Vol. 387 (10026). – P. 1377–1396. DOI: 10.1016/S0140-6736(16)30054-X*

References

1. Abramova T.F., Nikitina T.M., Kochetkova N.I. *Labil'nyye komponenty massy tela – kriterii obshchey fizicheskoy podgotovlennosti i kontrolya tekushchey i dolgovremennoy adaptatsii k trenirovochnym nagruzkam: metod. rekomendatsii* [Labile Components of Body Weight – Criteria for General Physical Fitness and Control of Current and Long-term Adaptation to Training Loads]. Moscow, Sky-print Publ., 2013. 132 p.

2. Balsevich V.K. *Ontokineziologiya cheloveka* [Human Ontokinesiology]. Moscow, Theory and Practice of Physical Education Publ., 2000. 275 p.

3. Martinchik A.N., Baturin A.K., Kambarov A.O. [Analysis of the Association of the Structure of Dietary Energy by Macronutrients and the Prevalence of Overweight and Obesity Among the Population of Russia]. *Voprosy pitaniya* [Nutrition Issues], 2020, vol. 89, no. 3, pp. 40–53. (in Russ.)

4. Bolormaa N., Ignatyeva L.P., Sodgerel B., Enkhtuyaa P. [Assessment of Physical Activity and its Relationship with Overweight and Obesity Among the Adult Population of Mongolia]. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal* [Siberian Medical Journal], 2015, no. 1, pp. 85–88. (in Russ.)

5. Peterkova V.A., Remizov O.V. [Obesity in Childhood]. *Ozhireniye i metabolizm* [Obesity and Metabolism], 2004, no. 1, pp. 17–23. (in Russ.) DOI: 10.14341/2071-8713-5174

6. Peterkova V.A., Nagaeva E.V. *Otsenka fizicheskogo razvitiya detey i podrostkov: metodicheskiye rekomendatsii* [Assessment of Physical Development of Children and Adolescents]. Moscow, Alfa-Endo Publ., 2017. 94 p.

7. Order of the Ministry of Sports of Russia dated 12.02.2019 No. 90 “On Approval of State Requirements of the All-Russian Physical Culture and Sports Complex Ready for Labor and Defense (GTO)”. Available at: <https://minjust.consultant.ru/documents/42248?items=1&page=5>

8. Razina A.O., Achkasov E.E., Runenko S.D. [Obesity. A Modern Look at the Problem]. *Ozhireniye i metabolizm* [Obesity and Metabolism], 2016, no. 1, pp. 3–8. (in Russ.) DOI: 10/14341/OMET201613-8

9. Abramova T.F., Nikitina T.M., Polfuntikova A.V. et al. Physical Development and Physical Fitness of Young Martial Artists, Football Players and Gymnasts Aged 6–9 Years. *Human. Sport. Medicine*, 2022, vol. 22, no. 2, pp. 37–45. (in Russ.)

10. Arena R., Cahalin L.P. Evaluation of Cardiorespiratory Fitness and Respiratory Muscle Function in the Obese Population. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 2014, no. 56 (4), pp. 457–464. DOI: 10.1016/j.pcad.2013.08.001

11. Esteban-Cornejo I., Cadenas-Sanchez C., Contreras-Rodriguez O. et al. A Whole Brain Volumetric Approach in Overweight/obese Children: Examining the Association with Different Physical Fitness Components and Academic Performance. The ActiveBrains Project. *Neuroimage*, 2017, vol. 159, pp. 346–354. DOI: 10.1016/j.neuroimage

12. Calcaterra V., Marin L., Vandoni M. et al. Childhood Obesity and Incorrect Body Posture: Impact on Physical Activity and the Therapeutic Role of Exercise. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022, vol. 13, no. 19 (24), 16728. DOI: 10.3390/ijerph192416728

13. Kumar S., Kelly A.S. Review of Childhood Obesity: from Epidemiology, Etiology, and Comorbidities to Clinical Assessment and Treatment. *Mayo Clinic Proceedings*, 2017, no. 92, pp. 251–265. DOI: 10.1016/j.mayocp.2016.09.017

14. *World Health Organization WHO Obesity*. Available at: <https://www.who.int/health-topics/obesity>

15. Köchli S., Endes K., Bartenstein T. et al. Lung Function, Obesity and Physical Fitness in Young Children: The EXAMIN YOUTH Study. *Respiratory Medicine*, 2019, vol. 159, 105813. DOI: 10.1016/j.rmed.2019.105813
16. Häcker A.L., Bigras J.L., Henderson M. et al. Motor Skills of Children and Adolescents with Obesity and Severe Obesity – A CIRCUIT Study. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2020, vol. 34 (12), pp. 3577–3586. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002213
17. Whiting S., Buoncristiano M., Gelius P. et al. Physical Activity, Screen Time, and Sleep Duration of Children Aged 6–9 Years in 25 Countries: An Analysis within the WHO European Childhood Obesity Surveillance Initiative (COSI) 2015–2017. *Obesity Facts*, 2021, vol. 14 (1), pp. 32–44. DOI: 10.1159/000511263
18. Ortega F.B., Ruiz J.R., Castillo M.J. et al. Physical Fitness in Childhood and Adolescence: a Powerful Marker of Health. *International Journal of Obesity*, 2008, vol. 32, pp. 1–11. DOI: 10.1038/sj.ijo.0803774
19. Ogden C.L., Carroll M.D., Fakhouri T.H. et al. Prevalence of Obesity Among Youths by Household Income and Education Level of Head of Household – United States 2011–2014. *MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report*, 2018, vol. 67, pp. 186–189. DOI: 10.15585/mmwr.mm6706a3
20. Pikhart H., Bobak M., Malyutina S. et al. Trends in Adult Bodymass Index in 200 Countries from 1975 to 2014: a Pooled Analysis of 1698 Population-based Measurement Studies with 192 Million Participants. *Lancet*, 2016, vol. 387 (10026), pp. 1377–1396. DOI: 10.1016/S0140-6736(16)30054-X

Информация об авторах

Абрамова Тамара Федоровна, доктор биологических наук, начальник лаборатории проблем комплексного сопровождения подготовки спортсменов, Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва, Россия.

Зюрин Эдуард Адольфович, кандидат педагогических наук, начальник лаборатории проблем физической культуры и массового спорта, Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва, Россия.

Фомиченко Татьяна Германовна, доктор педагогических наук, заместитель генерального директора по науке, Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва, Россия.

Никитина Татьяна Михайловна, кандидат педагогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем комплексного сопровождения подготовки спортсменов, Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва, Россия.

Петрук Елена Николаевна, научный сотрудник лаборатории проблем физической культуры и массового спорта, Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва, Россия.

Information about the authors

Tamara F. Abramova, Doctor of Biological Sciences, Head of the Laboratory for Comprehensive Support to Athletes Training, Federal Scientific Center of Physical Culture and Sports, Moscow, Russia.

Eduard A. Zurin, Candidate of Pedagogical Sciences, Head of the Laboratory for Physical Culture and Mass Sports, Federal Scientific Center of Physical Culture and Sports, Moscow, Russia.

Tatyana G. Fomichenko, Doctor of Pedagogical Sciences, Deputy General Director for Science, Federal Scientific Center of Physical Culture and Sports, Moscow, Russia.

Tatyana M. Nikitina, Candidate of Pedagogical Sciences, Leading Researcher, Laboratory for Comprehensive Support to Athletes Training, Federal Scientific Center of Physical Culture and Sports, Moscow, Russia.

Elena N. Petruk, Researcher, Laboratory for Physical Culture and Mass Sports, Federal Scientific Center of Physical Culture and Sports, Moscow, Russia.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 02.03.2024

The article was submitted 02.03.2024

РОЛЬ БИОИМПЕДАНСНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТАВА ТЕЛА В ОЦЕНКЕ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ УЧАЩИХСЯ РАЗЛИЧНОГО ВОЗРАСТА СРЕДНЕЙ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ

И.Е. Штина, shtina_irina@fcrisk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5017-8232>

О.Ю. Устинова, ustinova@fcrisk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9916-5491>

С.Л. Валина, doc.valina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1719-1598>

М.П. Тронина, tmp.doc.17@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-7714-2973>

Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Пермь, Россия

Аннотация. Цель: изучение роли биоимпедансного исследования состава тела в оценке физического развития учащихся различного возраста средней общеобразовательной школы. **Материалы и методы.** Группу 1 составили 165 девочек, группу 2 – 170 мальчиков. В первую подгруппу включены дети в возрасте 7–10 лет (113 человек), во вторую – дети в возрасте 11–14 лет (119 человек), в третью подгруппу – подростки в возрасте 15–18 лет (103 человека). Выполнена оценка физического развития по значению SDS роста, SDS ИМТ, биоимпедансный анализ компонентного состава тела. **Результаты.** У девочек-подростков относительно мальчиков нормальные значения SDS ИМТ регистрировали в 1,4 раза чаще, а ожирение – в 6,1 раза реже. В возрасте 7–10 лет у девочек относительно мальчиков в 1,9 раза реже регистрировали низкие значения доли жировой массы (ЖМ), а в возрасте 11–14 лет – в 2,2 раза чаще регистрировали высокие значения доли ЖМ. У мальчиков с возрастом в 7,5 раза увеличилось число случаев низких значений доли скелетно-мышечной массы (СММ) на фоне возрастания в 2 раза высоких значений доли ЖМ. Установлено, что у мальчиков с 12 лет происходит снижение доли СММ при увеличении доли ЖМ на фоне отсутствия изменения SDS ИМТ. Для детей и подростков обоих полов установлена прямая связь «SDS ИМТ – доля ЖМ» и отрицательная связь «возраст – доля СММ», у лиц мужского пола – прямая связь «возраст – доля ЖМ». **Заключение.** Выявленные половозрастные особенности указывают на необходимость применения биоимпедансного анализа состава тела в медико-профилактической практике.

Ключевые слова: дети, подростки, физическое развитие, биоимпедансный анализ состава тела, антропометрические показатели

Для цитирования: Роль биоимпедансного исследования состава тела в оценке физического развития учащихся различного возраста средней общеобразовательной школы / И.Е. Штина, О.Ю. Устинова, С.Л. Валина, М.П. Тронина // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 4. С. 65–72. DOI: 10.14529/hsm240408

BIOIMPEDANCE BODY COMPOSITION ANALYSIS IN ASSESSING PHYSICAL DEVELOPMENT IN SECONDARY SCHOOL STUDENTS

I.E. Shtina, shtina_irina@fcrisk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5017-8232>

O.Yu. Ustinova, ustinova@fcrisk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9916-5491>

S.L. Valina, doc.valina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1719-1598>

M.P. Tronina, tmp.doc.17@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-7714-2973>

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, Russia

Abstract. Aim. This study investigates the role of bioimpedance body composition analysis in assessing physical development in secondary school students. **Materials and methods.** Our sample involved 165 female and 170 male participants, divided into the following age subgroups: 7–10 years ($n = 113$); 11–14 years ($n = 119$); 15–18 years ($n = 103$). Bioimpedance analysis was combined with standard anthropometric measurements (body length SDS, BMI SDS). **Results.** Our findings revealed significant gender differences in fat mass (FM) and skeletal muscle mass (SMM). Among adolescent girls compared to boys, normal BMI SDS values were recorded 1.4 times more frequently, while obesity was observed 6.1 times less frequently. At the age of 7–10 years, low FM percentage values were recorded 1.9 times less frequently in girls. In contrast, at the age of 11–14 years, high FM percentage values were observed 2.2 times more frequently in girls. With age, the number of cases with low SMM percentage increased 7.5 times in boys against the backdrop of a 2-fold increase in high FM percentage values. From the age of 12 years, there is a decrease in SMM percentage in boys concurrent with an increase in FM percentage against the backdrop of no change in BMI SDS. For children and adolescents of both sexes, a positive relationship between BMI SDS and FM percentage was recorded, as well as a negative relationship between age and SMM percentage. For males, a direct relationship was observed between age and FM percentage. **Conclusion.** These findings underscore the importance of bioimpedance analysis in medical and preventive healthcare practices.

Keywords: children, adolescents, physical development, bioimpedance analysis, body composition, anthropometric indicators

For citation: Shtina I.E., Ustinova O.Yu., Valina S.L., Tronina M.P. Bioimpedance body composition analysis in assessing physical development in secondary school students. *Human. Sport. Medicine*. 2024;24(4):65–72. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240408

Введение. Оценка физического развития является основным компонентом комплексной оценки состояния здоровья детей и подростков. Своевременное выявление отклонений в физическом развитии позволяет снизить риски формирования заболеваний, в патогенезе которых ключевую роль играет нарушение питания и гиподинамия [5, 7]. Оценка состояния питания по значению ИМТ не всегда объективна, так как ИМТ имеет высокую специфичность, но низкую чувствительность для выявления ожирения [2, 14–16]. Актуально выявление не только ожирения и недостаточности питания, а также уровень физического развития современного школьника [3, 4, 10]. Оценка физического развития по значению SDS ИМТ учеными рекомендована при выполнении эпидемиологических исследований, в то время как метод биоимпедансного анализа компонентного со-

става тела является дополнительным методом, результаты которого можно применять при динамическом контроле [1, 2, 7, 13].

Цель исследования: изучение роли биоимпедансного исследования состава тела в оценке состояния физического развития учащихся различного возраста средней общеобразовательной школы (СОШ).

Материалы и методы. Обследовано 165 девочек (группа 1) и 170 мальчиков (группа 2). Для установления возрастных особенностей группы исследования были разделены на подгруппы. В первую подгруппу включены дети в возрасте 7–10 лет (113 человек, в том числе 57 девочек и 56 мальчиков), во вторую – дети в возрасте 11–14 лет (119 человек, в том числе 57 девочек и 62 мальчика) и в третью – подростки 15–18 лет (103 человека, в том числе 51 девушка и 52 юноши).

Выполнено антропометрическое исследование (измерение роста, массы тела, расчет индекса массы тела) и биоимпедансный анализ состава тела (анализатора ABC-01 «Медасс», Россия) с оценкой содержания доли жировой массы (доля ЖМ, %) и доли скелетно-мышечной массы (доля СММ, %) [8]. Статистическая обработка результатов выполнена с применением статистического приложения Jamovi.

Результаты. В ходе проведенного исследования установлено, что практически у 2/3 школьников (61,1–66 %) рост отвечает возрастному нормативу. При оценке физического развития по стандартной методике (табл. 1) установлено, что в возрастной группе 15–18 лет у девушек более низкое абсолютное значение ИМТ и SDS ИМТ ($p < 0,001–0,044$).

У девочек относительно мальчиков в возрасте 7–10 лет в 1,9 раза реже регистрировали низкие значения доли ЖМ, а в возрасте 11–14 лет – в 2,2 раза чаще регистрировали высокие значения доли ЖМ ($p = 0,036–0,046$), при этом отсутствовали различия у подростков 15–18 лет (табл. 2).

Во всех возрастных подгруппах у девочек в 1,3–1,7 раза реже регистрировали высокие значения доли СММ ($p = 0,022–0,40$) (см. табл. 2). У мальчиков с возрастом в 7,5 раза увеличилось число случаев низких значений доли СММ ($p = < 0,001$) на фоне возрастания в 2 раза высоких значений доли ЖМ ($p = 0,031$).

У девочек относительно мальчиков в возрасте 11–14 лет статистически чаще регистрировали «скрытое ожирение» ($p = 0,019$), достигающее максимума в подростковом возрасте (21,4 %) (рис. 1).

Установлена прямая связь между SDS ИМТ и долей ЖМ для обоих полов ($r = 0,59–0,69$; $p < 0,001$), у лиц мужского пола – возраста с долей ЖМ ($r = 0,23$; $p = 0,002$). В обеих группах установлена отрицательная связь возраста с долей СММ ($r = -0,29$; $p < 0,001$ – у девочек; $r = -0,25$; $p = 0,001$ – у мальчиков).

С целью лучшего понимания половозрастного диморфизма были построены графики значений SDS ИМТ, SDS роста, доли ЖМ и доли СММ для девочек и мальчиков в зависимости от возраста (рис. 2–4).

Таблица 1
Table 1

Распределение школьников по результатам оценки физического развития, %
Distribution of schoolchildren by physical development, %

Показатель Parameter	Всего Total		Группа 1 Group 1		Группа 2 Group 2		p
	n	%	n	%	n	%	
Распределение по значению SDS ИМТ у детей 7–10 лет Distribution by BMI SDS values, children 7–10 years of age							
Норма / Normal	82	72,6	42	73,7	40	71,4	0,789
Избыточная масса тела Excess body weight	15	13,3	9	15,8	6	10,7	0,605
Ожирение / Obesity	13	11,5	5	8,8	8	14,3	0,359
Недостаточность питания Underweight	3	2,7	1	1,8	2	3,6	0,549
Распределение по значению SDS ИМТ у детей 11–14 лет Distribution by BMI SDS values, children 11–14 years of age							
Норма / Normal	84	70,6	41	71,9	43	69,4	0,759
Избыточная масса тела Excess body weight	18	15,1	7	12,3	11	17,7	0,407
Ожирение / Obesity	12	10,1	7	12,3	5	8,1	0,446
Недостаточность питания Underweight	5	4,2	2	3,5	3	4,8	0,718
Распределение по значению SDS ИМТ у подростков 15–18 лет Distribution by BMI SDS values, adolescents 15–18 years of age							
Норма / Normal	73	70,9	42	82,4	31	59,6	0,012
Избыточная масса тела Excess body weight	14	13,6	6	11,8	8	15,4	0,592
Ожирение / Obesity	14	13,6	2	3,9	12	23,8	0,011
Недостаточность питания Underweight	2	1,9	1	2,0	1	1,9	0,989

Распределение школьников по оценке компонентного состава тела, %
Distribution of schoolchildren by body composition, %

Показатель Parameter	Всего Total		Группа 1 Group 1		Группа 2 Group 2		p
	n	%	N	%	n	%	
Распределение по значению доли ЖМ у детей 7–10 лет, % Distribution by FM percentage values, children 7–10 years of age, %							
Выше / Above average	26	23	15	26,3	11	19,6	0,536
Норма / Normal	52	46	30	52,6	22	39,3	0,218
Ниже / Below average	35	31	12	21,1	23	41,1	0,036
Распределение по значению доли ЖМ у детей 11–14 лет, % Distribution by FM percentage values, children 11–14 years of age, %							
Выше / Above average	27	22,7	18	31,6	9	14,5	0,046
Норма / Normal	47	39,5	20	35,1	27	43,5	0,564
Ниже / Below average	45	37,8	19	33,3	26	41,6	0,437
Распределение по значению доли ЖМ у подростков 15–18 лет, % Distribution by FM percentage values, adolescents 15–18 years of age, %							
Выше / Above average	36	35	16	31,4	20	38,5	0,584
Норма / Normal	52	50,5	29	56,9	23	44,2	0,278
Ниже / Below average	15	14,6	6	11,8	9	17,3	0,605
Распределение по значению доли СММ у детей 7–10 лет, % Distribution by SMM percentage values, children 7–10 years of age, %							
Выше / Above average	74	65,5	31	54,4	43	76,8	0,022
Норма / Normal	33	39,2	22	38,6	11	19,6	0,045
Ниже / Below average	6	5,3	4	7,0	2	3,6	0,692
Распределение по значению доли СММ у детей 11–14 лет, % Distribution by SMM percentage values, children 11–14 years of age, %							
Выше / Above average	82	68,9	34	59,6	48	77,4	0,040
Норма / Normal	29	24,4	19	33,3	10	16,1	0,040
Ниже / Below average	8	6,7	4	7	4	6,5	0,808
Распределение по значению доли СММ у подростков 15–18 лет, % Distribution by SMM percentage values, adolescents 15–18 years of age, %							
Выше / Above average	41	39,8	15	29,4	26	50	0,033
Норма / Normal	39	37,9	27	52,9	12	23,1	0,002
Ниже / Below average	23	22,3	9	17,6	14	26,9	0,259

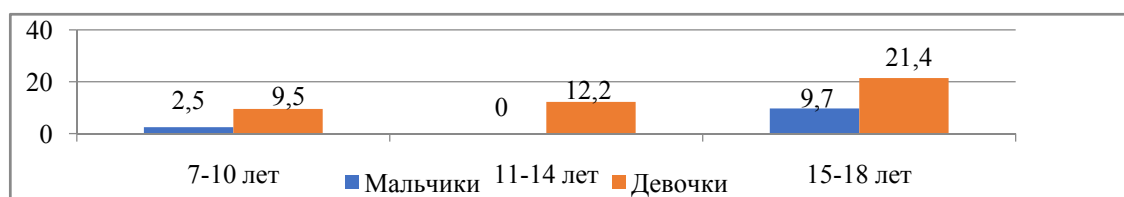


Рис. 1. Доля детей и подростков с увеличенным значением доли ЖМ при нормальном значении SDS ИМТ, %

Fig. 1. Children and adolescents with an increased FM percentage and a normal BMI SDS value, %

Обсуждение. Высокая валидность SDS ИМТ для оценки физического развития подтверждается прямой корреляцией высокой силы между SDS ИМТ и долей ЖМ. Низкая доля ЖМ достигала 40 % случаев, что указывает на практическое преимущество применения БИА анализа состава тела, учитывая уча-

стие жировой ткани в регуляции эндокринного гомеостаза независимо от пола [6, 9, 12].

При сопоставлении кривой SDS ИМТ и кривой доли СММ у лиц мужского пола обращает внимание отсутствие снижения SDS ИМТ при некотором спаде кривой доли СММ и подъеме кривой доли ЖМ с 12–13 лет, что

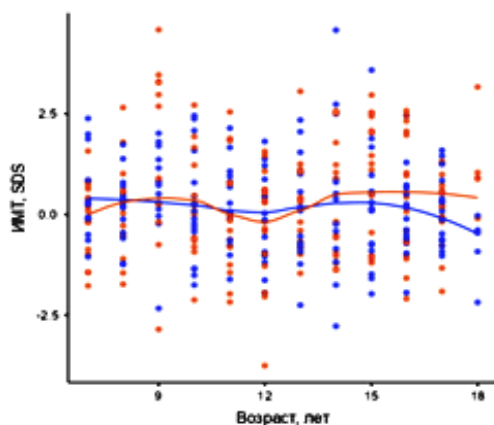


Рис. 2. Значения SDS ИМТ
в зависимости от пола
Fig. 2. BMI SDS values by sex

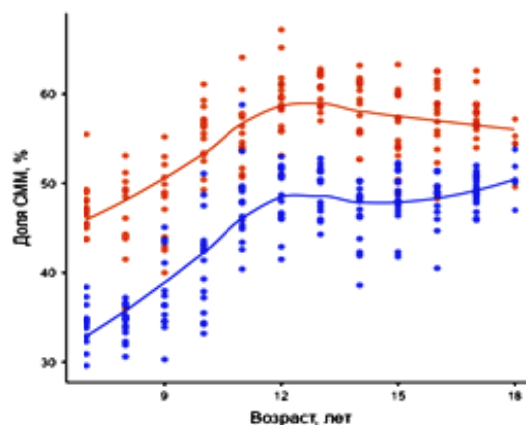


Рис. 3. Значения доли СММ
в зависимости от пола
Fig. 3. SMM percentage values by sex

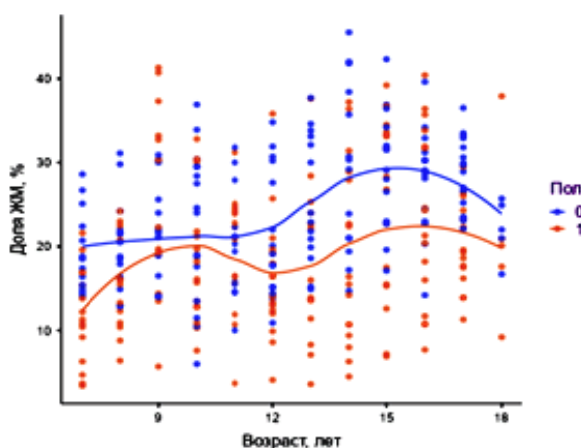


Рис. 4. Значения доли ЖМ в зависимости от пола
Fig. 4. FM percentage values by sex

подтверждается прямой корреляционной связью «возраст – доля ЖМ» и обратной связью «возраст – доля СММ» и указывает на формирование жировоголожения у мальчиков и актуальность профилактики ожирения для обоих полов. Данные настоящего исследования обращают внимание на более выраженную отрицательную динамику содержания доли СММ у лиц мужского пола, что может быть обусловлено особенностями образа жизни современного школьника, и указывают на важность применения метода БИА состава тела как дополнительного способа оценки состояния физического развития школьников [4, 5, 11]. Установленные тенденции в половозрастной изменчивости параметров компонентного состава тела подтверждают необхо-

димость расширения информации о ЗОЖ среди учащихся [3, 5].

Заключение. Выявленное увеличение доли юношей с ожирением, увеличение доли ЖМ у каждой третьей–четвертой девочки в возрасте 7–18 лет, а также снижение доли СММ в возрастном аспекте, подтвержденное обратной корреляцией «возраст – доля СММ», для обоих полов свидетельствует о необходимости привлечения внимания к проблемам ожирения, гиподинамии. Снижение доли СММ на фоне увеличения доли ЖМ у лиц мужского пола с 12 лет, выявление «скрытого ожирения» у каждой пятой девочки-подростка указывают на необходимость более широкого применения биоимпедансного анализа состава тела у детей с пубертатного возраста.

Список литературы

1. Герасимчик, О.А. Композиционный состав тела у детей и подростков с ожирением / О.А. Герасимчик, Я.В. Гири // Трансляционная медицина. – 2019. – Т. 6, № 1. – С. 51–57. DOI: 10.18705/2311-4495-2019-6-1-51-57
2. Гири, Я.В. Роль и место биоимпедансного анализа в оценке состава тела детей и подростков с различной массой тела / Я.В. Гири, О.А. Герасимчик // Бюл. сибир. медицины. – 2018. – Т. 17, № 2. – С. 121–132. DOI: 10.20538/1682-0363-2018-2-121-132. – EDN XSJTNB.
3. Горелик, В.В. Новая физкультура в школе: коррекционно-оздоровительное использование физиологических показателей учащихся как маркеров нарушений физического развития и здоровья / В.В. Горелик, С.Н. Филиппова // Человек. Спорт. Медицина. – 2019. – Т. 19, № 1. – С. 42–49. DOI: 10.14529/hsm190106.
4. Ермакова, И. В. Физическое развитие, компонентный состав тела и уровень ДГЭА у детей 9–15 лет в период полового созревания / И.В. Ермакова, Т.И. Буряя, Н.Б. Сельверова // Новые исследования. – 2013. – № 1 (34). – С. 102–111.
5. Информированность и отношение подростков к здоровому образу жизни / О.М. Филькина, О.Ю. Кочерова, А.И. Малышкина и др. // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2022. – Т. 30, № 1. – С. 33–38. DOI: 10.32687/0869-866X-2022-30-1-33-38
6. Литвицкий, П.Ф. Патология эндокринной системы. Этиология и патогенез эндокринопатий: нарушения функций щитовидной и паращитовидных желез / П.Ф. Литвицкий // Вопросы соврем. педиатрии. – 2012. – Т. 11, № 1. – С. 61–75.
7. Некоторые аспекты результатов биоимпедансного анализа в рамках ретроспективного лонгитудинального исследования детей школьного возраста г. Смоленска / В.В. Бекезин, Т.В. Дружинина, О.В. Пересецкая и др. // Вестник Смоленской гос. мед. академии. – 2019. – Т. 18, № 3. – С. 183–188. EDN YAPXNM.
8. Николаев, Д.В. Лекции по биоимпедансному анализу состава тела человека / Д.В. Николаев, С.П. Щелькалина. – М.: РИО ЦНИИОИЗ МЗ РФ, 2016. – 152 с.
9. Ожирение и половое развитие: эпидемиологическое исследование детей и подростков Московского региона / И.И. Дедов, Г.А. Мельниченко, Т.В. Чеботникова и др. // Ожирение и метаболизм. – 2006. – Т. 3, № 3. – С. 14–20.
10. Распространенность избыточной массы тела и ожирения у детей / А.Н. Мартинчик, К.Э. Лайкам, Н.А. Козырева и др. // Вопросы питания. – 2022. – Т. 91, № 3 (541). – С. 64–72. DOI: 10.33029/0042-8833-2022-91-3-64-72
11. Стародубов, В.И. О половом диморфизме роста-весовых показателей и состава тела российских детей и подростков в возрасте 5–18 лет: результаты массового популяционного скрининга / В.И. Стародубов, А.А. Мельников, С.Г. Руднев // Вестник Рос. акад. мед. наук. – 2017. – Т. 72, № 2. – С. 134–142. DOI: 10.15690/vramn758
12. Устинкина, Т.И. Современные представления о нарушениях половой дифференцировки / Т.И. Устинкина, С.Б. Шустов // Проблемы эндокринологии. – 2010. – Т. 56, № 1. – С. 57–62.
13. Accuracy and reliability of the InBody 270 multi-frequency body composition analyser in 10–12-year-old children / M.N. Larsen, P. Krustrup, S. Araújo Póvoas, C. Castagna // PLoS One. – 2021. – Vol. 16, No. 3. – e0247362. DOI: 10.1371/journal
14. Body Composition and Anthropometric Indicators in Children and Adolescents 6–15 Years Old / M. Kobylińska, K. Antosik, A. Decyk et al. // Int J Environ Res Public Health. – 2022. – Vol. 19, No. 18. – P. 11591. DOI: 10.3390/ijerph191811591
15. Diagnostic performance of body mass index to identify obesity as defined by body adiposity in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis / A. Javed, M. Jumean, M.H. Murad et al. // Pediatr Obes. – 2015. – Vol. 10, No. 3. – P. 234–244. DOI: 10.1111/ijpo.242
16. The contribution of fat and fat-free tissue to body mass index in contemporary children and the reference child / J.C. Wells, W.A. Coward, T.J. Cole, P.S. Davies // Int J Obes Relat Metab Disord. – 2002. – Vol. 26, No. 10. – P. 1323–1328. DOI: 10.1038/sj.ijo.0802077

References

1. Gerasimchik O.A., Girsh Y.V. [Compositional Composition of the Body in Obese Children and Adolescents]. *Translyatsionnaya meditsina* [Translational Medicine], 2019, vol. 6, no. 1, pp. 51–57. (in Russ.) DOI: 10.18705/2311-4495-2019-6-1-51-57
2. Girsh Ya.V., Gerasimchik O.A. [The Role and Place of Bioimpedance Analysis Assessment of Body Composition of Children and Adolescents with Different Body Mass]. *Byulleten' sibirskoy meditsiny* [Bulletin of Siberian Medicine], 2018, vol. 17, no. 2, pp. 121–132. (in Russ.) DOI: 10.20538/1682-0363-2018-2-121-132
3. Gorelik V.V., Filippova S.N. New Physical Culture in School. Correctional and Health-Improving Use of Physiological Indicators of Students as Markers of Physical Development and Health Disorders. *Human. Sport. Medicine*, 2019, no. 19 (1), pp. 42–49. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm190106
4. Ermakova I.V., Buraya T.I., Sel'verova N.B. [Physical Development, the Component Composition of the Body and the Level of DHEA in Children 9–15 Years of Age During Puberty]. *Novye issledovaniya* [New Research], 2013, vol. 1, no. 34, pp. 102–111. (in Russ.)
5. Filkina O.M., Kocherova O.Yu., Malyshkina A.I. et al. [The Awareness and Attitude of Adolescents Concerning Healthy Life-style. Problems of Social Hygiene, Health Care and History of Medicine]. *Problemi socialnoy gigiyeni, zdravookhraneniya i istorii meditsiny* [Problems of Social Hygiene, Public Health and History of Medicine], 2022, vol. 30, no. 1, pp. 33–38. (in Russ.) DOI: 10.32687/0869-866X-2022-30-1-33-38
6. Litvitskii P.F. [Etiology and Pathogenesis of Endocrinopathy. Dysfunction of Thyroid and Parathyroid Glands]. *Voprosy sovremennoy pediatrii* [Current Pediatrics], 2012, vol. 11, no. 1, pp. 61–75. (in Russ.) DOI: 10.15690/vsp.v11i1.134
7. Bekezin V.V., Druzhinina T.V., Peresetskaya O.V. et al. [Some Aspects of Results of Bioimpedance Analysis within the Retrospective Longitudinal Study of Children of School Agency of Smolensk]. *Vestnik Smolenskoj gosudarstvennoy meditsinskoy akademii* [Vestnik of the Smolensk State Medical Academy], 2019, no. 3, pp. 183–188. (in Russ.)
8. Nikolaev D.V., Shchelykalina S.P. *Lektsii po bioimpedansnomu analizu sostava tela cheloveka* [Lectures on Bioimpedance Analysis of Human Body Composition]. Moscow, RIO TsNII OIZ Ministry of Health of the Russian Federation Publ., 2016. 152 p.
9. Dedov I.I., Mel'nichenko G.A., Chebotnikova T.V. et al. [Obesity and Sexual Development. An Epidemiological Study of Children and Adolescents in the Moscow Region]. *Ozhirenie i metabolism* [Obesity and Metabolism], 2006, vol. 3, no. 3, pp. 14–20. (in Russ.) DOI: 10.14341/2071-8713-5258
10. Martinchik A.N., Laikam K.E., Kozyreva N.A. et al. [Prevalence of Overweight and Obesity in Children]. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition], 2022, vol. 91, no. 3, pp. 64–72. (in Russ.) DOI: 10.33029/0042-8833-2022-91-3-64-72
11. Starodubov V.I., Melnikov A.A., Rudnev S.G. [Sexual Dimorphism of Height-Weight Indices and Body Composition in Russian Children and Adolescents Aged 5–18 Years: The Results of Mass Population Screening]. *Vestnik Rossijskoj akademii meditsinskikh nauk* [Annals of the Russian Academy of Medical Sciences], 2017, vol. 72, no. 2, pp. 134–142. (in Russ.) DOI: 10.15690/vramn758
12. Ustinkina T.I., Shustov S.B. [Current Concepts of Disturbed Sexual Differentiation]. *Problemy endokrinologii* [Problems of Endocrinology], 2010, vol. 56, no. 1, pp. 57–62. (in Russ.) DOI: 10.14341/probl201056157-62
13. Larsen M.N., Krstrup P., Araújo Póvoas S., Castagna C. Accuracy and Reliability of the InBody 270 Multi-frequency Body Composition Analyser in 10-12-year-old Children. *PLoS One*, 2021, vol. 16, no. 3. e0247362. DOI: 10.1371/journal
14. Kobylińska M., Antosik K., Decyk A. et al. Body Composition and Anthropometric Indicators in Children and Adolescents 6–15 Years Old. *International Journal Environment Research Public Healthcare*, 2022, vol. 19, no. 18, p. 11591. DOI: 10.3390/ijerph191811591
15. Javed A., Jumean M., Murad M.H. et al. Diagnostic Performance of Body Mass Index to Identify Obesity as Defined by Body Adiposity in Children and Adolescents: a Systematic Review and Meta-analysis. *Pediatric Obesity*, 2015, vol. 10, no. 3, pp. 234–244. DOI: 10.1111/ijpo.242
16. Wells J.C., Coward W.A., Cole T.J., Davies P.S. The Contribution of Fat and Fat-free Tissue to Body Mass Index in Contemporary Children and the Reference Child. *International Journal Obesity Relat Metab Disord.*, 2002, vol. 26, no. 10, pp. 1323–1328. DOI: 10.1038/sj.ijo.0802077

Информация об авторах

Штина Ирина Евгеньевна, кандидат медицинских наук, заведующая лабораторией комплексных проблем здоровья детей с клинической группой, Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Пермь, Россия.

Устинова Ольга Юрьевна, доктор медицинских наук, заместитель директора по лечебной работе, Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Пермь, Россия.

Валина Светлана Леонидовна, кандидат медицинских наук, заведующая отделом гигиены детей и подростков, Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Пермь, Россия.

Тренина Марина Петровна, врач эндокринолог детский, Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Пермь, Россия.

Information about the authors

Irina E. Shtina, Candidate of Medical Sciences, Head of the Laboratory for Complex Disorders in Clinical Group Children, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, Russia.

Olga Yu. Ustinova, Doctor of Medical Sciences, Deputy Director for Clinical Work, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, Russia.

Svetlana L. Valina, Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Child and Adolescent Hygiene, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, Russia.

Marina P. Tronina, pediatric endocrinologist, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, Russia.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 24.03.2024

The article was submitted 24.03.2024

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗМА ДЗЮДОИСТОВ 18–22 ЛЕТ

А.С. Ушаков, ushakovas74@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7591-3678>
Ю.Б. Кораблева, julya-74@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2337-3531>
Е.А. Черепов, cherepovea@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8469-9741>
К.А. Нечепуренко, nechepurenkoka@susu.ru, <https://orcid.org/0009-0003-5135-8117>
А.Э. Ямалутдинова, iamalutdinovaae@susu.ru, <https://orcid.org/0009-0002-3242-1590>
Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

Аннотация. Цель: научно обосновать и интерпретировать звенья специальных функциональных систем (СФС), фазового анализа, долговременной адаптации, механизмов, индикаторов интегральных рейтинговых показателей, спортивной результативности. **Материалы и методы.** Обследовались спортсмены спортивных противоборств в возрасте 18–22 лет, спортивной квалификации КМС, МС, МСМК (n = 10). Регистрация центральной и периферической гемодинамики осуществлялась на компьютерной системе «Кентавр» фирмы «Микролюкс» (Россия), состав тела – на аппарате Tanita BC-418 (Япония), постуральный баланс – на стабилметрической системе фирмы «МБН» (Россия), динамика функционального состояния дыхательной и системы кровообращения – на диагностической аппаратуре SCHILLER (Швейцария), оценка крови, кардиопульмональной системы, газообмена, метаболического состояния – на системном анализаторе «АМП» (Украина). **Результаты.** Получены характеристики постуральной системы, сегментарного анализа состава тела, кардиопульмональной системы, регуляции показателей центральной гемодинамики. **Заключение.** Программа СФС в процессе долговременной адаптации последовательно изменяется, появляются новые показатели после фаз пиковой адаптации. Множество факторов обуславливают успешность результативности: изменяющаяся адаптоспособность, перетренированность, нарушения и уровень здоровья спортсменов.

Ключевые слова: специальные функциональные системы, дзюдо, моделирование, состав тела, иммунитет

Для цитирования: Специальные функциональные системы организма дзюдоистов 18–22 лет / А.С. Ушаков, Ю.Б. Кораблева, Е.А. Черепов и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 4. С. 73–82. DOI: 10.14529/hsm240409

Original article
DOI: 10.14529/hsm240409

SPECIAL FUNCTIONAL SYSTEMS IN JUDO ATHLETES 18–22 YEARS OF AGE

A.S. Ushakov, ushakovas74@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7591-3678>
Yu.B. Korableva, julya-74@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2337-3531>
E.A. Cherepov, cherepovea@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8469-9741>
K.A. Nechepurenko, nechepurenkoka@susu.ru, <https://orcid.org/0009-0003-5135-8117>
A.E. Yamalutdinova, amalutdinovaae@susu.ru, <https://orcid.org/0009-0002-3242-1590>
South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Abstract. Aim. This study examines special functional systems (SFSs), phase analysis, long-term adaptation, mechanisms, and integral indicators associated with athletic performance. **Materials and methods.** The study involved 18–22-year-old judo athletes (n = 10) with varying skill levels. Central and peripheral hemodynamics were evaluated using the Centaur system (Microlux, Russia). Body composition analysis was conducted with Tanita BC-418 (Japan). Postural measurements were obtained with the MBN stabilometric system (Russia). Respiratory and circulatory systems were evaluated using SCHILLER diagnostic

equipment (Switzerland). Blood, the cardiopulmonary system, gas exchange, and metabolic measurements were performed with the AMP analyzer system (Ukraine). **Results.** Key findings include postural system parameters, segmental body composition analysis, cardiopulmonary data, and hemodynamic measurements. **Conclusion.** Our data suggest that SFSs undergo changes during long-term adaptation, with new parameters emerging following periods of peak adaptation. Performance-associated factors include adaptability, over-training, health status, and various physiological parameters.

Keywords: special functional systems, judo, modeling, body composition, immunity

For citation: Ushakov A.S., Korableva Yu.B., Cherepov E.A., Nechepurenko K.A., Yamalutdinova A.E. Special functional systems in judo athletes 18–22 years of age. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(4):73–82. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240409

Введение. Модель современного спорта-смена позволяет рассматривать иерархию и интеграцию двигательной, нервной, кровеносной и иммунной систем, костной, жировой и соединительной ткани, обуславливающей интегративные процессы [3, 5–7]. Механизмы универсальной деятельности клеток, органов и соединительной ткани имеют общие функции: транспортные, познавательные, барьерные, управляющие, создаваемые от физиологических реакций, и не гарантируют устойчивость и надежность развития [1, 2].

Материалы и методы. Обследовались спортсмены-дзюдоисты в возрасте 18–22 лет, спортивной квалификации КМС, МС, МСМК ($n = 10$). Исследование проводилось в олимпийских циклах в ЦОП по дзюдо. Регистрация центральной и периферической гемодинамики осуществлялась на компьютерной системе «Кентавр» фирмы «Микролюкс», состав тела – на аппарате Tanita BC-418, постуральный контроль – на стабилметрической системе фирмы «МБН», динамика функционального состояния дыхательной и системы кровообращения – на диагностической аппаратуре SCHILLER, оценка крови, кардиопульмональной системы, газообмена, метаболического состояния – на системном анализаторе АМП. Математико-статистическая обработка материала проводилась на основе анализа данных SPSS-15.

Результаты исследования. Иммунологическая резистентность борцов разных весовых категорий в олимпийском цикле подготовки выявила колебания референтных границ в зависимости от вариабельности мощности нагрузок по годам совершенствования. Индекс адекватного напряжения белой крови вариативно уменьшался и вырос на 4-м году ($p \leq 0,01–0,001$), а лизосомальная активность лимфоцитов повышалась к 3-му году ($p \leq 0,01$) и снижалась на 4-м ($p \leq 0,01–0,05$).

Изменялась НСТ-активность ($p \leq 0,001$),

JgG ($p \leq 0,001$), JgM ($p \leq 0,01$ и $0,001$). На 3–4-м году повышалось содержание нейтрофилов ($p \leq 0,001$ и $0,01$), индекс адаптивного напряжения – на 4-м, лизосомальная активность нейтрофилов и моноцитов – на 3–4-м году ($p \leq 0,01$), JgA – на 4-м, JgM – на 3-м году. Наблюдалась средней силы корреляции между НСТ-тест макрофагами и моноцитами ($r = 0,68$, $p \leq 0,05$), JgA и ЛАН ($r = -0,62$, $p \leq 0,05$), JgA и диастолическим давлением ($r = -0,59$, $p \leq 0,05$), активностью фагоцитоза моноцитов и нейтрофилов ($r = 0,50$, $p \leq 0,05$), JgG и АФН, лизосомальной активностью нейтрофилов ($r = 0,43$, $p \leq 0,05$), JgA и пиком гемолиза ($r = -0,49$, $p \leq 0,05$), лизосомальной активностью и перекисным окислением липидов ($r = 0,40$, $p \leq 0,05$).

Интегральная оценка внутри- и межсистемных связей свидетельствует о механизмах совокупных, критериальных вкладов звеньев специальной функциональной системы (СФС). Структура иммунного статуса в годовом блоке спортивной подготовки выявила рейтинговые показатели НСТ-нейтрофилов в октябре, марте, феврале, мае, зависящие от уровня социально значимых соревнований и успешности спортивной результативности. Нагрузки недельного цикла подготовки активизировали гуморальные звенья Нф и ингибировали клеточный иммунитет ($p \leq 0,01–0,05$).

Сравнение показателей интенсивности фагоцитоза моноцитов в двухнедельном и однедельном циклах обнаружило повышение ($p \leq 0,001$), после двух недель повышение составило $p \leq 0,01$. При этом ЛАМ после двух недель ударной тренировки выросло от 163–165 до микроциклов 296 у. е. ($p \leq 0,001$). Содержание β -клеток до и после цикла снижалось ($p \leq 0,05–0,01$), JgM достоверно выросло ($p \leq 0,001$).

Вариабельность показателей ИР зависит от мощности применяемых ДД и весовых категорий спортсменов [8–10]. Наибольшее

напряжение звеньев ИР было у представителей легкого и среднего веса, наименьшее – у тяжеловесов. В условиях олимпийского цикла к 3–4-му году показатели системы крови ИР приобрели референтные границы. «Расшатывание» гуморального иммунитета было на втором году цикла [4, 11–13].

Дозирование нагрузки на тредмиле для проверки силовой выносливости приводили к достоверному снижению нейтрофильных лейкоцитов ($p \leq 0,001$), липидов – с $2,00 \pm 0,07$ до $2,40$, пероксидозной и фосфатазной активности – с $1,95 \pm 0,17$ до $2,06 \pm 0,19$ и с $1,94 \pm 0,18$ до $2,00 \pm 0,21$. Корреляции между активностью фагоцитов и щелочной фосфатазы были 0,60 и содержанием ДНК – 0,51, между глюкогеном и липидами – 0,50, пероксидазой и щелочной фосфатазой – 0,46, нуклеиновыми кислотами ДНК – 0,57 и РНК – –0,47. Длительная система формирует ИР.

В табл. 1 приведены значения компонентного состава тела, конечностей дзюдоистов высшей квалификации в возрасте 18–22 лет.

Сравнение показателей компонентного состава тела и его частей свидетельствует о специализированной СФС с ее динамичными,

корректирующими, морфофункциональными и энергообеспечивающими функциями. Компоненты тела, конечностей обуславливают осанку, стойку, оказывают влияние на проявление двигательных качеств, факторы SKU и совокупно действуют на звенья СФС, которые интегративно обеспечивают морфофункциональные, молекулярно-клеточные, психофизиологические, психомоторные, управляющие и регулирующие ДД. Профильная асимметрия проявлялась на недостоверном уровне, и поэтому дифференциация показателей конечностей не проводилась.

В табл. 2 представлены показатели сердечного цикла у дзюдоистов.

В табл. 3 представлены показатели постурологического контроля дзюдоистов.

Постурологический контроль обусловил портретные характеристики ОДА, стойки, способности, неустойчивости, стабильности, смещение максимума спектра в плоскостях, изменений частоты колебаний ОЦД. При депривации зрения произошло существенное усиление позотонических спинальных рефлексов, мышечных рецепторов, профильной асимметрии, снижение колебательной актив-

Таблица 1
Table 1

Компонентный состав тела и конечностей у дзюдоистов
в конце базового блока подготовки (M ± m)
Body composition in judo athletes at the end of general preparation (M ± m)

Верхние конечности: жир%, жир кг, масса без жира кг, мышцы кг Upper limbs: fat%, fat kg, fat-free mass kg, muscle mass kg	Нижние конечности: жир%, жир кг, масса без жира кг, мышцы кг Lower limbs: fat%, fat kg, fat-free mass kg, muscle mass kg	Туловище: жир%, жир кг, масса без жира кг, мышцы кг Trunk: fat%, fat kg, fat-free mass kg, muscle mass kg
Дзюдоисты (девушки) Female judo athletes		
10,98 ± 0,78; 0,39 ± 0,09; 3,98 ± 0,28; 3,99 ± 0,07	14,58 ± 0,96; 2,76 ± 0,18; 11,02 ± 0,16; 10,66 ± 0,12	11,98 ± 0,79; 4,67 ± 0,40; 32,12 ± 1,14; 30,32 ± 0,30
Дзюдоисты (юноши) Male judo athletes		
10,59 ± 1,26; 0,84 ± 0,07; 3,30 ± 0,27; 3,12 ± 0,05	12,28 ± 1,94; 3,02 ± 0,28; 12,58 ± 0,57; 12,14 ± 0,56	10,62 ± 0,98; 3,80 ± 0,58; 36,14 ± 1,20; 34,22 ± 1,40

Таблица 2
Table 2

Показатели ЭКГ у дзюдоистов
ECG measurements in judo athletes

Сердечный цикл Cardiac cycle	PQ	QRS	QT
Дзюдоисты (девушки) / Female judo athletes			
0,79 ± 0,06	0,16 ± 0,001	0,08 ± 0,002	0,38 ± 0,002
Дзюдоисты (юноши) / Male judo athletes			
0,96 ± 0,06	0,18 ± 0,002	0,09 ± 0,002	0,36 ± 0,01

Показатели постурологического контроля дзюдоистов (M ± m)
Postural measurements in judo athletes (M ± m)

Показатель Parameter	ОС ГО TS EO	ПГЛ ГО HL EO	ПГП ГО HR EO	ОС ГЗ TS EC	ПГЛ ГЗ HL EC	ПГП ГЗ HR EC
Скорость ОЦД, мм/с CoP velocity, mm/s	14,34 ± 1,70	14,62 ± 1,68	15,20 ± 1,70	18,30 ± 1,89	18,76 ± 1,72	18,10 ± 1,52
Уровень 60 % мощности спектра во фронтальной плоскости, Гц 60% power spectra in the frontal plane, Hz	0,70 ± 0,08	0,54 ± 0,07	0,55 ± 0,09	0,50 ± 0,06	0,46 ± 0,08	0,40 ± 0,04
Уровень 60 % мощности спектра в сагиттальной плоскости, Гц 60% power spectra in the sagittal plane, Hz	0,45 ± 0,07	0,65 ± 0,14	0,53 ± 0,09	0,40 ± 0,04	0,50 ± 0,09	1,00 ± 0,06
Площадь статокинезиограммы, мм ² Ellipse area, mm ²	98,62 ± 8,67	84,32 ± 6,98	76,25 ± 6,39	132,20 ± 8,13	123,60 ± 1,58	136,98 ± 2,46
Уровень 60 % мощности спектра по вертикальной составляющей, Гц 60% power spectra for the vertical component, Hz	6,20 ± 0,30	6,40 ± 0,32	6,50 ± 0,43	6,27 ± 0,46	6,40 ± 0,40	6,45 ± 0,32
Показатель стабильности, % Stability indicator, %	93,00 ± 1,20	93,46 ± 0,44	93,48 ± 0,52	94,27 ± 0,62	92,24 ± 0,70	98,50 ± 0,82
Индекс устойчивости, у. е. Stability index, c. u.	32,01 ± 2,86	36,00 ± 2,02	30,16 ± 2,44	24,60 ± 2,05	24,32 ± 2,08	24,36 ± 2,10
Динамический компонент равновесия, у. е. Dynamic balance index, c. u.	67,59 ± 2,98	68,72 ± 2,42	64,24 ± 2,49	75,21 ± 2,05	75,28 ± 2,09	75,29 ± 2,10
Среднее положение ОЦД во фронтальной плоскости, мм Mean CoP location in the frontal plane, mm	2,49 ± 1,12	-0,87 ± 1,14	4,04 ± 2,14	1,92 ± 1,08	-0,78 ± 1,97	0,98 ± 1,37
Среднее положение ОЦД в сагиттальной плоскости, мм Mean CoP location in the sagittal plane, mm	-2,87 ± 6,12	-2,19 ± 4,30	-5,64 ± 4,20	-4,32 ± 6,12	-6,19 ± 5,72	-6,14 ± 5,17

Примечание: ОЦД – общий центр давления, ОС – основная стойка, ГО – глаза открыты, ПГП – поворот головы вправо, ПГЛ – поворот головы влево, ГЗ – глаза закрыты.

Note: CoP – center of pressure, TS – two-legged stance, EO – eyes open, HL – head turn to left, HR – head turn to right, EC – eyes closed.

ности проприорецепторов, мотонейронов при закрытых глазах.

Рассматривая относительные веса скоростно-силовых способностей дзюдоистов высокой и высшей квалификации, выявили их увеличение (табл. 4).

Исходя из динамики ДД гравитационного и баллистического вектора действия, можно судить о повышении скоростно-силовых показателей общемоторного и специального характера с изменением возрастных, квалификационных значений [14–18]. Относительная стабилизация показателей выявилась в возрасте 22 лет. Темпы прироста относительных

показателей общемоторного свойства по годам соответственно 0,063; 0,028; 0,022, специальных – 0,090; 0,065; 0,059. Эти данные свидетельствуют о больших темпах изменений специальных качеств над общемоторными. Эти показатели соответствуют отношениям в системе спортивной подготовки. В период тестирующих тренировок, специальных тестов, дней борьбы контрольных соревнований ЧСС и САД соответственно варьировали в диапазонах 155–165 уд./мин и 140–145 мм рт. ст.; 175–185 уд./мин, 150–160 мм рт. ст.; 186–192 уд./мин, 165–170 мм рт. ст.; 180–190 уд./мин, 170–175 мм рт. ст.

Таблица 4
Table 4

Относительные весовые коэффициенты
спортивно-силовых двигательных действий дзюдоистов
Relative weight coefficients of strength actions in judo athletes

Параметры и коэффициенты Parameter and coefficient	Возраст (лет), спортивная квалификация Age (years), level of skills		
	18–19, КМС, МС / CMS, MS	20–21, МС / MS	22–25, МСМК / MSIC
Бег 30 м, с / 30-m sprint time, s	0,171	0,175	0,180
Прыжок в длину с места / Standing long jump	0,177	0,179	0,188
Подъем ног на перекладине (20 с) Hanging leg raise (20 s)	0,184	0,190	0,192
Количество подтягиваний (20 с) / Pull-ups (20 s)	0,187	0,204	0,209
Усилие при броске руками / Hand throw force	0,198	0,227	0,240
Усилие при броске ногами / Leg throw force	0,201	0,237	0,274
Время выполнения броска передней подножкой (с) Single leg takedown time (s)	0,89	0,72	0,72

Таблица 5
Table 5

Структура звеньев иммунологической резистентности
дзюдоистов в годовом цикле
Immunological resistance of judo athletes in the annual cycle

Показатели Parameter	Низкие Low	Ниже средних Below average	Средние Average	Выше средних Above average	Высокие High
Нитросиний тетразолий нейтрофилов Neutrophil nitroblue tetrazolium	26,20 ± 2,89	15,02 ± 1,92	32,00 ± 3,02	15,00 ± 2,36	14,00 ± 2,03
Лизосомальная активность нейтрофилов Neutrophil lysosomal activity	36,00 ± 2,72	8,06 ± 0,94	19,02 ± 2,13	20,20 ± 2,14	18,00 ± 2,02
Нитросиний тетразолий моноцитов Monocyte nitroblue tetrazolium	8,00 ± 0,96	22,24 ± 2,98	22,26 ± 2,24	33,36 ± 3,17	14,46 ± 2,14
Лизосомальная активность моноцитов Monocyte lysosomal activity	11,24 ± 0,98	36,00 ± 3,86	24,00 ± 2,47	16,00 ± 2,54	14,00 ± 1,98

Коэффициенты соревновательной деятельности дзюдоистов равнялись: надежность атак стоя – $4,20 \pm 0,75$ у.е.; объем техники стоя – $1,65 \pm 0,59$ у.е.; надежность атаки лежа – $0,75 \pm 0,10$ у.е.; надежность защиты стоя (НЗС) – $6,45 \pm 0,97$ у.е.; надежность защиты лежа – $0,98 \pm 0,24$ у.е. Корреляции между рангом спортивного мастерства и НЗС – 0,58; бросков и прессинга – 0,86, тонусом больших грудных мышц – 0,90, прессингом – 0,87, бицепсом – 0,75, ретикулоцитами – 0,80, массой тела – 0,67, трицепсом – 0,62, эозинофилами – 0,52, длиной тела – 0,48, дыхательным объемом – 0,45, КФК – 0,43.

Расчет РСМ по многомерной регрессионной модели (МРМ) дзюдоистов выявил звенья гуморального звена ИР, массу тела, диастоли-

ческого АД, скорость распространения пульсовой волны в артериях мышечного и эластического типов, коэффициент НЗС, время бросков, моторный период реакций и ошибок РДО.

Исследования, проведенные на заключительных этапах подготовки к социально значимым стартам дзюдоистов, выявили модельный выход молекулярно-клеточных показателей средних молекул, выход за нижние референтные границы контроля. Наблюдалось повышение показателей ПОЛ, КФК, свидетельствующих о напряжении звеньев СФС. Нами разработаны модельные классы определенных звеньев ИР (табл. 5).

Шкалы звеньев ИР являются ориентировочными для установления референтных границ. Представляем звенья клеточного и гумо-

рального иммунитета дзюдоистов в базовых блоках подготовки к социально значимым соревнованиям (табл. 6).

Из табл. 6 следует, что «расшатывание» ИР было в содержании β -клеток, Т-клетки вошли в референтные границы в III блоке, IgA – во II, IgG – в I–III, IgM – в III. Напряжение ИР возникало в условиях тестирующих трениро-

вок, «дней борьбы» и требовало иммунокоррекции для поддержания референтных границ динамичной СФС спортсменов. Перестройки наблюдались в звеньях клеточного и гуморального иммунитета. Пролиферация клеток проявлялась к III блоку, IgA – ко II, IgG – к III.

Нами разработана шкала оценки ИР у высококвалифицированных дзюдоистов (табл. 7).

Таблица 6
Table 6

Динамика иммунологической резистентности борцов
Dynamics of immunological resistance in wrestlers

Блоки подготовки Training phases	β -лимфоциты / Lymphocytes, %	Т-лимфоциты / Lymphocytes, %	Иммуноглобулин / Immunoglobulin A (IgA)	Иммуноглобулин / Immunoglobulin G (IgG)	Иммуноглобулин / Immunoglobulin M (IgM)
Специально-подготовительный, заключительный этап чемпионата РФ, I Specific preparation, Russian Championship I Final Stage	2,90 ± 0,62	22,00 ± 3,14	150,00 ± 3,28	123,00 ± 2,01	135,39 ± 2,94
Заключительный этап чемпионата Европы, II European Championship II Final Stage	2,60 ± 0,44	23,43 ± 3,26	127,20 ± 3,96	255,00 ± 6,00	196,00 ± 4,71
Международные турниры, III International Tournaments III	4,10 ± 0,76	33,30 ± 3,76	143,27 ± 3,60	116,27 ± 2,34	116,00 ± 3,26
Контроль, диапазон Control, range	10–24	30–60	90–130	120–170	80–120

Таблица 7
Table 7

Шкала оценки иммунитета дзюдоистов высокой и высшей квалификации
Immunity assessment in skilled and elite judo athletes

Показатель Parameter	Низкие Low < 1,5	Ниже средних Below average 0,51–1,50	Модельные Model 0,50	Выше модельных Above average 0,51–1,50	Высокие High, > 1,51
Активность фагоцитоза Нф, % Phagocytic activity of Nph, %	35,00	36–54	55–75	76–95	96,60
Интенсивность фагоцитоза Нф, у. е. Phagocytic intensity of Nph, c. u.	21,00	22–200	101–380	381–560	561,00
Абсолютный показатель фагоцитоза Нф, 10 ⁹ л Absolute phagocytosis of Nph, 10 ⁹ l	0,81	0,82–3,13	3,14–5,49	5,50–7,83	7,84
Лизосомальная активность Нф, у. е. Lysosomal activity of Nph, c. u.	376,00	377–499	500–624	625–748	749,00
Нитросиний тетразолий Нф, % Nph nitroblue tetrazolium, %	46,00	47–59	60–73	74–87	88,00
Спонтанная хемилюминесценция Нф, импульс / мин Spontaneous chemiluminescence of Nph, impulse / min	1750,00	1750–10730	10731–63900	65901–405000	405000

Окончание табл. 7
Table 7 (end)

Показатель Parameter	Низкие Low < 1,5	Ниже средних Below average 0,51–1,50	Модельные Model 0,50	Выше модельных Above average 0,51–1,50	Высокие High, > 1,51
Индукцированная хемилюминесценция, отн. ед. Induced chemiluminescence, rel. u.	7,00	7,00–40,00	40,10–231,20	231,30–1332,40	1339,40
Абсолютная хемилюминесценция, 10 ⁹ мл / мин Absolute chemiluminescence, 10 ⁹ ml / min	0,18	0,19–0,96	0,97–5,16	5,17–27,49	27,50
Активность фагоцитоза Мн, % Phagocytic activity of Monocytes, %	15,00	16–39	40–64	65–89	90,00
Интенсивность фагоцитоза Мн, у. е. Phagocytic intensity of Monocytes, c. u.	30,00	31–98	99–167	168–235	236,00
Абсолютный показатель фагоцитоза моноцитов, 10 ⁹ л Phagocytic activity of monocytes, 10 ⁹ l	0,02	0,03–0,22	0,23–0,43	0,44–0,64	0,68
Лизосомальная активность Мн, у. е. Lysosomal activity of monocytes, c. u.	26,00	27–97	98–169	170–241	242,00
Нитросиний тетразолий Мн, % Monocyte nitroblue tetrazolium, %	11,00	12–32	33–55	56–78	79,00
Т-лимфоциты / lymphocytes, %	7,00	8–15	16–24	25–33	34,00
Т-лимфоциты / lymphocytes, 10 ⁹ л / л	0,10	0,11–0,36	0,37–0,63	0,64–0,90	0,91
В-лимфоциты / lymphocytes	1,00	2–3	4–5	6–7	8,00
В-клетки / cells, 10 ⁹ л / л	0,01	0,02	0,05–0,09	0,10–0,13	0,14
IgA, ME / мл IU / ml	116,00	117–163	134–151	152–169	170,00
IgG, ME / мл IU / ml	98,00	98–114	115–133	134–150	151,00
IgM, ME / мл IU / ml	105	106–130	131–166	157–182	183

Интегральная оценка ИР с помощью пятибалльной шкалы позволяет определить функциональное и метаболическое состояние у дзюдоистов и своевременно вносить иммуннокоррекцию питания, режима ДД, особенности вегетативного статуса, психофизиологического, ферментативного, энергетического состояния, эндокринной деятельности звеньев СФС. Выборки дзюдоистов при формировании шкал ИР проводились в течение двухлинейных циклов в ЦОП и сборной РФ.

Электронистагмографическая (ЭНГ) регистрация вестибулярного и оптокинетического нистагма при изолированном раздражении угловыми ускорениями и оптокинетическими стимуляциями, а также в «режиме суммации» позволила получить дополнительные данные о состоянии вестибулярного анализатора и глазодвигательной функции у спортсменов. Так, при оптокинетической стимуляции 1,75 Гц в 70,80–87,00 % случаев

отмечено увеличение частоты оптокинетического нистагма, а при стимуляциях 3,5 Гц, наоборот, превалировало снижение частоты оптокинетического нистагма (68–84 %).

Закключение. Саморегуляция в условиях эффективной и пиковой фаз адаптации приводит СФС до внешнего уровня управления и регуляции. На высоком уровне звенья СФС направлены на централизацию управления, рассогласования компонентов СКУ, ЭНГ, снижение связей между соматическими, сенсомоторными и вегетативными реакциями. На среднем уровне – механизм адаптации СФС в корковые зоны снижается и снижается уровень управления СКУ, происходит ингибирование вегетативных и сенсомоторных реакций, наблюдается десинхронизация СФС. На низком уровне чрезмерно повышаются вегетативные реакции, сдвиги СКУ, что приводит совокупно к утрате СФС, необходимости рекреаций и формирования новой СФС.

Список литературы

1. Влияние пострурального баланса на изменение ритма и проводимости сердца у пловцов / Ю.Б. Кораблева, В.В. Епишев, В.А. Бычковских и др. // *Человек. Спорт. Медицина.* – 2019. – Т. 19, № S2. – С. 37–44. DOI: 10.14529/hsm19s205
2. Запредельные реакции, резервные возможности, шкалы и персональные характеристики функциональной системы подростков-спортсменов / А.В. Шевцов, Д.О. Малеев, А.П. Исаев, Ю.Б. Кораблева // *Человек. Спорт. Медицина.* – 2020. – Т. 20, № S2. – С. 7–12.
3. Интегральная оценка резервов организма лыжников-гонщиков, концентрированно развивающих локально-региональную мышечную выносливость, статокINETическую и устойчивость к гипоксии / Д.О. Малеев, А.П. Исаев, Ю.А. Петрова и др. // *Человек. Спорт. Медицина.* – 2020. – Т. 20, № 1. – С. 43–51. DOI: 10.14529/hsm200106
4. Лубышева, Л.И. Обоснование эффективности проектирования здоровьесформирующего образовательного пространства школы на основе спортизации физического воспитания / Л.И. Лубышева, Е.А. Черепов // *Человек. Спорт. Медицина.* – 2016. – Т. 16, № 2. – С. 52–61. DOI: 10.14529/hsm160205
5. Развитие механизма сенсорных коррекций у детей с детским церебральным параличом спастической двусторонней формой GMFCS II / И.О. Черепанова, А.В. Ненашева, А.С. Ушаков, А.И. Ненашев // *Человек. Спорт. Медицина.* – 2024. – Т. 24, № 2. – С. 183–188. DOI: 10.14529/hsm240223
6. Развитие мышечной силы женщин-пауэрлифтеров 25–30 лет с использованием миофасциального релиза / О.Б. Ведерникова, А.С. Ушаков, Е.В. Задорина и др. // *Человек. Спорт. Медицина.* – 2023. – Т. 23, № S1. – С. 85–91. DOI 10.14529/hsm23s112
7. Технология проведения занятий по физической культуре со студентами специальной медицинской группы / Е.М. Янчик, К.Б. Щелгачева, А.С. Ушаков и др. // *Человек. Спорт. Медицина.* – 2023. – Т. 23, № 4. – С. 135–144. DOI 10.14529/hsm230417
8. Управляющие и регулирующие механизмы моделей двигательной специальной функциональной системы спортсменов в блоках многолетней подготовки / А.П. Исаев, В.И. Зялин, А.В. Шевцов и др. // *Человек. Спорт. Медицина.* – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 115–126. DOI: 10.14529/hsm210414
9. Физиологические предикторы соревновательной результативности спортсменов высокой квалификации / А.С. Ушаков, Ю.Б. Кораблева, Е.А. Черепов и др. // *Человек. Спорт. Медицина.* – 2024. – Т. 24, № 1. – С. 96–103. DOI: 10.14529/hsm240111
10. Черепов, Е.А. Психолого-педагогическое обоснование понимания спортивной тренировки как потенциального вида ведущей деятельности в подростковом возрасте / Е.А. Черепов, Г.К. Калугина, А.С. Хафизова // *Теория и практика физ. культуры.* – 2019. – № 1. – С. 97–99.
11. Cherepov, E. Effects of modern fitness technologies on physical qualities in students with locomotor disorders / E. Cherepov, V. Epishev, E. Terekhina // *Minerva Ortopedica e Traumatologica.* – 2018. – Vol. 69, No. 3S1. – P. 43–48. DOI: 10.23736/S0394-3410.18.03879-1
12. Comparative analysis of the development of swimming skills in preschoolers depending on their physical fitness / O.B. Vedernikova, A.S. Ushakov, O.V. Melnikova et al. // *Journal of Physical Education and Sport.* – 2021. – Vol. 21, No. 6. – P. 3470–3475. DOI: 10.7752/jpes.2021.06470
13. Erdoğan, R. Examination of the Health Perception Levels of Elite Level Judoists / R. Erdoğan, A. Yıldırak, K. Kavuran // *Balikesir Sağlık Bilimleri Dergisi.* – 2024. – Vol. 13 (2). – P. 240–247. DOI: 10.53424/balikesirsbd.1398800
14. Intergenerational Judo: Synthesising Evidence- and Eminence-Based Knowledge on Judo across Ages / S. Ciaccioni, A. Perazzetti, A. Magnanini et al. // *Sports.* – 2024. – Vol. 12 (7). – P. 177. DOI: 10.3390/sports12070177
15. Rapid weight loss and mood states in judo athletes: A systematic review / Nemanja Lakicevic, Ewan Thomas, Laurie Isacco et al. // *European Review of Applied Psychology.* – 2024. – Vol. 74, Iss. 4, 100933. DOI: 10.1016/j.erap.2023.100933
16. Technical and Tactical Performance of Judo Athletes of the Top National Teams / G. Lech, K. Szczepanik, J. Jaworski, K. Witkowski, T. Pałka // *Journal of Kinesiology and Exercise Sciences.* – 2024. – Vol. 34, Iss. 9–15.

17. The hungarian, latvian, lithuanian, polish, romanian, russian, slovak, and spanish, adaptation of the makarowski's aggression questionnaire for martial arts athletes / R. Makarowski, K. Görner, A. Piotrowski et al. // *Archives of Budo*. – 2021. – Vol. 17. – С. 75–108.

18. Ustoev, A.K. Improving the preparation of judoists 12–15 years old for competitions / A.K. Ustoev, A.O. Saydullayev // *World of Scientific news in Science International Journal*. – 2024. – Vol. 2, No. 4.

References

1. Korableva Yu.B., Epishev V.V., Bychkovskikh V.A. et al. The Influence of Postural Balance on Changes in Heart Rhythm and Conduction in Swimmers. *Human. Sport. Medicine*, 2019, vol. 19, no. S2, pp. 37–44. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm19s205

2. Shevtsov A.V., Maleev D.O., Isaev A.P., Korableva Yu.B. Limit Reactions, Reserve Capacities, Scales and Personal Characteristics of the Functional System of Adolescent Athletes. *Human. Sport. Medicine*, 2020, vol. 20, no. S2, pp. 7–12. (in Russ.)

3. Maleev D.O., Isaev A.P., Petrova Yu.A. et al. Integral Assessment of Body Reserves of Cross-country Skiers, Concentratedly Developing Local-regional Muscular Endurance, Statokinetic and Resistance to Hypoxia. *Human. Sport. Medicine*, 2020, vol. 20, no. 1, pp. 43–51. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm200106

4. Lubysheva L.I., Cherepov E.A. Justification of Effectiveness of a Designed Health-Forming Education Space in School Based on Sportization of Physical Education. *Human. Sport. Medicine*, 2016, vol. 16, no. 2, pp. 52–61. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm160205

5. Cherepanova I.O., Nenasheva A.V., Ushakov A.S., Nenashev A.I. Development of the Mechanism for Sensory Correction in Children with Cerebral Palsy. *Human. Sport. Medicine*, 2024, vol. 24 (2), pp. 183–188. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm240223

6. Vedernikova O.B., Ushakov A.S., Zadorina E.V. et al. Development of Muscle Strength in Female Powerlifters Aged 25–30 Using Myofascial Release. *Human. Sport. Medicine*, 2023, vol. 23, no. S1, pp. 85–91. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm23s112

7. Yanchik E.M., Shchelgacheva K.B., Ushakov A.S. et al. Technology of Conducting Physical Education Classes with Students of a Special Medical Group. *Human. Sport. Medicine*, 2023, vol. 23, no. 4, pp. 135–144. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm230417

8. Isaev A.P., Zalyapin V.I., Shevtsov A.V. et al. Control and Regulatory Mechanisms of Models of the Motor Special Functional System of Athletes in Blocks of Long-term Training. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 4, pp. 115–126. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210414

9. Ushakov A.S., Korableva Yu.B., Cherepov E.A. et al. Physiological Predictors of Competitive Performance of Highly Qualified Athletes. *Human. Sport. Medicine*, 2024, vol. 24, no. 1, pp. 96–103. DOI: 10.14529/hsm240111

10. Cherepov E.A., Kalugina G.K., Khafizova A.S. Psychological and Pedagogical Substantiation of Understanding Sports Training as a Potential Type of Leading Activity in Adolescence. *Theory and Practice of Physical Education*, 2019, no. 1, pp. 97–99. (in Russ.)

11. Cherepov E., Epishev V., Terekhina E. Effects of Modern Fitness Technologies on Physical Qualities in Students with Locomotor Disorders. *Minerva Ortopedica e Traumatologica*, 2018, vol. 69, no. 3S1, pp. 43–48. DOI: 10.23736/S0394-3410.18.03879-1

12. Vedernikova O.B., Ushakov A.S., Melnikova O.V. et al. Comparative Analysis of the Development of Swimming Skills in Preschoolers Depending on Their Physical Fitness. *Journal of Physical Education and Sport*, 2021, vol. 21, no. 6, pp. 3470–3475. DOI: 10.7752/jpes.2021.06470

13. Erdoğan R., Yıldırak A., Kavuran K. Examination of the Health Perception Levels of Elite Level Judoists. *Balikesir Sağlık Bilimleri Dergisi*, 2024, vol. 13 (2), pp. 240–247. DOI: 10.53424/balikesirsbd.1398800

14. Ciaccioni S., Perazzetti A., Magnanini A. et al. Intergenerational Judo: Synthesising Evidence and Eminence-Based Knowledge on Judo across Ages. *Sports*, 2024, vol. 12 (7), p. 177. DOI: 10.3390/sports12070177

15. Nemanja Lakicevic, Ewan Thomas, Laurie Isacco et al. Rapid Weight Loss and Mood States in Judo Athletes: A Systematic Review. *European Review of Applied Psychology*, 2024, vol. 74, iss. 4, 100933. DOI: 10.1016/j.erap.2023.100933

16. Lech G., Szczepanik K., Jaworski J. et al. Technical and Tactical Performance of Judo Athletes of the Top National Teams. *Journal of Kinesiology and Exercise Sciences*, 2024, vol. 34, iss. 9–15.

17. Makarowski R., Görner K., Piotrowski A. et al. The Hungarian, Latvian, Lithuanian, Polish, Romanian, Russian, Slovak, and Spanish, Adaptation of the Makarowski's Aggression Questionnaire for Martial Arts Athletes. *Archives of Budo*, 2021, vol. 17, pp. 75–108.

18. Ustoev A.K., Saydullayev A.O. Improving the Preparation of Judo Ists 12–15 Years Old for Competitions. *World of Scientific News in Science International Journal*, 2024, vol. 2, no. 4.

Информация об авторах

Ушаков Александр Сергеевич, ассистент кафедры физического воспитания и здоровья, преподаватель кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Кораблева Юлия Борисовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры спортивного совершенствования, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Черепов Евгений Александрович, доктор педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой физического воспитания и здоровья, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Нечепуренко Кристина Алексеевна, преподаватель кафедры физического воспитания и здоровья, магистрант кафедры спортивного совершенствования, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Ямалутдинова Анастасия Эдуардовна, преподаватель кафедры физического воспитания и здоровья, магистрант кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Information about the authors

Alexander S. Ushakov, Assistant, Department of Physical Education and Health, Lecturer, Department of Theory and Methods of Physical Education and Sport, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Yulia B. Korableva, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Athletic Performance Enhancement, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Evgeny A. Cherepov, Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Physical Education and Health, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Kristina A. Nechepurenko, Lecturer, Department of Physical Education and Health, Master's Student, Department of Athletic Performance Enhancement, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Anastasia E. Yamalutdinova, Lecturer, Department of Physical Education and Health, Master's Student, Department of Theory and Methods of Physical Education and Sport, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 18.03.2024

The article was submitted 18.03.2024

Спортивная тренировка Sports training

Научная статья
УДК 378.172
DOI: 10.14529/hsm240410

УРОВЕНЬ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СТУДЕНТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Е.Г. Салимгареева¹, lena477@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0007-7556-8521>
В.Ю. Лебединский², lebedinskiy@istu.edu, <https://orcid.org/0000-0002-5291-8775>
О.И. Кузьмина¹, kuzminaoi@ex.istu.edu, <https://orcid.org/0000-0001-9296-8550>
С.А. Гальцев², gans1958@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3605-6538>
М.Д. Кудрявцев^{3,4,5}, kumid@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2432-1699>

¹ Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, Россия

² Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия

³ Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

⁴ Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, Красноярск, Россия

⁵ Сибирский юридический институт МВД России, Красноярск, Россия

Аннотация. Цель: провести индексную оценку физической работоспособности студентов с использованием Гарвардского степ-теста (ИГСТ), учитывая их антропометрические характеристики и тип телосложения. **Материалы и методы.** Педагогический эксперимент проводился в 2023 учебном году на кафедре физической культуры Иркутского национального исследовательского технического университета (ИРНИТУ). В данном исследовании приняли участие 243 юноши 1–2-х курсов, отнесённых по результатам медицинского осмотра к основной медицинской группе (ОМГ), и 56 юношей из специальной медицинской группы (СМГ). Проводились измерения антропометрических параметров физического развития, необходимых для определения типа телосложения по методике П.Н. Башкирова. Основой для оценки уровня физической работоспособности является индекс Гарвардского степ-теста, при котором определяется реакция организма на дозированную физическую нагрузку при восхождении на ступеньку в течение 5 минут с последующей регистрацией частоты сердечных сокращений (ЧСС) за первые 30 секунд со второй, третьей и четвёртой минуты восстановления пульса. **Результаты.** В процессе констатирующего эксперимента был определён уровень физической работоспособности юношей 1–2-х курсов ИРНИТУ и его зависимость от антропометрических характеристик. **Заключение.** На основании полученных результатов педагогического эксперимента можно сделать вывод, что среди студентов 1–2-х курсов ИРНИТУ наиболее распространёнными является брахиморфный (41,8 %) и мезоморфный (37,5 %) типы телосложения, а преобладающий индекс физической работоспособности и физического здоровья юношей соответствует среднему уровню ИГСТ (ОМГ – 52,3 %; СМГ – 44,6 %). Следовательно, данное исследование указывает на необходимость учёта не только значений ИГСТ, но и типа конституции обучающихся при организации учебного процесса по дисциплине «Элективные курсы по физической культуре и спорту» на кафедре физической культуры ИРНИТУ.

Ключевые слова: студенты, тип телосложения, уровень физической работоспособности

Для цитирования: Уровень физической работоспособности студентов в зависимости от их антропометрических характеристик / Е.Г. Салимгареева, В.Ю. Лебединский, О.И. Кузьмина и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 4. С. 83–89. DOI: 10.14529/hsm240410

ASSESSMENT OF PHYSICAL PERFORMANCE IN UNIVERSITY STUDENTS: IMPACT OF ANTHROPOMETRIC CHARACTERISTICS

E.G. Salimgareeva¹, lena477@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0007-7556-8521>
V.Yu. Lebedinsky², lebedinskiy@istu.edu, <https://orcid.org/0000-0002-5291-8775>
O.I. Kuzmina¹, kuzminaoi@ex.istu.edu, <https://orcid.org/0000-0001-9296-8550>
S.A. Galtsev², gans1958@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3605-6538>
M.D. Kudryavtsev^{3,4,5}, kumid@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2432-1699>

¹ Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russia

² Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

³ Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

⁴ Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia

⁵ Siberian Law Institute of the MIA of Russia, Krasnoyarsk, Russia

Abstract. Aim: to investigate the correlation between physical performance and anthropometric characteristics, including body type, in university students by means of the Harvard step test. **Materials and methods.** This study was conducted in 2023 involving 243 first-to-second-year students assigned to the main medical group and 56 male students from the special medical group (Department of Physical Education, Irkutsk National Research Technical University). Anthropometric measurements were taken using the P.N. Bashkirov method. Physical performance was assessed via the Harvard Step Test with the following protocol: the participant steps up onto and back down from the step for 5 minutes, and the total number of their heartbeats is counted from 2 to 2½, from 3 to 3½, and from 4 to 4½ minutes after finishing. **Results.** These results suggest a significant association between anthropometric characteristics and physical performance among university students. **Conclusion.** Our findings indicate that brachymorphic (41.8 %) and mesomorphic (37.5 %) body types predominate among university students. The majority of physical performance and health assessments correspond to the mean HST index (52.3 % – general exercise group; 44.6 % – special exercise group). This study underscores the need to tailor educational approaches to body types to optimize health benefits and academic outcomes.

Keywords: students, body type, level of physical performance

For citation: Salimgareeva E.G., Lebedinsky V.Yu., Kuzmina O.I., Galtsev S.A., Kudryavtsev M.D. Assessment of physical performance in university students: impact of anthropometric characteristics. *Human. Sport. Medicine*. 2024;24(4):83–89. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240410

Введение. На сегодняшний день актуальна и социально значима проблема обеспечения двигательной активности студентов, а также проблема определения физической работоспособности, снижения веса тела, уровня здоровья студентов в процессе их обучения [3, 6, 10] и занятий различными видами спорта [1, 2, 4].

Все формы двигательной активности вызывают специфические реакции в организме обучающихся, но возникает необходимость получения объективной и оперативной информации о динамике показателей уровня их здоровья. В то же время индексная оценка физического состояния организма обучающихся в вузе может служить информацион-

ным маркером состояния физического здоровья студентов [9].

В процессе педагогического эксперимента для индексной оценки физической подготовленности был использован индекс Гарвардского степ-теста (ИГСТ), характеризующий уровень восстановительных процессов в организме человека после прекращения дозированной мышечной работы. Достоинством данного метода является его методическая простота и оперативность определения уровня здоровья студентов.

При этом в некоторых исследованиях считается недостатком данного метода отсутствие учёта массы и антропометрических данных обучающихся. По мнению учёных, от

этих показателей зависит нагрузка и продолжительность работы при восхождении [8, 12].

Для определения физического здоровья и физической работоспособности юношей в ходе эксперимента кроме функциональных были использованы и антропометрические характеристики физического развития, изучение взаимосвязи которых является актуальным, позволяющим оперативно вносить корректировку в программу физического воспитания студенчества с учётом различных особенностей физической подготовленности студентов с различными заболеваниями [5, 7, 11].

Цель исследования: провести индексную оценку физической работоспособности студентов с использованием ИГСТ, учитывая их антропометрические характеристики и тип телосложения.

Материалы и методы. Педагогический эксперимент проводился в 2023/2024 учебном году на кафедре физической культуры ИРНИТУ. В данном исследовании приняло участие 243 юноши 1–2-х курсов ОМГ и 56 юношей из СМГ. Данные группы были сформированы на основании медицинского осмотра, проводимого в вузе.

Наряду с этим проводились измерения антропометрических параметров физического развития, необходимых для определения типа телосложения по методике П.Н. Башкирова.

Основой для оценки уровня физической работоспособности является индекс Гарвардского степ-теста, при котором определяется реакция организма на дозированную физическую нагрузку при восхождении на ступеньку в течение 5 минут с последующей регистрацией ЧСС за первые 30 секунд со второй, третьей и четвёртой минуты восстановления пульса.

Цифровой материал, полученный в ходе эксперимента, был подвергнут статистической обработке с использованием критерия достоверности t-Стьюдента.

Результаты. Анализ распределения студентов по медицинским группам здоровья показал, что из всех обследованных студентов

к ОМГ относится 81,3 % студентов, а к СМГ – 18,7 %.

В результате статистического анализа характеристик ИГСТ получено, что различия между ОМГ и СМГ являются недостоверными (табл. 1), соответственно, можно сделать вывод об идентичности данных групп студентов по этому показателю.

Полученные результаты имеют аналогичные значения и в ранее проведённых исследованиях по данной проблеме [8].

На следующем этапе педагогического эксперимента был проведён анализ распределения контингента юношей по уровню здоровья с использованием индексной оценки ИГСТ.

Процентное распределение индексной оценки по группам студентов представлено на рис. 1.

Из полученных результатов индексной оценки следует:

– наибольшее количество студентов имеют средний уровень значений данного показателя как в ОМГ (52,3 %), так и в СМГ (44,6 %);

– плохой уровень показателя в обеих группах находится примерно в равных величинах: 2,9 % в ОМГ и 1,8 % в СМГ;

– ниже среднего уровня индексной оценки имеют 21,4 % обучающихся в СМГ и 13,6 % обучающихся в ОМГ;

– хороший уровень данного результата: 21,4 % – в СМГ и 18,1 % – в ОМГ;

– отличный уровень у студентов ОМГ и СМГ имел незначительные расхождения (13,1 % и 10,8 %).

По результатам процентного распределения уровня индексной оценки ИГСТ можно сделать вывод, что не наблюдаются существенные различия между ОМГ и СМГ у юношей в уровне физической работоспособности, за исключением результата индексной оценки ниже среднего уровня (21,4 % – в СМГ и 13,6 % – в ОМГ).

В то же время если рассматривать характеристику ИГСТ с учётом типа телосложения студентов, то данное исследование представ-

Таблица 1
Table 1

Сравнительные результаты показателя ИГСТ ОМГ и СМГ
Comparative analysis of HST measurements in general and special groups

Группа здоровья студентов Group	n	Среднее значение ИГСТ Mean HST values	δ	m	t	p > 0,05
ОМГ / General	243	76	12,59	0,8	t = 0	
СМГ / Special	56	76	13,64	1,82		

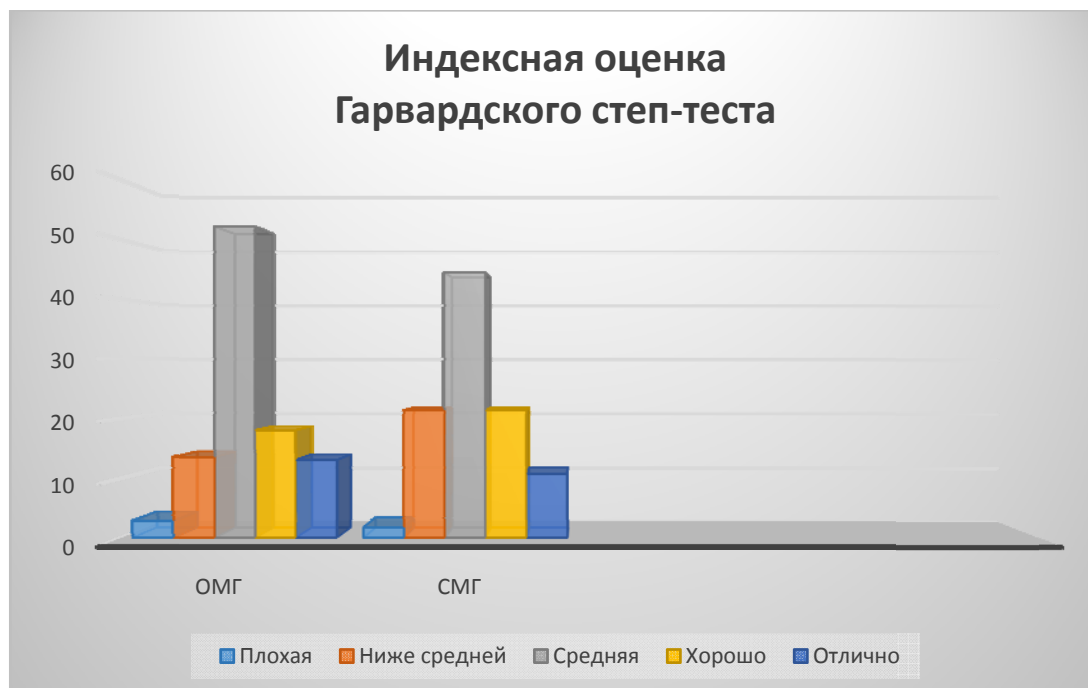


Рис. 1. Распределение индексной оценки Гарвардского степ-теста (%)
Fig. 1. Distributions of HST levels among participants (%)

Таблица 2
Table 2

Сравнительные результаты весоростовых антропометрических показателей ОМГ и СМГ
Comparative analysis of anthropometric measurements in general and special groups

Группа здоровья студентов Group	n	Среднее значение веса (кг) Mean body weight (kg)	δ	m	Среднее значение роста (м) Mean body length (m)	δ	m	Различия незначительны Insignificant at p > 0,05
ОМГ / General	243	71,7	17,88	2,29	1,8	0,07	0	
СМГ / Special	56	68,9	14,37	1,92	1,78	0,05	0	

ляет определённый научно-практический интерес [9].

При этом необходимо отметить, что юноши обеих групп по состоянию здоровья имели практически одинаковые весоростовые и антропометрические показатели (табл. 2).

Согласно полученным результатам измерения антропометрических параметров (используя классификацию П.Н. Башкирова) все респонденты были распределены по типу телосложения:

- наиболее распространённым среди студентов является брахиморфный тип телосложения (41,8 %);
- менее распространён мезоморфный тип телосложения (37,5 %);
- брахиморфный тип телосложения наблюдается у 20,7 % юношей.

В результате полученных данных проведен анализ распределения индексной оценки

ИГСТ у респондентов с учётом их типа телосложения. Результат представлен на рис. 2.

Используя индексную оценку уровня физического здоровья на основе антропометрических параметров телосложения студентов, получили следующие данные:

- средний уровень физической работоспособности, наиболее распространён среди респондентов брахиморфного (20,4 %) и мезоморфного (20,1 %) типов телосложения;
- плохой показатель наиболее соответствует брахиморфному типу телосложения (2 %);
- показатель ниже среднего уровня распространён у студентов брахиморфного типа телосложения (7 %);
- хороший показатель индекса ИГСТ находится примерно в равных величинах у мезоморфного (7 %), брахиморфного (6 %) и долихоморфного (5,7 %) типов телосложения;

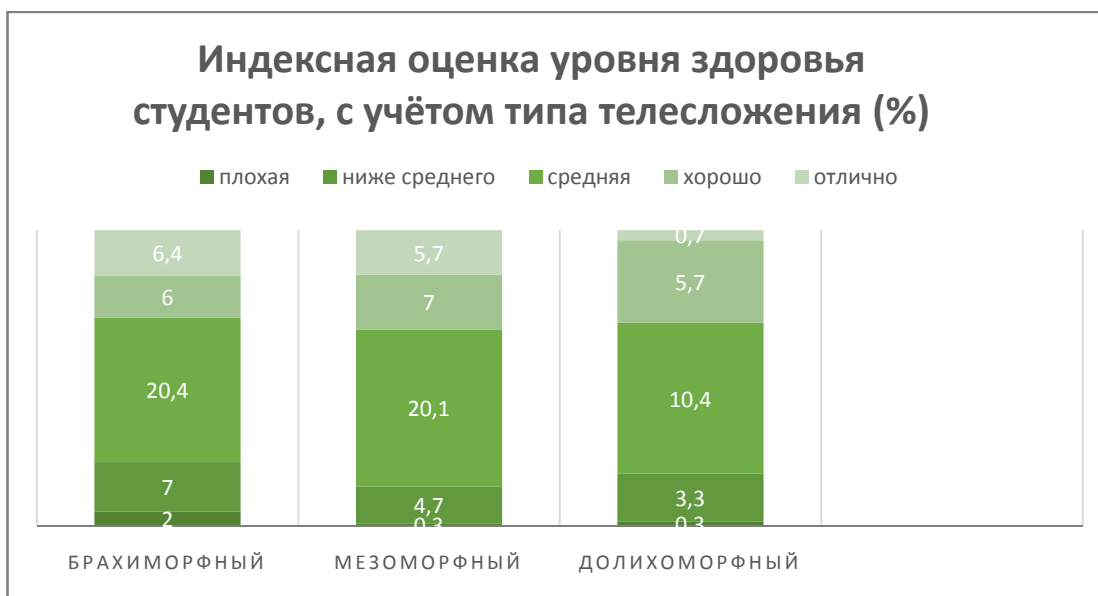


Рис. 2. Индексная оценка уровня физической работоспособности студентов, с учётом их типа телосложения

Fig. 2. Distributions of physical performance levels by body types

– отличный уровень этого индекса отмечается у студентов брахиморфного (6,4 %) и мезоморфного (5,7 %) типов телосложения.

Результаты исследования позволяют сделать заключение о том, что среди юношей ИРНИТУ наиболее выражен брахиморфный и мезоморфный типы телосложения.

Заключение. На основании полученных результатов педагогического эксперимента можно сделать вывод, что среди студентов 1–2-х курсов ИРНИТУ наиболее распространёнными является брахиморфный (41,8 %) и мезоморфный (37,5 %) типы телосложения,

а преобладающий индекс физической работоспособности и физического здоровья юношей соответствует среднему уровню ИГСТ (ОМГ – 52,3 %; СМГ – 44,6 %).

Следовательно, данное исследование указывает на необходимость учёта не только значений ИГСТ, но и типа конституции обучающихся при организации учебного процесса по дисциплине «Элективные курсы по физической культуре и спорту» на кафедре физической культуры ИРНИТУ.

Список литературы

1. Влияние форсированных способов снижения веса тела на соревновательный результат квалифицированных единоборцев / А.Ю. Осипов, М.Д. Кудрявцев, В.С. Близневская и др. // Теория и практика физ. культуры. – 2024. – № 2. – С. 43–45.

2. Влияние различных способов снижения массы тела на показатели физической подготовленности и соревновательные результаты борцов самбо / А.Ю. Осипов, В.М. Гуралев, М.Д. Кудрявцев и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2024. – Т. 24, № 2. – С. 161–166. DOI: 10.14529/hsm240220

3. Изаак, С.И. Актуальные проблемы сохранения здоровья студенческой молодежи в России и Белоруссии / С.И. Изаак, С.Л. Володкович // Человеческий капитал. – 2016. – № 5 (89). – С. 8–10. – <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=vzlmel&ysclid=lrdfb81yu4510044925> (дата обращения: 14.01.24).

4. Использование искусственного интеллекта в прогнозировании спортивных результатов спортсменов, соревнующихся в греко-римской борьбе / А.Ю. Осипов, Р.С. Наговицын, Т.И. Ратманская и др. // Журнал Сибир. федер. ун-та. Гуманитар. и обществ. науки. – 2024 – Т. 17, № 2. – С. 278–286.

5. Исследование функции дыхательной системы в зависимости от уровня кислорода в крови в условиях пандемии COVID-19 среди людей, ведущих здоровый образ жизни / В.Н. Ковалев, М.Д. Кудрявцев, А.Ю. Осипов и др. // Журнал Сибир. федер. ун-та. Гуманитар. науки. – 2024. – № 17 (2). – С. 324–335.

6. Мотивация студентов на двигательную активность в условиях дистанционной формы обучения на кафедре физической культуры / Е.Г. Салимгареева, В.Ю. Лебединский, В.П. Чергинец и др. // *Человек. Спорт. Медицина.* – 2024. – Т. 24, № 1. – С. 150–157. DOI: 10.14529/hsm240118
7. Особенности физической подготовленности студенток с заболеваниями сердечно-сосудистой и эндокринной систем / Е.Н. Коптева, В.Ю. Лебединский, М.Д. Кудрявцев, Т.В. Лепилина // *Теория и практика физ. культуры.* – 2024. – № 5. – С. 85–87.
8. О целесообразности регистрации частоты сердечных сокращений с помощью пульсометров при выполнении степ-теста / Г.А. Щуров, К.В. Романов, С.А. Митрюков и др. // *Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта.* – 2018. – № 4 (158). – С. 335–339.
9. Реализация метода индексов для оценки физического развития студентов / Е.А. Калюжный, В.Ю. Маслова, М. Титова, М. Маслова // *Современные научные исследования и инновации.* – 2014. – № 6. – Ч. 3. – <https://web.snauka.ru/issues/2014/06/36255> (дата обращения: 09.01.2024).
10. Физическая активность, рациональное питание и санитарное просвещение в университетской среде, направленные на профилактику избыточной массы тела/ожирения российских студентов-мужчин (мини-обзор) / А.Ю. Осипов, И.И. Орлова, Т.И. Ратманская и др. // *Журнал Сибир. федер. ун-та. Гуманитар. науки.* – 2023. – № 16 (2). – С. 303–314.
11. Cherepov, E. Effects of modern fitness technologies on physical qualities in students with locomotor disorders / E. Cherepov, V. Epishev, E. Terekhina // *Minerva Ortopedica e Traumatologica.* – 2018. – Vol. 69, Suppl. 1 (3). – P. 43–48. DOI: 10.23736/S0394-3410.18.03879-1
12. The hungarian, latvian, lithuanian, polish, romanian, russian, slovak, and spanish, adaptation of the makarowski's aggression questionnaire for martial arts athletes / R. Makarowski, K. Görner, A. Piotrowski et al. // *Archives of Budo.* – 2021. – Vol. 17. – С. 75–108.

References

1. Osipov A.Yu., Kudryavtsev M.D., Bliznevskaya V.S. et al. [The Impact of Forced Methods of Body Weight Loss on the Competitive Results of Qualified Martial Artists]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2024, no. 2, pp. 43–45. (in Russ.)
2. Osipov A.Yu., Guralev V.M., Kudryavtsev M.D. et al. The Impact of Various Methods of Body Weight Loss on Physical Fitness Indicators and Competitive Results of Sambo Wrestlers. *Human. Sport. Medicine*, 2024, vol. 24, no. 2, pp. 161–166. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm240220
3. Izaak S.I., Volodkovich S.L. [Actual Problems of Maintaining the Health of Student Youth in Russia and Belarus]. *Chelovecheskiy kapital* [Human Capital], 2016, no. 5 (89), pp. 8–10. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=vzlmel&ysclid=lrdfb81yu4510044925> (accessed 14.01.24).
4. Osipov A.Yu., Nagovitsyn R.S., Ratmanskaya T.I. et al. [Using Artificial Intelligence in Predicting the Sports Results of Athletes Competing in Greco-Roman Wrestling]. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Gumanitarnyye i obshchestvennyye nauki* [Journal of the Siberian Federal University. Humanities and Social Sciences], 2024, vol. 17, no. 2, pp. 278–286. (in Russ.)
5. Kovalev V.N., Kudryavtsev M.D., Osipov A.Yu. et al. [Study of the Function of the Respiratory System Depending on the Level of Oxygen in the Blood in the Context of the COVID-19 Pandemic Among People Leading a Healthy Lifestyle]. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta* [Journal of the Siberian Federal University. Humanities & Social Sciences], 2024, vol. 17 (2), pp. 324–335. (in Russ.)
6. Salimgareeva E.G., Lebedinsky V.Yu., Cherginets V.P. et al. Motivation of Students for Physical Activity in the Context of Distance Learning at the Department of Physical Education. *Human. Sport. Medicine*, 2024, vol. 24, no. 1, pp. 150–157. DOI: 10.14529/hsm240118
7. Kopteva E.N., Lebedinsky V.Yu., Kudryavtsev M.D., Lepilina T.V. [Features of Physical Fitness of Female Students with Diseases of the Cardiovascular and Endocrine Systems]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Education], 2024, vol. 5, no. 1031, pp. 85–87. (in Russ.)
8. Shchurov G.A., Romanov K.V., Mitryukov S.A. et al. [On the Feasibility of Recording Heart Rate Using Heart Rate Monitors when Performing a Step Test]. *Uchenyye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific Notes of P.F. Lesgaft University], 2018, no. 4 (158), pp. 335–339. (in Russ.)
9. Kalyuzhny E.A., Maslova V.Yu., Titova M., Maslova M. [Implementation of the Index Method for Assessing the Physical Development of Students]. *Sovremennyye nauchnyye issledovaniya i innovatsii* [Modern Scientific Research and Innovation], 2014, no. 6, part 3. Available at: <https://web.snauka.ru/issues/2014/06/36255> (accessed 09.01.2024).

10. Osipov A.Yu., Orlova I.I., Ratmanskaya T.I. et al. [Physical Activity, Rational Nutrition and Health Education in the University Environment Aimed at Preventing Overweight/obesity in Russian Male Students (Mini-review)]. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta* [Journal of the Siberian Federal University. Humanities & Social Sciences], 2023, vol. 16 (2), pp. 303–314. (in Russ.)

11. Cherepov E., Epishev V., Terekhina E. Effects of Modern Fitness Technologies on Physical Qualities in Students with Locomotor Disorders. *Minerva Ortopedica e Traumatologica*, 2018, vol. 69, suppl. 1 (3), pp. 43–48. DOI: 10.23736/S0394-3410.18.03879-1

12. Makarowski R., Görner K., Piotrowski A. et al. The Hungarian, Latvian, Lithuanian, Polish, Romanian, Russian, Slovak, and Spanish, Adaptation of the Makarowski's Aggression Questionnaire for Martial Arts Athletes. *Archives of Budo*, 2021, vol. 17, pp. 75–108.

Информация об авторах

Салимгареева Елена Геннадьевна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры физической культуры, Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, Россия.

Лебединский Владислав Юрьевич, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры физической культуры, Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия.

Кузьмина Ольга Ивановна, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры физической культуры, Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, Россия.

Гальцев Сергей Александрович, кандидат философских наук, профессор, профессор кафедры физической культуры, Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия.

Кудрявцев Михаил Дмитриевич, доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры физической культуры, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия; профессор кафедры физического воспитания и спорта, Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, Красноярск, Россия; профессор кафедры физической подготовки, Сибирский юридический институт МВД России, Красноярск, Россия.

Information about the authors

Elena G. Salimgareeva, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Education, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russia.

Vladislav Yu. Lebedinsky, Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of Physical Education, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia.

Olga I. Kuzmina, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor Department of Physical Education, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russia.

Sergey A. Galtsev, Candidate of Philosophical Sciences, Professor, Professor Department of Physical Education, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia.

Mikhail D. Kudryavtsev, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of the Department of Physical Education, Siberian Federal University; Professor of the Department of Physical Education and Sports, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Professor of the Department of Physical Training, Siberian Law Institute of the MIA of Russia, Krasnoyarsk, Russia.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 25.05.2024

The article was submitted 25.05.2024

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ СОХРАНЕНИЯ РАВНОВЕСИЯ И ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ У ЛЮДЕЙ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА В ПОЛУГОДИЧНОМ ЦИКЛЕ ЗАНЯТИЙ

И.В. Изаровская¹, izarovskaiaiv@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8290-5334>

Е.В. Косцова², agurova67@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9447-4500>

Е.В. Яценко¹, mirgorodskaiiev@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2240-0673>

Е.В. Задорина¹, zadorinaev@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7270-2675>

¹ Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

² Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, Владимир, Россия

Аннотация. Цель: исследовать роль сочетаний аэробных и анаэробных тренировок для улучшения равновесия и двигательной активности у пожилых людей в полугодичном цикле занятий. **Материалы и методы.** В исследовании участвовали 23 человека в возрасте от 60 до 78 лет, средний возраст которых составил $68,4 \pm 2,1$ года. Среди них мужчин – 8 человек, женщин – 15 человек, они были распределены на три группы. В исследовании применялись следующие методы: «Шкала оценки двигательной активности у пожилых» (Functional Mobility Assessment in Elderly Patients (M. E. Tinetti, 1986)), опрос по опросникам «SF-36» и «Тест САН» (самочувствие, активность, настроение). **Результаты.** Большинство участников (67 %) в первом тесте и анкетировании субъективно оценивали состояние своего здоровья как неудовлетворительное, остальные 33 % считали свое здоровье нормальным или удовлетворительным в рамках возрастной нормы. В последнем анкетировании количество считающих свое здоровье удовлетворительным выросло в 3 раза, а 15 % ответили, что теперь они считают здоровье даже хорошим. Поскольку цель занятий – улучшение самочувствия и физической активности, то она была достигнута. Результаты работы превзошли 10%-ный рубеж улучшений. **Заключение.** Проведенные исследования показали высокую эффективность выбранных методов работы с людьми пожилого возраста как с точки зрения повышения физической активности, так и профилактики раннего старения.

Ключевые слова: двигательная активность, мышечная функция, равновесие, пожилой возраст, аэробные и анаэробные тренировки

Для цитирования: Исследование динамики сохранения равновесия и физической активности у людей пожилого возраста в полугодичном цикле занятий / И.В. Изаровская, Е.В. Косцова, Е.В. Яценко, Е.В. Задорина // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 4. С. 90–95. DOI: 10.14529/hsm240411

Original article
DOI: 10.14529/hsm240411

ENHANCING BALANCE AND PHYSICAL ACTIVITY IN ELDERLY INDIVIDUALS IN A SIX-MONTH PROGRAM

I.V. Izarovskaya¹, izarovskaiaiv@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8290-5334>

E.V. Kostsova², agurova67@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9447-4500>

E.V. Yashchenko¹, mirgorodskaiiev@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2240-0673>

E.V. Zadorina¹, zadorinaev@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7270-2675>

¹ South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

² Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, Vladimir, Russia

Abstract. Aim. This investigation examines the effect of a six-month exercise program combining aerobic and anaerobic training on balance enhancement and physical activity levels in elderly populations. **Materials and methods.** This study involved 23 individuals aged 60–78 years (mean age: 68.4 ± 2.1 years),

including 8 males and 15 females. Participants were assigned to one of three intervention groups. Study methods included the Tinetti Mobility Test, a survey using the SF-36, and the SAN Test (Well-being, activity, mood). **Results.** Baseline self-assessment revealed that 67% of participants perceived their health as unsatisfactory, while 33% reported normal or satisfactory health levels. Post-intervention measurements revealed significant improvements in subjective health perception, with a threefold increase in those considering their health satisfactory and 15% reporting improved health status. Study outcomes exceeding 10% improvement thresholds were observed. **Conclusion.** The findings suggest potential benefits in preventing aging and improving overall quality of life among elderly individuals.

Keywords: physical activity; muscle function; balance; old age; aerobic and anaerobic training

For citation: Izarovskaya I.V., Kostsova E.V., Yashchenko E.V., Zadorina E.V. Enhancing balance and physical activity in elderly individuals in a six-month program. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(4):90–95. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240411

Введение. Стратегические исследования ООН показывают, что население мира неуклонно стареет и к 2050 г. на Земле количество людей в возрасте старше 60 лет может достигнуть 1 млрд [3, 9]. Очевидно, что каждый четвертый проживающий на земле сегодня – это пенсионер. Минтруда считает, что в России к 2025 году количество пенсионеров увеличится до 40 млн человек. Очевидно, что стратегия формирования положительных характеристик здоровья человека должна быть построена с учетом понятия «качество здоровья». Система здравоохранения должна будет предпринимать меры по предотвращению или снижению отдельных видов заболеваний. Вложения в «человеческий фактор» окупятся многократно. Важнейшим методом продления жизни является управление процессами физиологического старения организма [1, 2, 6, 10].

Цель работы – исследовать роль сочетанных аэробных и анаэробных тренировок для улучшения равновесия и двигательной активности у пожилых людей в полугодичном цикле занятий.

Материалы и методы. В исследовании участвовали 23 человека в возрасте от 60 до 78 лет, средний возраст которых составил $68,4 \pm 2,1$ года. Среди них мужчин – 8 человек, женщин – 15 человек, они были распределены на три группы. Формирование групп было связано с интенсивностью предполагаемой нагрузки [4]. 1-я группа (контрольная): ходьба 1 раз в день в темпе 60 шагов в минуту продолжительностью 30 минут, мужчины – 3 человека, женщины – 5 человек; 2-я группа: скандинавская ходьба в темпе 80 шагов в минуту, три дня в неделю по 55–60 минут, женщины – 8 человек; 3-я группа: скандинавская ходьба, темп 80–90 шагов в минуту, три дня в неделю по 60 минут, дополнительно – занятия

на силовых тренажерах с соответствующей нагрузкой два дня в неделю по 45–50 минут. В группу вошли: мужчин – 4 человека, женщин – 3 человека [8]. В данном исследовании были использованы следующие методы: «Шкала оценки двигательной активности у пожилых» (Functional Mobility Assessment in Elderly Patients (M.E. Tinetti, 1986)), состоящая из шкалы оценки ходьбы и равновесия Tinetti, и опрос по опросникам «SF-36» и «Тест САН» (самочувствие, активность, настроение).

Результаты исследования. Оценка двигательной активности у пожилых людей проводилась по сумме двух шкал: «Равновесие» (максимум 16 баллов) и «Ходьба» (максимум 12 баллов). Полученные результаты суммировались в общую оценку, максимальная оценка всего теста – 28 баллов.

Тест проводился в начале программы, через 3 и 6 месяцев (табл. 1–3).

Динамика показателей ходьбы у представителей первой группы не имела достоверных различий по результатам первого и последнего обследования. Однако показатели людей пожилого возраста, занимающихся во 2-й и 3-й группах, улучшили результаты ходьбы более чем на 10 % в ходе соответствующих тренировочных занятий.

Динамика показателей равновесия у испытуемых первой группы так же, как и при оценке ходьбы, не имела статистически значимых различий при первом и последнем обследовании. Результаты исследований во второй и третьей группах показали улучшение более чем на 5 % в ходе соответствующих тренировочных занятий.

Достоверно лучшие показатели равновесия, походки и общей двигательной активности – у занимающихся во всех трех группах, что объясняется влиянием сочетанных трени-

Таблица 1
Table 1

Динамика изменения ходьбы по группам у занимающихся в течение 6 месяцев
(в баллах) (M ± m) (n = 23)
Changes in walking scores by groups over a six-month period (M ± m) (n = 23)

Номер группы Group	1-е обследование (до начала занятий) Baseline (pre-intervention)	2-е обследование (через 3 мес.) 2 nd measurement (three months after)	3-е обследование (через 6 мес.) 3 rd measurement (six months after)
Группа 1 / Group 1	9,8 ± 1,2	10,2 ± 0,7	10,3 ± 0,8
Группа 2 / Group 2	10,2 ± 0,4	11,2 ± 0,5	11,6 ± 0,3*
Группа 3 / Group 3	10,2 ± 0,3	11,7 ± 0,8	11,9 ± 0,2*

Примечание. Здесь и в табл. 2, 3 *p < 0,05 по сравнению с показателем до начала тренировок.
Note. Here and in tables 2, 3 *p < 0.05 compared to baseline values.

Таблица 2
Table 2

Динамика изменения равновесия по группам у занимающихся в течение 6 месяцев
(в баллах) (M ± m) (n = 23)
Changes in balance scores by groups over a six-month period (M ± m) (n = 23)

Номер группы Group	1-е обследование (до начала занятий) Baseline (pre-intervention)	2-е обследование (через 3 мес.) 2 nd measurement (three months after)	3-е обследование (через 6 мес.) 3 rd measurement (six months after)
Группа 1 / Group 1	14,7 ± 1,2	15,1 ± 0,7	15,3 ± 0,8
Группа 2 / Group 2	15,1 ± 0,4	15,3 ± 0,5	15,9 ± 0,1*
Группа 3 / Group 3	15,2 ± 0,3	15,7 ± 0,8	16,0 ± 0,2*

Таблица 3
Table 3

Динамика изменения двигательной активности по группам
у занимающихся в течение 6 месяцев занятий (в баллах) (M ± m) (n = 23)
Changes in physical activity scores by groups over a six-month period (M ± m) (n = 23)

Номер группы Group	1-е обследование (до начала занятий) Baseline (pre-intervention)	2-е обследование (через 3 мес.) 2 nd measurement (three months after)	3-е обследование (через 6 мес.) 3 rd measurement (six months after)
Группа 1 / Group 1	24,5 ± 1,2	25,3 ± 0,7	25,6 ± 0,8
Группа 2 / Group 2	25,3 ± 0,4	26,5 ± 0,5*	27,5 ± 0,1*
Группа 3 / Group 3	25,4 ± 0,3	27,4 ± 0,8*	27,9 ± 0,2*

ровок как аэробной, так и анаэробной направленности, входящих в программу полугодового цикла занятий.

Для изучения влияния физической нагрузки комплексных программ на качество жизни людей пенсионного возраста проводился опрос по опросникам «SF-36» и «Тест САН» (самочувствие, активность, настроение). Занимающиеся в трех группах пенсионеры заполняли его дважды – в самом начале программы и в самом конце. На основании этих результатов были сделаны выводы о влиянии физической культуры на качество жизни.

Качество жизни оценивалось по степени удовлетворенности людьми условиями и ха-

рактеристиками своей жизни: состояние здоровья, психологический комфорт, деятельность в быту, удовлетворённость в собственных возможностях и силах. Основная тема опроса: как занятия физической культурой влияют на качество жизни? Было выявлено, что, в первую очередь, от него зависит состояние здоровья и продолжительность жизни. Кроме того, физическая активность человека в возрасте положительно влияет на качество его деятельности и самочувствие. У занимающихся по программе увеличился энергетический потенциал и функциональные ресурсы организма. Для них стало проще спускаться и подниматься по лестнице. Кроме этого, было отмечено, что занимающиеся во всех группах

стали меньше болеть и реже чувствовать себя уставшими с самого утра. Они активнее стали встречаться и ходить на мероприятия.

Большинство участников (67 %) на первом тесте и анкетировании субъективно оценивали состояние своего здоровья как неудовлетворительное, остальные 33 % считали свое здоровье нормальным или удовлетворительным в рамках возрастной нормы. На последнем анкетировании количество считающих свое здоровье удовлетворительным выросло в 3 раза, а 15 % ответили, что теперь они считают здоровье даже хорошим. Поскольку цель занятий – улучшение самочувствия и физической активности, то она была достигнута. Результаты работы превзошли 10%-ный рубеж улучшений. Качество жизни оценивается по степени удовлетворенности людьми условиями и характеристиками своей жизни, как состоянием здоровья, так и деятельностью в быту, удовлетворенностью в собственных силах. В науке известен только один фактор, замедляющий старение, – это регулярная стимуляция деления клеток организма за счет постоянных тренировок всех органов и систем, что, в свою очередь, приво-

дит к низкой вероятности преждевременного, ускоренного старения [5, 7, 8].

Заключение. Участники всех трех групп закрепили привычку к систематической физической активности и продолжили свои занятия дальше в этих же группах, хотя участники второй группы выразили желание попробовать на следующий год добавить еще и занятия в тренажерном зале. Во время занятий ни один из участников не отметил, что физическая нагрузка была для него избыточной и он чувствовал себя в состоянии дискомфорта. Полученные результаты демонстрируют адекватность и соответствие уровня подобранной нагрузки.

Проведенные исследования показали высокую эффективность выбранных методов работы с людьми пожилого возраста как с точки зрения повышения физической активности, так и профилактики раннего старения. На основании полученных результатов можно сделать вывод, что только комплексные программы оздоровительной физической культуры, включающие в себя разнообразные методики оздоровления способны оказать заметное действие на качество жизни людей пожилого возраста.

Список литературы

1. Гаврилов, Д.Н. Педагогические и организационные особенности двигательного режима людей зрелого и пожилого возраста / Д.Н. Гаврилов // Теория и практика физ. культуры. – 2002. – № 4. – С. 44–47.
2. Ивко, К.О. Профилактика нарушений двигательной активности, ассоциированных с риском развития дина- и саркопении, посредством сочетанных аэробно-анаэробных тренировок / К.О. Ивко // Успехи геронтологии. – СПб.: ООО «Эскулап». – 2019. – № 1–2. – Т. 32. – С. 203–206.
3. Комарова, М.В. Вариабельность ритма сердца в условиях пробы на внимание и индивидуально-типологические особенности личности / М.В. Комарова // Вестник Сургут. гос. пед. ун-та. – 2015. – № 1. – С. 230–237.
4. Лубышева, Л.И. Современный ценностный потенциал физической культуры и спорта и пути его освоения обществом и личностью: вопросы теории / Л.И. Лубышева // Теория и практика физ. культуры. – 1997. – № 6. – 12–14 с.
5. Оценка когнитивной функции и качества жизни пожилых людей, связанного со здоровьем, под влиянием аэробных и анаэробных тренировок / А.Н. Ильницкий, К.О. Ивко, П.А. Фадеева, А.Н. Полторацкий // Научный результат. Медицина и фармация. – Белгород: Изд-во БГНИУ. – 2018. – № 1. – Т. 4. – С. 16–26.
6. Оценка двигательной активности и состояния мышечной функции у людей пожилого возраста в процессе применения аэробных и анаэробных тренировок / А.Н. Ильницкий, К.О. Ивко, П.А. Фадеева, А.Н. Полторацкий // Научный результат. Медицина и фармация. – Белгород: Изд-во БГНИУ. – 2018. – № 1. – Т. 4. – С. 27–38.
7. Прощаев, К.И. Ассоциация саркопении с синдромом падений / К.И. Прощаев // Остеопороз и остеопатии. – 2016. – № 2. – 109–110 с.
8. Cherepov, E. Effects of modern fitness technologies on physical qualities in students with locomotor disorders / E. Cherepov, V. Epishev, E. Terekhina // Minerva Ortopedica e Traumatologica. – 2018. – Vol. 69, Suppl. 1 (3). – P. 43–48. DOI: 10.23736/S0394-3410.18.03879-1

9. The effect of individual parameters of mental health on the level of night sleep among female students / E. Cherepov, A. Eganov, Ye. Seisenbekov et al. // *Journal of Physical Education and Sport*. – 2022. – Vol. 22, iss. 7. – P. 1804–1809. DOI: 10.7752/jpes.2022.07225
10. The hungarian, latvian, lithuanian, polish, romanian, russian, slovak, and spanish, adaptation of the makarowski's aggression questionnaire for martial arts athletes / R. Makarowski, K. Görner, A. Piotrowski et al. // *Archives of Budo*. – 2021. – Vol. 17. – C. 75–108.

References

1. Gavrilov D.N. [Pedagogical and Organizational Features of the Motor Regime of Mature and Elderly People]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Education], 2002, no. 4, pp. 44–47. (in Russ.)
2. Ivko K.O. *Profilaktika narusheniy dvigatel'noy aktivnosti, assotsirovannykh s riskom razvitiya dina- i sarkopenii, posredstvom sochetannykh aerobno-anaerobnykh trenirovok* [Prevention of Motor Activity Disorders Associated with the Risk of Developing Dyna- and Sarcopenia Through Combined Aerobic-anaerobic Training]. St. Petersburg, Eskulap Publ., 2019, no. 1–2, vol. 32, pp. 203–206.
3. Komarova M.V. [Heart Rate Variability in Conditions of an Attention Test and Individual-typological Personality Traits]. *Vestnik Surgutskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta* [Bulletin of the Surgut State Pedagogical University], 2015, no. 1, pp. 230–237. (in Russ.)
4. Lubysheva L.I. [Modern Value Potential of Physical Culture and Sports and Ways of its Development by Society and the Individual. Theoretical Issues]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 1997, no. 6, pp. 12–14. (in Russ.)
5. Ilnitsky A.N., Ivko K.O., Fadeeva P.A., Poltoratsky A.N. [Assessment of Cognitive Function and Health-related Quality of Life of Older People Under the Influence of Aerobic and Anaerobic Training]. *Nauchnyy rezul'tat. Meditsina i farmatsiya* [Scientific Result. Medicine and Pharmacy], 2018, no. 1, vol. 4, pp. 16–26. (in Russ.) DOI: 10.18413/2313-8955-2018-4-1-16-26
6. Ilnitsky A.N., Ivko K.O., Fadeeva P.A., Poltoratsky A.N. [Evaluation of Motor Activity and Muscle Function in Elderly People During Aerobic and Anaerobic Training]. *Nauchnyy rezul'tat. Meditsina i farmatsiya* [Scientific Result. Medicine and Pharmacy], 2018, no. 1, vol. 4, pp. 27–38. (in Russ.) DOI: 10.18413/2313-8955-2018-4-1-27-38
7. Proshchaev K.I. [Association of Sarcopenia with Falls Syndrome]. *Osteoporoz i osteopatii* [Osteoporosis and Osteopathies], 2016, no. 2, pp. 109–110.
8. Cherepov E., Epishev V., Terekhina E. Effects of Modern Fitness Technologies on Physical Qualities in Students with Locomotor Disorders. *Minerva Ortopedica e Traumatologica*, 2018, vol. 69, suppl. 1(3), pp. 43–48. DOI: 10.23736/S0394-3410.18.03879-1
9. Cherepov E.A., Eganov A., Seisenbekov Ye. et al. The Effect of Individual Parameters of Mental Health on the Level of Night Sleep Among Female Students. *Journal of Physical Education and Sport*, 2022, vol. 22, iss. 7, pp. 1804–1809. DOI: 10.7752/jpes.2022.07225
10. Makarowski R., Görner K., Piotrowski A. et al. The Hungarian, Latvian, Lithuanian, Polish, Romanian, Russian, Slovak, and Spanish, Adaptation of the Makarowski's Aggression Questionnaire for Martial Arts Athletes. *Archives of Budo*, 2021, vol. 17, pp. 75–108.

Информация об авторах

Изаровская Ирина Валериевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Косцова Елена Васильевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры теоретических и медико-биологических основ физической культуры, Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, Владимир, Россия.

Яценко Екатерина Вячеславовна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Задорина Елена Владимировна, кандидат биологических наук, доцент кафедры спортивного совершенствования, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Information about the authors

Irina V. Izarovskaya, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Theory and Methods of Physical Education and Sport, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Elena V. Kostsova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Theoretical and Biomedical Foundations of Physical Education, Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, Vladimir, Russia.

Ekaterina V. Yashchenko, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Theory and Methods of Physical Education and Sport, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Elena V. Zadorina, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Sports Performance Enhancement, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 22.04.2024

The article was submitted 22.04.2024

ПСИХОФИЗИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ЗАНЯТИЙ СПОРТИВНОЙ ГИМНАСТИКОЙ ДЛЯ ДЕТЕЙ С ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМИ НАРУШЕНИЯМИ: ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО И КОГНИТИВНОГО РАЗВИТИЯ

*И.В. Новиков, ivan-7504@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2766-059X>
Е.А. Черепов, cherepovea@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8469-9741>
Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия*

Аннотация. **Цель:** изучение психофизических эффектов от занятий спортивной гимнастикой у детей с интеллектуальными нарушениями. **Методы и организация.** Исследование было проведено в гимнастическом зале Федерации спортивной гимнастики города Челябинска. Занятия проходили в течение девяти месяцев с сентября по май. В исследовании участвовали девочки с легкой и умеренной умственной отсталостью в возрасте от 9 до 11 лет. В данном случае у испытуемых отмечается состояние, при котором психическое развитие отстает. Данное нарушение затрагивает когнитивные, речевые, двигательные и социальные функции. В процессе практического исследования девочки были разделены на две группы по 20 человек в каждой. В контрольной группе осуществлялись тренировки, основанные на адаптивной физической культуре, включающей в себя серии упражнений с использованием различных предметов, комплексы на развитие гибкости и физические упражнения для общего укрепления. В экспериментальной группе девочки занимались спортивной гимнастикой. Для проверки эффективности применения методов и средств спортивной гимнастики до и после проведения эксперимента осуществлено контрольное тестирование физических качеств, а также проводилась диагностика когнитивных способностей девочек. **Результаты.** Как видно из результатов тестирования физических качеств и когнитивных способностей девочек с интеллектуальными нарушениями в контрольной и экспериментальной группе после эксперимента, реализация занятий спортивной гимнастикой оказывает больший положительный эффект по сравнению с обычными занятиями по адаптивной физической культуре. Так, результаты пробы Ромберга (поза «аист») в контрольной группе улучшились только на 17 %, а в экспериментальной группе – на 68 % при достоверности $P < 0,05$. Результаты методики «Узнай, кто это» в контрольной группе улучшились на 12 %, а в экспериментальной группе – на 32 % при достоверности $P < 0,05$. **Заключение.** Проведенный педагогический эксперимент позволяет сделать вывод о том, что проведение занятий спортивной гимнастикой с детьми, имеющими нарушения в развитии интеллекта, оказывает положительный эффект на физические и когнитивные способности.

Ключевые слова: спортивная гимнастика, адаптивная физическая культура, физическая подготовка, методы тренировки, средства тренировки, когнитивные способности, нарушения интеллекта

Для цитирования: Новиков И.В., Черепов Е.А. Психофизические эффекты занятий спортивной гимнастикой для детей с интеллектуальными нарушениями: исследование физического и когнитивного развития // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 4. С. 96–103. DOI: 10.14529/hsm240412

Original article

DOI: 10.14529/hsm240412

PSYCHOPHYSICAL EFFECTS OF GYMNASTICS FOR CHILDREN WITH INTELLECTUAL DISABILITIES: PHYSICAL AND COGNITIVE DEVELOPMENT

*I.V. Novikov, ivan-7504@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2766-059X>**E.A. Cherepov, cherepov.e@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8469-9741>**South Ural State University, Chelyabinsk, Russia*

Abstract. Aim. This study aimed to examine the psychological and physiological effects of gymnastics on children with intellectual disabilities. **Materials and methods.** The nine-month intervention took place from September to May (Chelyabinsk Federation of Sports Gymnastics). Twenty girls with mild to moderate intellectual disability, aged 9–11 years, participated in the study. These girls exhibited mental retardation, affecting their cognitive, speech, motor, and social functions. The participants were allocated into two groups of 20 each. The control group underwent adaptive exercise, including a series of exercises with various objects, flexibility exercise, and general exercise. The experimental group engaged in artistic gymnastics. Physical and cognitive abilities were evaluated prior to and after the experiment. **Results.** The results showed that gymnastics had a significantly greater positive effect compared to traditional adaptive physical education. Specifically, the Romberg test improved by 17% in the control group versus 68% in the experimental group ($P < 0.05$). Similarly, the results obtained in the Guess Who test improved by 12% in the control group versus 32% in the experimental group ($P < 0.05$). **Conclusion.** This study demonstrates that artistic gymnastics for children with intellectual disabilities has a positive effect on both their physical and cognitive abilities.

Keywords: artistic gymnastics, adaptive physical education, physical training, training methods, training means, cognitive abilities, intellectual

For citation: Novikov I.V., Cherepov E.A. Psychophysical effects of gymnastics for children with intellectual disabilities: physical and cognitive development. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(4):96–103. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240412

Введение. Сохранение и улучшение состояния здоровья, а также стимулирование физического и психического развития детей с интеллектуальными нарушениями является одной из важных задач, стоящих перед государством [3–9].

По мнению С.П. Евсеева, процесс воспитания спортсменов с интеллектуальными нарушениями, формирование у них нравственного сознания и нравственного поведения опирается на общие закономерности становления личности человека [3].

Систематические занятия физическими упражнениями способствуют развитию двигательных умений и навыков детей, поддерживают развитие интеллектуальной сферы занимающихся, а также способствуют укреплению скелетной мускулатуры и функциональных возможностей организма [11–16].

В настоящее время имеются многочисленные исследования российских и зарубежных ученых по изучению влияния физических упражнений на физическое и интеллектуаль-

ное развитие детей с нарушениями интеллекта [1, 17–21]. Большинство исследователей сходятся во мнении, что двигательная активность оказывает существенное влияние на психическое и физическое развитие детей с различным уровнем нарушения интеллекта, но в то же время отмечают, что еще не раскрыт весь потенциал возможностей физического воспитания.

Спортивная гимнастика представляет собой сложнокоординационный вид спорта, который подразумевает выполнение упражнений и гимнастических элементов на снарядах гимнастического многоборья [7–9, 21]. Упражнения спортивной гимнастики наряду с развитием физических качеств требуют и развития интеллектуальной сферы детей, что положительно сказывается на занимающихся в процессе систематических занятий.

Существующая система адаптивной физической культуры предполагает адаптацию физических упражнений к индивидуальным особенностям каждого занимающегося [10]. Можно сказать, что в связи с координацион-

ной сложностью гимнастических движений в процессе их освоения приходится прилагать и продуцировать не только физические силы, но и задействовать мыслительные функции, такие как запоминание, анализ движения, анализ ощущений, оценка траектории движения и приложения сил. Данная особенность спортивной гимнастики может служить средством воздействия на психические и физические способности детей с нарушениями интеллекта и найти широкое применение в физическом воспитании детей с интеллектуальными нарушениями.

В теории и практике занятий спортивной гимнастикой с лицами, имеющими нарушения интеллекта, складывается ситуация, при которой, с одной стороны, гимнастика имеет широкие возможности и большой потенциал применения, но, с другой стороны, особенности, дозировка, выбор, последовательность освоения средств спортивной гимнастики еще не имеют достаточной степени изученности и научно-практического обоснования. В частности, не определены конкретные психофизиологические эффекты, взаимосвязь с интеллектуальной сферой в результате занятий спортивной гимнастикой с детьми с интеллектуальными нарушениями.

Таким образом, изучение влияния занятий спортивной гимнастикой на психофизическое развитие детей с интеллектуальными нарушениями позволит расширить понимание методики эффективной тренировки детей.

Цель исследования: изучение психофизических эффектов от занятий спортивной гимнастикой у детей с интеллектуальными нарушениями.

Организация исследования. Исследование было проведено в гимнастическом зале Федерации спортивной гимнастики города Челябинска. Занятия проходили в течение девяти месяцев с сентября по май. В исследовании участвовали девочки с легкой и умеренной умственной отсталостью в возрасте от 9 до 11 лет, их количество составило 24 человека. В данном случае у испытуемых девочек отмечается состояние, при котором психическое развитие отстает. Данное нарушение затрагивает когнитивные, речевые, двигательные и социальные функции. В процессе практического исследования девочки были разделены на две группы по 20 человек в каждой. В контрольной группе осуществлялись тренировки с применением общеизвестных методов и средств

адаптивной физической культуры, в том числе с использованием спортивного инвентаря и гимнастических предметов. В экспериментальной группе девочки занимались спортивной гимнастикой.

Для проверки эффективности применения методов и средств спортивной гимнастики до и после проведения эксперимента осуществлено контрольное тестирование физических качеств, а также проводилась диагностика когнитивных способностей девочек. Статистическая достоверность рассчитывалась с применением Т-критерия Стьюдента.

1. Проба Ромберга (поза «аист») (В.И. Лях, 1998). В ходе тестирования испытуемому необходимо устоять на одной ноге. Отсчет времени начинается с того момента, когда испытуемый занимает устойчивое положение.

2. Челночный бег 3×10 м (В.И. Лях, 2000). Испытуемый пробегает расстояние 10 м от одной линии до другой три раза.

3. Прыжок в длину с места (В.И. Лях, 2000). Испытуемому предлагается выполнить прыжок в длину, стараясь преодолеть как можно большее расстояние.

4. Поднимание туловища из положения лежа на спине за 30 с (нормативы ВФСК ГТО от 01.01.2024 г.). Испытуемый поднимает туловище из положения лежа на спине.

5. Наклон из положения сидя (нормативы ВФСК ГТО от 01.01.2024 г.). Испытуемый, сидя на гимнастическом коврике, максимально сгибается. Результат фиксируется линейкой. Гибкость измеряется в сантиметрах.

6. Вис на перекладине (Ю.К. Гавердовский, 2014). Начальная позиция – неподвижное висящее положение на перекладине. Тест проводится с целью удержания этого положения на максимальное время.

7. Оценка различительной чувствительности веса (А.Н. Гусев, 2011). Для оценки чувствительности кожи и суставов определяется различие между весами, которое ощущается в правой и левой руках испытуемого. После этого высчитывается индекс чувствительности по определенной формуле.

8. Методика «Чего не хватает на этих рисунках?» (Г.И. Россоломо, 2008). Задача испытуемого состоит в том, чтобы как можно скорее обнаружить и указать недостающий элемент в рисунке.

9. Методика «Узнай, кто это» (О.Н. Истратова, 2008). Испытуемому демонстрируют картинку, где бумажный лист маскирует все

части, кроме одной выделенной, и предлагается определить, к какому исходному изображению относятся эти элементы.

10. Исследование концентрации внимания (бланк Пьерона – Рузера) (А. Пьерон, 2014). Испытуемому необходимо аккуратно и корректно проставить назначенные символы внутри данных фигур. Степень сосредоточенности внимания оценивается по определенной таблице.

Экспериментальная методика гимнастической подготовки девочек включает: разминку с упражнениями на растягивание и укрепление мышц кора; обучение упражнениям и элементам с использованием гимнастического многофункционального оборудования; отработку упражнений для совершенствования физических качеств девочек; разминку в конце тренировочного занятия. На разминке выполнялись упражнения фронтальным методом, всем занимающимся давались одинаковые упражнения и проводился контроль за техникой выполнения упражнения. Упражнения разминки в себя включали: передвижения по кругу шагом и бегом, прыжковые упражнения и упражнения на месте перед зеркалом, упражнения на растягивание, такие как складка ноги вместе и ноги врозь, шпагат поперечный и продольный, мостик.

При обучении упражнениям спортивной гимнастики с девочками, имеющими нарушения интеллекта, эффективным методом является расчлененно-конструктивный подход. Данный подход, предложенный Ю.К. Гавер-

довским, заключается в разбиении изучаемых элементов на более простые составные части и фазы для последующей отработки каждой до достижения правильной техники. После этого элементы объединяются в целостные упражнения [2].

Выполнялись в процессе тренировочных занятий следующие упражнения и их сочетания: на гимнастическом бревне – упражнения на различные виды равновесия, прыжки, шаги галопом, прыжки прогнувшись; на разновысоких брусьях – висы, махи, хлесты, переворот в упоре, угол в висе, вис сзади; опорный прыжок с разбега и отталкивания от амортизирующего мостика на горку матов высотой 55–100 см; вольные упражнения и упражнения акробатики – перекаты, кувырки, статические упражнения. Также по мере тренированности проводилось обучение более сложным акробатическим элементам, таким как переворот боком «колесо», рондат, стойка на руках с выходом в кувырок, стойка на голове, переворот вперед. Упражнения выполнялись всеми занимающимися, но с учетом индивидуальных особенностей.

Средства и методы тренировки были направлены на освоение гимнастических элементов и развитие физических качеств девочек.

Результаты. До и после экспериментального исследования проводилось тестирование физических качеств девочек с нарушением интеллекта, а также диагностика их когнитивных способностей. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1
Table 1

Результаты тестирования физических качеств девочек контрольной и экспериментальной групп до эксперимента
Baseline measurements of physical qualities in the experimental and control groups

№	Показатель, единица измерения Parameter, unit of measurement	КГ / CG n = 20 (M ± m)	ЭГ / EG n = 20 (M ± m)	P
1	Проба Ромберга (поза «аист»), с / Romberg test (stork stand), s	9,3 ± 0,3	9,4 ± 0,4	> 0,05
2	Челночный бег 3×10 м, с / 3×10 m shuttle run, s	13,4 ± 0,4	13,6 ± 0,5	> 0,05
3	Прыжок в длину с места, см / Standing long jump, cm	125,5 ± 1,5	124,0 ± 2,0	> 0,05
4	Поднимание туловища из положения лежа на спине за 30 с, количество / Sit ups in 30 s, reps	8,0 ± 0,4	8,5 ± 0,3	> 0,05
5	Наклон из положения сидя, см / Seated forward bend, cm	7,0 ± 0,1	7,5 ± 0,2	> 0,05
6	Вис на перекладине, с / Bar hang, s	12,0 ± 0,4	11,0 ± 0,3	> 0,05

Примечание. Здесь и в табл. 2–4 КГ – контрольная группа; ЭГ – экспериментальная группа; n – количество испытуемых; M – среднее значение; m – ошибка средней величины; P – достоверность различий, определяемая по таблице Стьюдента.

Note. Here and in Tables 2–4 CG – control group; EG – experimental group; n – group size; M – mean value; m – standard error of the mean; P – level of significance (Student's t-test).

Из результатов тестирования физических качеств видно, что испытуемые девочки в контрольной и экспериментальной группе имеют равный уровень. Кроме тестирования физических качеств мы провели диагностику когнитивных способностей девочек. Результаты диагностики когнитивных способностей представлены в табл. 2.

Как видно из результатов комплексной диагностики когнитивных способностей, испытуемые девочки в контрольной и экспериментальной группе имеют примерно равный уровень, достоверных различий выявлено не было. После тестирования и диагностики нами в течение шести месяцев проводился педагогический эксперимент. Результаты повторного тестирования физических качеств и комплексной диагностики когнитивных способностей девочек контрольной и экспериментальной групп представлены в табл. 3 и 4.

По результатам тестирования физических

качеств и когнитивных способностей девочек с интеллектуальными нарушениями в контрольной и экспериментальной группах после эксперимента видно, что реализация в занятиях средств спортивной гимнастики оказывает больший положительный эффект по сравнению с обычными занятиями по адаптивной физической культуре. У занимающихся спортивной гимнастикой наблюдается достоверно больший ($p < 0,05$) прогресс в развитии физических качеств.

В то же время когнитивные способности также развиваются более интенсивно ($p < 0,05$) в группе занимающихся спортивной гимнастикой.

На основании проведенных педагогических экспериментов можно сделать вывод, что занятия спортивной гимнастикой для детей с нарушением интеллекта оказывают положительное влияние на физическую и когнитивную работоспособность.

Таблица 2
Table 2

Результаты комплексной диагностики когнитивных способностей девочек контрольной и экспериментальной группы до эксперимента
Baseline measurements of a comprehensive cognitive assessment in the experimental and control groups

№	Методика диагностики, единица измерения Test, unit of measurement	КГ / CG n = 20 (M ± m)	ЭГ / EG n = 20 (M ± m)	P
1	Оценка различительной чувствительности веса, балл Weight detection, scores	3,2 ± 0,1	3,3 ± 0,1	> 0,05
2	Методика «Чего не хватает на этих рисунках?», балл Missing item task, scores	2,5 ± 0,1	2,5 ± 0,1	> 0,05
3	Методика «Узнай, кто это», балл “Guess, who?” test, scores	2,5 ± 0,1	2,8 ± 0,2	> 0,05
4	Исследование концентрации внимания (бланк Пьерона – Рузера), количество обработанных фигур Pieron attention test, number of images	20,0 ± 0,3	21,0 ± 0,2	> 0,05

Таблица 3
Table 3

Результаты тестирования физических качеств девочек контрольной и экспериментальной группы после эксперимента
Post-intervention measurements of physical qualities in the experimental and control groups

№	Показатель, единица измерения Parameter, unit of measurement	КГ / CG n = 20 (M ± m)	ЭГ / EG n = 20 (M ± m)	P
1	Проба Ромберга (поза «аист»), с / Romberg test (stork stand), s	11,0 ± 0,3	15,8 ± 0,4	< 0,05
2	Челночный бег 3×10 м, с / 3×10 m shuttle run, s	13,0 ± 0,2	10,5 ± 0,3	< 0,05
3	Прыжок в длину с места, см / Standing long jump, cm	127,5 ± 2,0	138,0 ± 1,5	< 0,05
4	Поднимание туловища из положения лежа на спине за 30 с, количество / Sit ups in 30 s, reps	11,0 ± 0,5	16,5 ± 0,5	< 0,05
5	Наклон из положения сидя, см / Seated forward bend, cm	8,0 ± 0,5	13,5 ± 0,5	< 0,05
6	Вис на перекладине, с / Bar hang, s	12,5 ± 0,3	17,0 ± 0,2	< 0,05

Таблица 4
Table 4

Результаты комплексной диагностики когнитивных способностей девочек контрольной и экспериментальной группы после эксперимента
Post-intervention measurements of a comprehensive cognitive assessment in the experimental and control groups

№	Методика диагностики, единица измерения Test, unit of measurement	КГ / CG n = 20 (M ± m)	ЭГ / EG n = 20 (M ± m)	P
1	Оценка различительной чувствительности веса, балл Weight detection, scores	3,4 ± 0,2	3,8 ± 0,1	< 0,05
2	Методика «Чего не хватает на этих рисунках?», балл Missing item task, scores	2,7 ± 0,1	3,0 ± 0,2	< 0,05
3	Методика «Узнай, кто это», балл “Guess, who?” test, scores	2,8 ± 0,1	3,3 ± 0,1	< 0,05
4	Исследование концентрации внимания (бланк Пьерона-Рузера), количество обработанных фигур Pieron attention test, number of images	23,0 ± 0,2	27,0 ± 0,3	< 0,05

Заключение. Спортивная гимнастика является одним из наиболее техничных и сложных видов спорта. Значительное разнообразие снарядов, упражнений, комбинаций действий, их вариабельность и координационная трудность способствуют развитию как физических, так и когнитивных способностей занимающихся. Систематические на протяжении полугод

занятия спортивной гимнастикой позволяют детям с нарушениями интеллекта достоверно опередить сверстников с аналогичными нарушениями не только в физической подготовленности, но и в тестах, связанных с проявлением способности к мышлению и воображению, что является крайне важным для исследуемого контингента.

Список литературы

1. Абрамова, Л.Н. Подвижная игра как средство активизации речи дошкольников с нарушением интеллекта / Л.Н. Абрамова // Проблемы педагогики. – 2018. – № 6 (38). – С. 58–59.
2. Гавердовский, Ю.К. Естественная классификация гимнастических упражнений / Ю.К. Гавердовский // Теория и практика физ. культуры. – 2012. – № 6. – С. 82.
3. Евсеев, С.П. Адаптивный спорт: спорт лиц с интеллектуальными нарушениями / С.П. Евсеев. – М., 2021. – 43 с.
4. Каримов, Д.К. Гимнастика в области физического воспитания и его значение для человека / Д.К. Каримов // Мировая наука. – 2020. – № 3 (36). – С. 256–259.
5. Катаева, А.А. Особенности психического развития дошкольников с нарушениями интеллекта / А.А. Катаева, Е.А. Стребелева // Коррекцион.-пед. образование. – 2021. – № 3 (27). – С. 5–26.
6. Комплексная реабилитация детей младшего школьного возраста с синдромом Дауна / В.И. Малыгина, Н.Н. Викулова, В.Д. Малыгин, А.О. Водяникова // Научный вестник Крыма. – 2020. – № 1 (24). – С. 5.
7. Королев, П.Ю. Развитие гимнастики в спорте лиц с интеллектуальными нарушениями / П.Ю. Королев, З.А. Абиев // Вестник спортивной науки. – 2021. – № 3. – С. 84–88.
8. Махмуд, М.Т. Педагогическая технология в спортивной гимнастике, системы имитационного моделирования / М.Т. Махмуд // Science and Education. – 2024. – № 1. – С. 332–337.
9. Мунирова, Е.А. Особенности содержательного наполнения этапа начальной подготовки детей дошкольного возраста в условиях инклюзивных занятий спортивной гимнастикой / Е.А. Мунирова, Н.В. Мазитова, Т.В. Стеблій // Психол. наука и образование. – 2020. – № 1 (43). – С. 150–162.
10. Парфенова, Л.А. Адаптивное физическое воспитание детей с нарушением интеллекта на основе программы «Молодые атлеты» / Л.А. Парфенова, А.Р. Ахмеров, С.М. Хасанова // Теория и практика физ. культуры. – 2021. – № 2. – С. 64.
11. Пашкин, С.Б. Особенности коррекционной работы с детьми младшего школьного возраста с ограниченными возможностями здоровья / С.Б. Пашкин, С.Ю. Гончарова // Baikal Research Journal. – 2021. – № 4. – С. 21.

12. Сергеева, Н.Ю. Формирование игровой деятельности у детей с нарушениями интеллекта / Н.Ю. Сергеева // Вестник науки. – 2020. – № 6 (27). – С. 50–52.
13. Соколова, И.А. Развитие физических способностей у обучающихся с нарушениями интеллекта / И.А. Соколова, Е.Л. Извеков // Изв. Тульского гос. ун-та. Физ. культура. Спорт. – 2020. – № 4. – С. 32–39.
14. Халилова, М.Г. Социализация детей с нарушением интеллекта / М.Г. Халилова // Вестник соц.-пед. ин-та. – 2022. – № 1 (41). – С. 62–64.
15. Хомякова, О.В. Коррекция нарушений осанки средствами адаптивной физической культуры у детей с нарушением интеллекта / О.В. Хомякова, М.М. Градовская // Науч. вестник Крыма. – 2021. – № 3 (32). – С. 14.
16. Швалева, Т.А. Развитие координационных способностей детей младшего школьного возраста с нарушением интеллекта средствами настольного тенниса / Т.А. Швалева, Ю.Д. Врублевский // Мир науки, культуры, образования. – 2020. – № 2 (81). – С. 147–148.
17. Comorbidities and quality of life in children with intellectual disability / D. Reddihough, H. Leonard, P. Jacoby et al. // *Child: care, health and development*. – 2021. – Vol. 5. – P. 654–666.
18. Dereje, F. Effectiveness of Interventions for Children with Intellectual Disabilities: A Systematic Review / F. Dereje, Z. Sileshi // *The Ethiopian Journal of Behavioural Studies*. – 2023 – Vol. 6. – P. 30–55.
19. Development of physical fitness in children with intellectual disabilities / E. Hartman, J. Smith, M. Westendorp, C. Visscher // *Journal of intellectual disability research*. – 2015. – Vol. 5. – P. 439–449.
20. Mack, M. The Relationship Between the Perceived Movement Quality and the Kinematic Pattern of Complex Skills in Gymnastics. / M. Mack, M. Schmidt, T. Heinen // *Journal of Human Kinetics*. – 2021. – Vol. 77. – P. 5–13.
21. Wilkinson, S. Assessing autism spectrum disorder in children with a background of maltreatment: challenges and guidance / S. Wilkinson, S. Evans, M. DeJong // *Arch Dis Child*. – 2023. – Vol. 108 (8). – P. 597–600.

References

1. Abramova L.N. [Outdoor Games as a Means of Activating Speech in Preschoolers with Intellectual Disabilities]. *Problemy pedagogiki* [Problems of Pedagogy], 2018, no. 6 (38), pp. 58–59. (in Russ.)
2. Gaverdovsky Yu.K. [Natural Classification of Gymnastic Exercises]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Education], 2012, no. 6, p. 82. (in Russ.)
3. Evseev S.P. *Adaptivnyy sport: sport lits s intellektual'nymi narusheniyami* [Adaptive Sports. Sports for People with Intellectual Disabilities]. Moscow, 2021. 43 p.
4. Karimov D.K. [Gymnastics in the Field of Physical Education and its Importance for Humans]. *Mirovaya nauka* [World Science], 2020, no. 3 (36), pp. 256–259. (in Russ.)
5. Kataeva A.A., Strebeleva E.A. [Features of Mental Development of Preschoolers with Intellectual Disabilities]. *Korreksionno-pedagogicheskoye obrazovaniye* [Correctional and Pedagogical Education], 2021, no. 3 (27), pp. 5–26. (in Russ.)
6. Malygina V.I., Vikulova N.N., Malygin V.D., Vodyanikova A.O. [Comprehensive Rehabilitation of Primary School Children with Down Syndrome]. *Nauchnyy vestnik Kryma* [Scientific Bulletin of Crimea], 2020, no. 1 (24), p. 5. (in Russ.)
7. Korolev P.Yu., Abiev Z.A. [Development of Gymnastics in Sports for People with Intellectual Disabilities]. *Vestnik sportivnoy nauki* [Bulletin of Sports Science], 2021, no. 3, pp. 84–88. (in Russ.)
8. Makhmud M.T. Pedagogical Technology in Artistic Gymnastics, Simulation Modeling Systems. *Science and Education*, 2024, no. 1, pp. 332–337. (in Russ.)
9. Munirova E.A., Mazitova N.V., Stebliy T.V. [Features of the Substantive Content of the Initial Training Stage of Preschool Children in the Context of Inclusive Artistic Gymnastics Classes]. *Psikhologicheskaya nauka i obrazovaniye* [Psychological Science and Education], 2020, no. 1 (43), pp. 150–162. (in Russ.) DOI: 10.32744/pse.2020.1.11
10. Parfenova L.A., Akhmerov A.R., Khasanova S.M. [Adaptive Physical Education of Children with Intellectual Disabilities Based on the Young Athletes Program]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Education], 2021, no. 2, p. 64. (in Russ.)

11. Pashkin S.B., Goncharova S.Y. Features of Correctional Work with Children of Primary School Age with Disabilities. *Baikal Research Journal*, 2021, no. 4, p. 21. DOI: 10.17150/2411-6262.2021.12(4).21
12. Sergeeva N.Y. [Formation of Play Activities in Children with Intellectual Disabilities]. *Vestnik nauki* [Bulletin of Science], 2020, no. 6 (27), pp. 50–52. (in Russ.)
13. Sokolova I.A., Izvekov E.L. [Development of Physical Abilities in Students with Intellectual Disabilities]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Fizicheskaya kul'tura. Sport* [Bulletin of Tula State University. Physical Education. Sport], 2020, no. 4, pp. 32–39. (in Russ.)
14. Khalilova M.G. [Socialization of Children with Intellectual Disabilities]. *Vestnik sotsial'no-pedagogicheskogo instituta* [Bulletin of the Social and Pedagogical Institute], 2022, no. 1 (41), pp. 62–64. (in Russ.)
15. Khomyakova O.V., Gradovskaya M.M. [Correction of Posture Disorders by Means of Adaptive Physical Education in Children with Intellectual Disabilities]. *Nauchnyy vestnik Kryma* [Scientific Bulletin of Crimea], 2021, no. 3 (32), p. 14. (in Russ.)
16. Shvaleva T.A., Vrublevsky Yu.D. [Development of Coordination Abilities of Primary School Children with Intellectual Disabilities by Means of Table Tennis]. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya* [World of Science, Culture, Education], 2020, no. 2 (81), pp. 147–148. (in Russ.)
17. Reddihough D., Leonard H., Jacoby P. et al. Comorbidities and Quality of Life in Children with Intellectual Disability. *Child: Care, Health and Development*, 2021, vol. 5, pp. 654–666. DOI: 10.1111/cch.12873
18. Dereje F., Sileshi Z. Effectiveness of Interventions for Children with Intellectual Disabilities: A Systematic Review. *The Ethiopian Journal of Behavioural Studies*, 2023, vol. 6, pp. 30–55.
19. Development of Physical Fitness in Children with Intellectual Disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research*, 2015, vol. 5, pp. 439–449. DOI: 10.1111/jir.12142
20. Mack M., Schmidt M., Heinen T. The Relationship between the Perceived Movement Quality and the Kinematic Pattern of Complex Skills in Gymnastics. *Journal of Human Kinetics*, 2021, vol. 77, pp. 5–13. DOI: 10.2478/hukin-2021-0007
21. Wilkinson S., Evans S., DeJong M. Assessing Autism Spectrum Disorder in Children with a Background of Maltreatment: Challenges and Guidance. *Arch Dis Child.*, 2023, vol. 108 (8), pp. 597–600. DOI: 10.1136/archdischild-2022-323986

Информация об авторах

Новиков Иван Владиславович, доцент кафедры физического воспитания и здоровья Института спорта, туризма и сервиса, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Черепов Евгений Александрович, доктор педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой физического воспитания и здоровья Института спорта, туризма и сервиса, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Information about the authors

Ivan V. Novikov, Associate Professor of the Department of Physical Education and Health, Institute of Sport, Tourism and Service, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Evgeniy A. Cherepov, Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Physical Education and Health, Institute of Sport, Tourism and Service, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 30.03.2024

The article was submitted 30.03.2024

МЕТОДИКА ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ДВИЖЕНИЙ ХОККЕИСТОМ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

И.И. Новикова¹, novikova_ii@niig.su, <https://orcid.org/0000-0003-1105-471X>

В.Н. Коновалов², tafoms@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9033-9322>

Д.А. Бернатовичюс³, tafoms@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-6020-5837>

Н.С. Веремчук⁴, n-veremchuk@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2709-9755>

М.В. Семенихина¹, semenikhina_mv@niig.su, <https://orcid.org/0000-0002-1513-3565>

¹ Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Новосибирск, Россия

² Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Омск, Россия

³ СДЮСАШОР А.В. Кожевникова, Омск, Россия

⁴ Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет, Омск, Россия

Аннотация. Цель: разработка методики экспресс-оценки результативности выполнения движений хоккеистом в процессе тренировки с применением компьютерного зрения. **Материалы и методы.** Авторская методика базируется на сравнении построенных траекторий движения хоккеиста во время выполнения упражнения в трехмерном пространстве с эталонными траекториями. При трехмерной реконструкции используется модель BODY_25. Эталонные движения выбираются тренером. Видеосъемка проводится синхронно на две RGB-камеры. Сравнение построенных траекторий движения хоккеистов в ходе выполнения ими упражнений с эталонными проводилось путем расчета среднего расстояния между точками кривой, задающей траекторию движения сустава спортсмена, и точками кривой, задающей соответствующее эталонное движение. Попытка выполнения упражнения спортсменом считается результативной, если расчетное расстояние для всех кривых, задающих движения спортсмена во время его выполнения, меньше порогового значения. На базе СДЮСАШОР А.В. Кожевникова (г. Омск) осуществлялась запись пяти попыток выполнения квалифицированным хоккеистом броска с длинным разгоном шайбы в условиях зала. **Результаты.** В качестве реперных точек взяты точки, характеризующие движения плечевого пояса, таза, кистей хоккеиста. Расчеты показали, что попытки выполнения упражнения хоккеистом значительно отличаются от эталона и нерезультативны. **Заключение.** Применение разработанной методики станет одним из инструментов повышения качества и результативности тренировочного процесса в хоккее.

Ключевые слова: результативность выполнения упражнения, хоккей, бросок шайбы, 3D реконструкция

Для цитирования: Методика экспресс-оценки результативности выполнения движений хоккеистом с применением компьютерного зрения / И.И. Новикова, В.Н. Коновалов, Д.А. Бернатовичюс и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 4. С. 104–110. DOI: 10.14529/hsm240413

EXPRESS EVALUATION FOR MOVEMENT EFFECTIVENESS IN HOCKEY PLAYERS USING COMPUTER VISION

I.I. Novikova¹, novik_ir70@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1105-471X>

V.N. Konovalov², tafoms@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9033-9322>

D.A. Bernatavicius³, tafoms@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-6020-5837>

N.S. Veremchuk⁴, n-veremchuk@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2709-9755>

M.V. Semenikhina¹, semenikhina_mv@niig.su, <https://orcid.org/0000-0001-8405-4847>

¹ Novosibirsk Research Institute of Hygiene, Novosibirsk, Russia

² Siberian State University of Physical Education and Sport, Omsk, Russia

³ A.V. Kozhevnikov Specialized Children and Youth Adaptive Sports School of the Olympic Reserve, Omsk, Russia

⁴ Siberian State Automobile and Highway University, Omsk, Russia

Abstract. Aim. This paper aims to develop a novel methodology for express evaluation of hockey player movement performance during training via computer vision techniques. **Materials and methods.** The author's approach involves a three-dimensional reconstruction of player movements using the BODY_25 model and a comparison of reconstructed trajectories against reference movements defined by trainers. This comparison consists of the calculation of the average distance between athlete and reference trajectories followed by a threshold-based determination of exercise effectiveness. The author's analysis involved five attempts by a skilled hockey player to perform a long-puck acceleration throw. **Results.** Reference points included shoulder girdle, pelvis, and hand movements. The author's analysis revealed significant discrepancies between player attempts and standard reference movements, indicating suboptimal performance. **Conclusions.** This methodology seems to be promising to enhance training effectiveness and hockey performance in general.

Keywords: exercise performance, hockey, puck throw, 3D reconstruction

For citation: Novikova I.I., Konovalov V.N., Bernatavicius D.A., Veremchuk N.S., Semenikhina M.V. Express evaluation for movement effectiveness in hockey players using computer vision. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(4):104–110. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240413

Введение. Вопросам применения технологий компьютерного зрения в хоккее при оценке различных аспектов достижений спортсменов уделяется значительное внимание. Библиографический поиск по указанной проблематике показал, что в настоящее время при подготовке хоккеистов активно используются стандартизированные тесты для оценки двигательных действий спортсменов. Как считают специалисты (В.П. Савин, 1993), критерии оценивания универсализированы и позволяют оценить любое техническое двигательное действие хоккеиста [2]. Но данные тесты основаны на применении экспертного анализа, что определяет наличие субъективности при решении вопросов оценки и не позволяет получать результаты достаточной точности, которая необходима в современном спорте, а также в ряде случаев полученные результаты невоспроизводимы [1, 3].

Как показал мировой и отечественный опыт, для решения вопросов объективной оценки в спорте необходимо применение технологий компьютерного зрения и глубокого обучения [4–9].

В настоящее время в хоккее технологии компьютерного зрения применяются для детектирования движения спортсменов на среднем и дальнем полях с применением различных типов нейронных сетей [7], технологий STIP (survey of human action recognition with spatio-temporal interest point) [6] и MoSIFT (Motion scale-invariant feature transform) [4].

Авторское исследование направлено на совершенствование инструментария оценки специальной и физической подготовленности хоккеистов с применением технологий компьютерного зрения.

Цель исследования: разработать методике экспресс-оценки результативности вы-

полнения движений хоккеистом в процессе тренировки с применением компьютерного зрения.

Методика экспресс-оценки результативности выполнения движений хоккеистом в процессе тренировки. В основе методики лежит сравнение построенных траекторий движения хоккеиста во время выполнения упражнения в трехмерном пространстве с эталонными. При решении задачи трехмерной реконструкции используется модель BODY_25 [8]. С учетом специфики упражнений экспертным путем выбираются наиболее значимые для оценки результативности ключевые точки, характеризующие положение суставов спортсмена во времени в пространстве. Проводится видеосъемка выполнения упражнения синхронно на две RGB-камеры, расположенные перпендикулярно друг другу (рис. 1). В качестве RGB-камер могут быть использованы сотовые телефоны. Далее полученные видеоряды обрабатываются в видеоредакторе. С применением нейросетей, методов начертательной и параметрической геометрии определяются значения координат точек для каждого такта времени в трехмерном пространстве. Для построения траекторий движения ключевых точек в трехмерном пространстве используется аппроксимация полиномами.

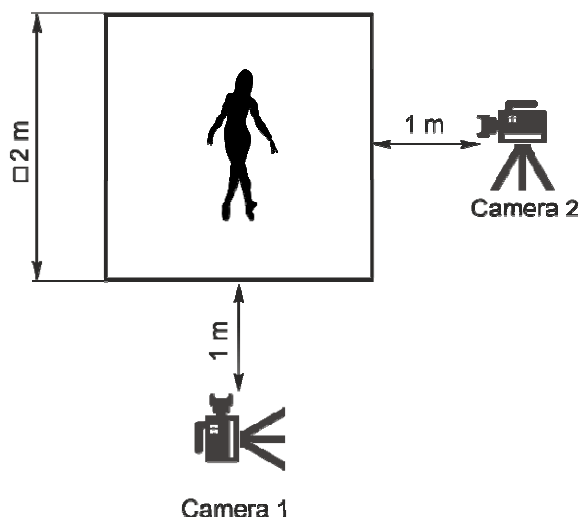


Рис. 1. Расположение камер во время съемки упражнения
Fig. 1. Camera placement for exercise recording

В качестве эталонных движений выбраны те движения хоккеиста, которые на основании опыта эксперта (тренера) признаны правильными (выполненными без ошибок). При необходимости могут быть сформированы усред-

ненные эталонные траектории движений спортсмена. Эталонные движения формируют базу данных эталонных движений.

Сравнение построенных траекторий движения хоккеиста с эталонными проводилось путем расчета среднего расстояния между соответствующими точками кривой. Расстояние определялось по формуле

$$e_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sqrt{(x_s - x_r)^2 + (y_s - y_r)^2 + (z_s - z_r)^2},$$

где x_s, y_s, z_s – координаты ключевой точки, задающей траекторию движения спортсмена во время выполнения упражнения; x_r, y_r, z_r – координаты ключевой точки, задающей траекторию эталонного движения спортсмена во время выполнения упражнения.

Попытка выполнения упражнения спортсменом считается результативной, если e_k для всех кривых, задающих движения спортсмена, меньше порогового значения, которое определяется в ходе ряда предварительных исследований и корректируется экспертным путем.

Материалы и методы. Исследование проводилось на базе СДЮСАШОР А.В. Коженикова (г. Омск). Осуществлялась запись пяти попыток выполнения квалифицированным хоккеистом одного из основных видов бросков в хоккее – броска с длинным разгоном шайбы. Упражнение выполнено в условиях зала. Одна из попыток выбрана в качестве эталона.

В исследовании использованы две IP-камеры, размещенные на штативах (1/2.9" SmartSens CMOS (SC307E), XM530; 1080p, 720p@ 25 к/с). Перед проведением видеосъемки с помощью специальных меток выделен квадрат с длиной стороны 2 м. В квадрате испытуемый выполнял упражнение. Камеры располагались перпендикулярно друг другу на расстоянии 1 м от центра сторон указанного квадрата. Начало и конец выполнения упражнения сопровождалось специальными звуковыми сигналами, которые использовались для обрезки видеофрагментов и подготовки их к обработке. Средняя длительность видеофрагментов составила 4,5 с.

Результаты. По данным В.П. Савина (1993), подготовительная фаза выполнения упражнения включает отведение клюшки назад-вверх, затем маховое движение вниз-вперед [2]. В фазе замаха хоккеист одновременно с отведением клюшки «скручивает» туловище. Маховое движение клюшки вниз-

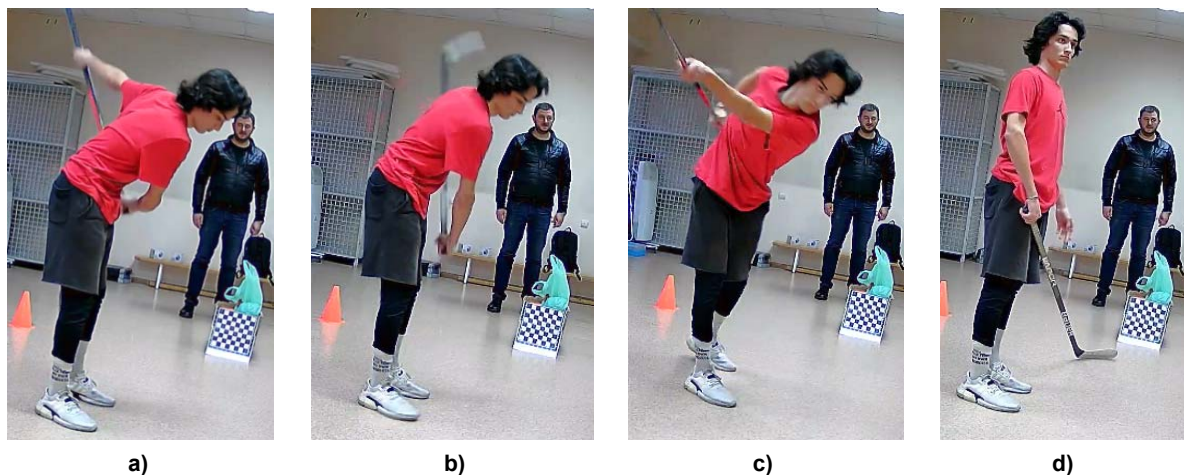


Рис. 2. Скриншоты из видео выполнения броска хоккеистом во второй попытке: а – подготовительная фаза, б – основная фаза, с – заключительная фаза, d – возвращение на исходную позицию
Fig. 2. Screenshots of throwing performance during the second attempt: a – preparatory phase, b – main phase, c – final phase, d – return to the starting position

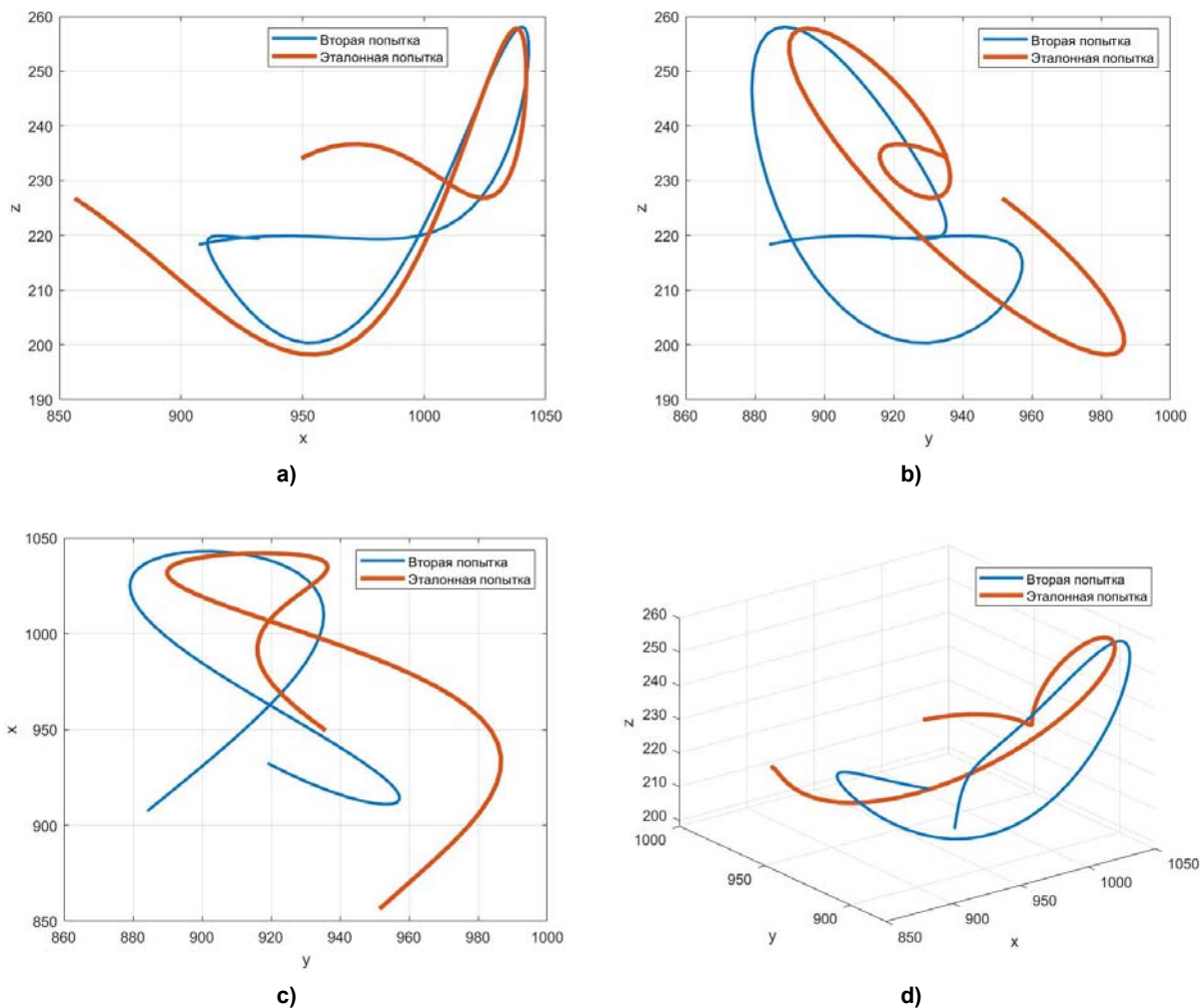


Рис. 3. Траектории движений: а – фронтальная проекция, б – профильная проекция, с – горизонтальная проекция, d – 3d-реконструкция
Fig. 3. Movement trajectories: a – frontal projection, b – profile projection, c – horizontal projection, d – 3d-reconstruction

Результаты расчета расстояний между построенными кривыми, характеризующими движения ключевых точек, во время попыток выполнения упражнения хоккеистом и соответствующими эталонами
Comparison of reconstructed trajectories against reference movements

Траектория движения, задаваемая точкой		Значение расстояний Distance			
		Попытка 2 Attempt 2	Попытка 3 Attempt 3	Попытка 4 Attempt 4	Попытка 5 Attempt 5
2	Правое плечо Right shoulder	34,15	36,15	34,35	34,6
5	Левое плечо Left shoulder	32,11	32,12	30,41	31,14
9	Тазобедренный сустав правая конечность Right sacroiliac joint	30,01	35,3	33,01	31,01
12	Тазобедренный сустав левая конечность Left sacroiliac joint	35,16	35,4	31,16	33,18
4	Запястье правой руки Right wrist	31,2	32,12	36,2	36,42
7	Запястье левой руки Left wrist	33,5	37,6	34,5	34,85
		Не результативна Failed attempt	Не результативна Failed attempt	Не результативна Failed attempt	Не результативна Failed attempt

Примечание. Пороговое значение результативности – 30,03.
Note. Threshold performance – 30,03.

вперед сопровождается поворотом туловища в сторону полета шайбы, переносом массы тела на впереди стоящую ногу, толчком сзади стоящей ноги, «навалом» туловища на шайбу при поступательном движении прямой «нижней» руки. В основной фазе осуществляется соударение крюка клюшки с шайбой. Скорость их движения резко возрастает за счет взрывных усилий мышц плечевого пояса и кистей рук, действия упругих сил клюшки, освобожденной от деформации, и механизма разнонаправленного движения кистей рук. Заканчивается фаза взрывным хлестообразным движением кистей рук, осуществляющим резкий поворот крюка в направлении полета шайбы. В заключительной фазе, как и в бросках, происходит торможение поступательного движения звеньев тела и крюка клюшки [2].

Для иллюстрации работы различных звеньев тела в качестве реперных точек взяты точки – 2, 5 (отражают движение плечевого пояса хоккеиста), 9, 12 (отражают движения таза), 4, 7 (отражают движение рук спортсмена). Первая попытка выполнения упражнения хоккеистом обозначена как эталонная.

На рис. 2 приведены скриншоты выполнения второй попытки упражнения хоккеистом. Построенные траектории движения в плоскостях проекций (фронтальная, профильная и горизонтальная) и в пространстве точки 2

(правое плечо спортсмена) для первой и второй попыток представлены на рис. 3.

Значения расстояний между построенными кривыми и соответствующими эталонами приведены в таблице.

Как видно из таблицы, попытки 2–5 не могут быть признаны результативными, так как отмечаются значимые отклонения траекторий движений от эталона.

Вывод. Поэтапное освоение двигательных действий предполагает многократное повторение упражнений с целью формирования рациональных двигательных паттернов движения. Для отслеживания качества их формирования наиболее перспективными являются технологии компьютерного зрения, позволяющие реконструировать траектории движения спортсмена в n-мерном пространстве, визуализировать их, а также рассчитывать необходимые для контроля параметры. Это позволит объективно оценить результативность реализации тренировочного процесса в спорте в микро-, мезо- и макроциклах.

В данной статье приведена авторская методика экспресс-оценки результативности выполнения движений хоккеистом во время тренировки с применением нейронных сетей и глубокого обучения. Выполнена ее апробация на примере выполнения квалифицирован-

ным хоккеистом броска с длинным разгоном шайбы в условиях зала. Показано, что данная методика позволяет объективно и с достаточной точностью оценить результативность выполнения упражнения. Дополнительно при этом изучены траектории движения различных звеньев тела спортсмена в трех фазах технического действия «бросок шайбы» в условиях зала. Эталонные траектории движения,

разработанные в ходе проведения исследования, могут быть использованы в дальнейшем в качестве моделей технической подготовленности спортсменов.

Разработанный в статье инструментарий может быть полезен специалистам в области спортивной подготовки для создания новых методик тренировок высококвалифицированных спортсменов.

Список литературы

1. Национальная программа спортивной подготовки по виду спорта «хоккей» / В.А. Третьяк, Р.Б. Ротенберг, П.В. Буре и др. – М., 2019. – 234 с.
2. Савин, В.П. Удары и броски шайбы как средства поражения ворот противника: метод. разработка для слушателей ВШТ, ФПК и студентов академии / В.П. Савин. – М., 1993. – 29 с.
3. Физическая подготовка хоккеистов с использованием технических средств: учеб.-метод. пособие / В.Н. Коновалов, Д.А. Бернатовичюс, А.И. Табаков и др. – Омск: СибГУФК, 2020. – 188 с.
4. An Intelligent Motion Detection Using OpenCV / S. Mishra, M.V. Verma, N. Akhtar et al. // *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology (IJSRSET)*. – 2022. DOI: 10.32628/IJSRSET22925
5. Computer vision for sports: Current applications and research topics / G. Thomas, R. Gade, Th.B. Moeslund et al. // *Computer Vision and Image Understanding*. – 2017. – Vol. 159. – P. 3–18. DOI: 10.1016/j.cviu.2017.04.011
6. Das Dawn, D. A comprehensive survey of human action recognition with spatio-temporal interest point (STIP) detector / D. Das Dawn, S.H. Shaikh // *The Visual Computer*. – 2016. – Vol. 32. – P. 289–306.
7. Hockey activity recognition using pre-trained deep learning model / K. Rangasamy, M.A. As'ari, N.A. Rahmad, N.F. Ghazali // *ICT Express*. – 2020. – Vol. 6 (3). – P. 170–174.
8. Host, K. An overview of Human Action Recognition in sports based on Computer Vision / K. Host, M. Ivašić-Kos // *Heliyon*. – 2022. – Vol. 8, iss. 6. – P. e09633. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e09633
9. Tensorflow: a system for large-scale machine learning / M. Abadi, P. Barham, J. Chen et al. // *In Osd*. – 2016. – Vol. 16. – P. 265–283.

References

1. Tret'yak V.A., Rotenberg R.B., Bure P.V. et al. *Nacional'naya programma sportivnoy podgotovki po vidu sporta "hokkey"* [National Sports Training Program for the Sport Hockey]. Moscow, 2019. 234 p.
2. Savin V.P. *Udary i broski shayby kak sredstva porazheniya vorot protivnika: metod. razrab. dlya slushateley VSHT, FPK i studentov Akademii* [Hitting and Throwing the Puck as a Means of Hitting the Opponent's Goal. A Method. Developer for Students of HST, FPK and Academy Students]. Moscow, 1993. 29 p.
3. Kononov V.N., Bernatavichyus D.A., Tabakov A.I. et al. *Fizicheskaya podgotovka hokkeistov s ispol'zovaniem tekhnicheskikh sredstv: uchebno-metod. posobie* [Physical Training of Hockey Players Using Technical Means. Educational Method. Allowance]. Omsk, SibGUFK Publ., 2020. 188 p.
4. Mishra S., Verma M.V., Akhtar N. et al. An Intelligent Motion Detection Using OpenCV. *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology (IJSRSET)*, 2022. DOI: 10.32628/IJSRSET22925
5. Thomas G., Gade R., Moeslund Th.B. et al. Computer Vision for Sports: Current Applications and Research Topics. *Computer Vision and Image Understanding*, 2017, vol. 159, pp. 3–18. DOI: 10.1016/j.cviu.2017.04.011
6. Das Dawn D., Shaikh S.H. A Comprehensive Survey of Human Action Recognition with Spatio-Temporal Interest Point (STIP) Detector. *The Visual Computer*, 2016, vol. 32, pp. 289–306. DOI: 10.1007/s00371-015-1066-2
7. Rangasamy K., As'ari M.A., Rahmad N.A., Ghazali N.F. Hockey Activity Recognition Using Pre-trained Deep Learning Model. *ICT Express*, 2020, vol. 6 (3), pp. 170–174. DOI: 10.1016/j.icte.2020.04.013

8. Host K., Ivašić-Kos M. An Overview of Human Action Recognition in Sports Based on Computer Vision. *Heliyon*, 2022, vol. 8, iss. 6, e09633. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e09633

9. Abadi M., Barham P., Chen J. et al. Tensorflow: a System for Large-scale Machine Learning. *In Osd*, 2016, vol. 16, pp. 265–283.

Информация об авторах

Новикова Ирина Игоревна, доктор медицинских наук, профессор, директор, Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Новосибирск, Россия.

Коновалов Василий Николаевич, доктор педагогических наук, профессор, тренер высшей квалификационной категории, мастер спорта СССР, Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Омск, Россия.

Бернатовичюс Дмитрий Антанасович, мастер спорта международного класса по хоккею, тренер высшей квалификации, руководитель высшей школы тренеров по хоккею, директор СДЮСАШОР А. В. Кожевникова, Омск, Россия.

Веремчук Наталья Сергеевна, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры цифровых технологий, Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет, Омск, Россия.

Семенихина Мария Вячеславовна, младший научный сотрудник, Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Новосибирск, Россия.

Information about the authors

Irina I. Novikova, Doctor of Medical Sciences, Professor, Director, Novosibirsk Research Institute of Hygiene of the Federal Service for the Oversight of Consumer Protection and Welfare, Novosibirsk, Russia.

Vasily N. Konovalov, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Coach of the Highest Qualification Category, Master of Sport of the USSR, Siberian State University of Physical Education and Sport, Omsk, Russia.

Dmitry A. Bernatavicius, Master of Sport of International Class in hockey, Highly Qualified Coach, Head of the Higher School of Hockey Coaches, Head of the A.V. Kozhevnikov Specialized Children and Youth Adaptive Sports School of the Olympic Reserve, Omsk, Russia.

Natalia S. Veremchuk, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Department of Digital technologies, Siberian State Automobile and Highway University, Omsk, Russia.

Maria V. Semenikhina, Junior Researcher, Novosibirsk Research Institute of Hygiene of the Federal Service for the Oversight of Consumer Protection and Welfare, Novosibirsk, Russia.

Вклад авторов:

Новикова И.И. – научное руководство; концепция исследования; итоговые выводы.

Коновалов В.Н. – написание исходного текста; разработка методологии; планирование и проведение эксперимента; итоговые выводы.

Бернатовичюс Д.А. – разработка методологии; планирование и проведение эксперимента; итоговые выводы.

Веремчук Н.С. – обработка результатов эксперимента; подготовка иллюстративного материала.

Семенихина М.В. – обработка результатов эксперимента.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

Irina I. Novikova – scientific supervision, research concept, final conclusions.

Vasily N. Konovalov – writing the draft, methodology development, research planning, experiment, and final conclusions.

Dmitry A. Bernatavicius – methodology development, research planning, experiment, and final conclusions.

Natalia S. Veremchuk – data processing, infographics.

Maria V. Semenikhina – data processing.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 16.03.2024

The article was submitted 16.03.2024

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ПЕРЕМЕННО-ИНТЕРВАЛЬНОГО МЕТОДА ТРЕНИРОВКИ С УЧЕТОМ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ СТУДЕНТОВ

М.А. Шароварова, leviathansideshow@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6341-3089>

Е.Т. Колунин, e.t.kolunin@utmn.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2099-6525>

Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия

Аннотация. Цель: теоретическое обоснование вариабельности использования переменного интервального метода тренировки студентов с учетом их метаболических особенностей. **Материалы и методы.** Материалом для исследования послужил анализ отечественных и зарубежных литературных источников, освещающих влияние различных по характеру и интенсивности переменных нагрузок на физиологические системы занимающихся. **Результаты.** Рассмотрены различные варианты применения переменного интервального метода, способствующие развитию скелетной мускулатуры, снижению уровня свободной глюкозы и содержания жира в теле, повышению индукции энергетических и стероидных гормонов, а также развитию функциональных возможностей. **Заключение.** Применение каждого описанного варианта переменного интервального метода способствует положительному влиянию на несколько систем организма, что позволяет более комплексно решать задачи физического совершенствования, снизить риск травматизма и состояния перенапряжения, а также повысить моторную плотность занятия.

Ключевые слова: физическое воспитание студентов, переменный интервальный метод, метаболизм, учебно-тренировочные занятия

Для цитирования: Шароварова М.А., Колунин Е.Т. Вариабельность переменного интервального метода тренировки с учетом метаболических особенностей студентов // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 4. С. 111–118. DOI: 10.14529/hsm240414

Original article
DOI: 10.14529/hsm240414

ADJUSTING VARIABLE-INTERVAL TRAINING TO METABOLIC PROFILES IN UNIVERSITY STUDENTS

M.A. Sharovarova, leviathansideshow@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6341-3089>

E.T. Kolunin, e.t.kolunin@utmn.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2099-6525>

Tyumen State University, Tyumen, Russia

Abstract. Aim. This paper aims to explore the theoretical rationale for adjusting variable-interval training to students' metabolic profiles. **Materials and methods.** This study provides the analysis of existing literature on the effects of variable physical loads on physiological systems in student populations. **Results.** Our analysis revealed several promising outcomes of the variable-interval method, including muscle hypertrophy, reduced glucose and body fat levels, enhanced energy and steroid hormone metabolism, and increased functional capacity. **Conclusion.** By applying the variable-interval method based on students' metabolic profiles, physical educators can significantly enhance the effectiveness of student training programs through reduced risk of injury and overtraining and increased motor density in training sessions.

Keywords: physical education, variable-interval training, metabolism, training sessions

For citation: Sharovarova M.A., Kolunin E.T. Adjusting variable-interval training to metabolic profiles in university students. *Human. Sport. Medicine*. 2024;24(4):111–118. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240414

Введение. Как зарубежные, так и отечественные современные специалисты в области физической культуры и спорта, рассматривая эффект от занятий физическими упражнениями, все чаще предлагают делать акцент в физическом воспитании не на развитие двигательных способностей и овладение учащимися двигательными умениями и навыками, а на оздоровление организма средствами физической культуры и профилактику различных болезней (Е.А. Черепов, В.Г. Шилько, А.И. Загревская, С.В. Радаева, А.А. Бишаева, L.V. Andersen, C.R. Bureson и др.). По мнению Всемирной организации здравоохранения, пандемией XXI века является метаболический синдром – комплекс обменных, гормональных и клинических нарушений, происходящих на фоне ожирения, с недавних пор и среди молодого поколения [10]. Установлено, что гиподинамия, расстройство пищевого поведения с преобладанием жиров и простых углеводов в рационе, отсутствие режима сна и отдыха, и хронический стресс пагубно сказываются на молодом организме, тем не менее, именно такие привычки нередко встречаются у студенческой молодежи [4, 13, 14].

Следует отметить, что большинство метаболических нарушений, а их на сегодняшний день более 600 (и выявляются новые) [6], а также сопутствующие им морфофункциональные сдвиги (ожирение I степени и низкий уровень физической работоспособности) на данный момент не относятся к категории заболеваний, препятствующих занятиям физической культурой и спортом в основной медицинской группе. В то же время число студентов высших учебных заведений с избыточной массой тела, повышенным уровнем глюкозы, симптомами пониженной функции щитовидной железы и дефицита тестостерона и другими нарушениями обменных процессов становится все больше. Ввиду отсутствия протоколов организации учебно-тренировочного процесса с учетом индивидуальных особенностей здоровья студенты занимаются согласно общепринятой рабочей программе с применением стандартных и единых для всех методов физического воспитания, что значительно повышает риск получения ими травм, перенапряжения и обострения заболеваний.

В связи с этим **целью** нашего исследования явилось теоретическое обоснование вариативности использования переменного

интервального метода тренировки студентов с учетом их метаболических особенностей.

Материалом для исследования послужил анализ отечественных и зарубежных литературных источников, освещающих влияние различных по характеру и интенсивности переменных нагрузок на физиологические системы занимающихся.

Результаты. Применяемый еще во времена Древней Греции, интервальный метод тренировки (тренировка с переменной нагрузкой [9]) нашел свою современную формализацию как структурированный метод упражнений в начале XX века во многом благодаря экспериментам Астранда (Astrand, 1950), изучавшего влияние упражнений различной интенсивности на сердечно-сосудистую систему. Исследования ученого показали, что чередование упражнений повышенной интенсивности с интервалами активного восстановления и отдыха приводят к заметному улучшению аэробных возможностей и общей физической подготовленности [5]. Ю.И. Евсеев и В.Н. Платонов, подчеркивая оздоровительный эффект переменных нагрузок, рекомендуют их как оптимальный способ укрепления кардиореспираторной системы [2, 8].

В настоящее время существуют различные способы реализации переменного-интервального метода: с использованием ускорений, работой «до отказа», чередованием интервалов различной продолжительности и интенсивности, с сочетанием в одном комплексе нагрузок, различных по характеру.

Ввиду разнообразия способов реализации переменного-интервального метода на первое место встает вопрос выбора оптимальных средств и способов дозирования основных параметров физической нагрузки, что, на наш взгляд, должно осуществляться на основе учета индивидуальных метаболических особенностей и предпочтений занимающихся.

Инсулинорезистентность. Одной из актуальнейших тем современных исследований в области дозирования нагрузок с учетом метаболических отклонений является влияние физических упражнений на инсулинорезистентность и массу тела [17]. Установлено, что при инсулинорезистентности осложняется проникновение глюкозы в ткани, в связи с чем поджелудочная железа повышает выработку инсулина. Длительная работа в усиленном режиме приводит к износу β -клеток, и посте-

пенно продуцирование инсулина снижается. Из-за дефицита гормона увеличивается концентрация глюкозы в крови, что может привести к изменению веса, снижению работоспособности, слабости и другим негативным последствиям. В случае повышения показателя индекса инсулинорезистентности основным рычагом управления анаболическим действием инсулина посредством физических нагрузок является снижение уровня глюкозы [20].

Обзорный анализ J. Raquin и J.C. Lagace, включающий исследования влияния разнонаправленных упражнений на уровни инсулина и глюкозы за последние 20 лет, показал, что в случае гипергликемии сочетание нагрузок аэробного и силового характера оказывают наиболее положительное влияние на показатели физической работоспособности. Данный механизм заключается в переменном воздействии как на процесс утилизации свободной глюкозы в крови, так и на скелетно-мышечный аппарат (развивая мускулатуру, способствующую увеличению самой скорости утилизации глюкозы, а также активации анаболического действия инсулина за счет снижения уровня глюкозы в крови) [16].

Комбинирование силовых нагрузок и нагрузок аэробного характера, на наш взгляд, наиболее удобно осуществлять с помощью применения переменного-интервального метода (рис. 1):

– интервалы работы в аэробном режиме развивают окислительные мышечные волокна, обеспечивающие наращивание аэробной производительности, увеличивают митохондриальную емкость, позволяющую использовать большее количество свободной глюкозы в качестве субстрата для производства АТФ;

– интервалы работы в силовом режиме способствуют повышению капиллярности скелетной мускулатуры, включению дополнительных двигательных единиц, увеличению энергозатрат и при развитии гипертрофии мышечной ткани – увеличению величины основного обмена.

Оба режима работы оказывают быстрый тренировочный эффект через снижение свободной глюкозы в крови и в долгосрочной перспективе несут разнонаправленное положительное воздействие на организм в целом.

Повышение индукции трийодтиронина и свободного тестостерона. В перечень характерных нарушений функции эндокринных систем, значительно участвовавших у молодежи и вызванных как генетически детерминированными факторами, так и следствием гиподинамии и других негативных сторон несоблюдения здорового образа жизни, также относится и снижение индукции энергетических и стероидных гормонов (свободных форм трийодтиронина и тестостерона), играющих определяющую роль в регуляции энергетического, пластического обмена и репродуктивной функции [1, 3, 12, 18].

Современными исследованиями показано, что нагрузки взрывного характера (на уровне анаэробного порога и от 70 до 90 % от максимальной частоты сердечных сокращений) оказывают мощное стимулирующее воздействие на секрецию тиреоидных гормонов, а также, повышая максимальное потребление кислорода и развивая скоростные способности, положительно коррелируют с высоким уровнем свободного тестостерона [11, 15, 19]. Однако ввиду накопления высокого кислородного долга продолжительность таких нагрузок ли-



Рис. 1. Переменно-интервальный метод с использованием упражнений различного характера при гипергликемии и инсулинорезистентности

Fig. 1. Variable-interval training of various protocols in hyperglycemia and insulin resistance

митирована возможностями кислородтранспортной и сердечно-сосудистой систем.

В связи с этим организация тренирующих воздействий переменным-интервальным методом, сочетающим короткие интервалы высокой интенсивности и более продолжительные интервалы в аэробном режиме (покрывающие кислородный долг и восстанавливающие нормальный ритм сердца), на наш взгляд, наиболее оптимальна при пониженных уровнях свободных форм трийодтиронина и тестостерона (рис. 2). Стимулирование обеих эндокринных систем помимо срочного тренировочного эффекта, выражающегося через острую немедленную гормональную реакцию, несет также и следовой, и кумулятивный эффекты, увеличивая скорость основного обмена, развивая функциональные возможности кардиореспираторной системы и снижая жировой компонент.

Ожирение. Стоит отметить, что зачастую ввиду единой природы возникновения (метаболический синдром) либо опосредованного влияния на смежные физиологические системы (ограничение физических возможностей) нарушение обмена веществ и низкие функциональные возможности наблюдаются у лиц с избыточной массой тела и высоким содержанием жира в теле [20] (рис. 3).

В юношеском возрасте данное состояние организма может повлечь за собой нарушения репродуктивной функции и эндокринной системы, а также является серьезным препятствием к успешной социализации как в учебном, так и в будущем трудовом коллективе. В связи с этим крайне важен поиск и внедрение эффективных и при этом безопасных способов снижения доли жирового компонента у лиц с избыточной массой тела, посещающих занятия физической культурой в вузе.

Применение переменного-интервального метода (рис. 4) с использованием упражнений как циклического, так и различного характера, на наш взгляд, в равной степени является оптимальным решением этой проблемы, однако с определенными коррективами.

Наличие избыточной массы тела ограничивает занимающихся в развитии высокой скорости в беге, соответствующей анаэробному порогу, в связи с чем чередование интенсивностей нагрузки, соответствующих границам зоны аэробно-анаэробного типа энергообеспечения, позволяет исключить риск возникновения состояния перенапряжения и травматизма.

Установлено, что деградация жирных кислот (β -окисление) происходит в митохондриях



Рис. 2. Переменно-интервальный метод с использованием упражнений циклического характера при пониженных уровнях свободных форм трийодтиронина и тестостерона

Fig. 2. Variable-interval training of cyclic exercise protocols in reduced levels of free triiodothyronine and testosterone

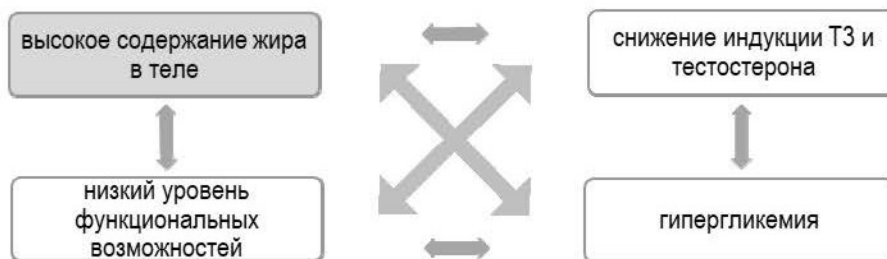


Рис. 3. Взаимосвязь морфофункциональных особенностей и метаболических нарушений

Fig. 3. Relationships between morphofunctional features and metabolic disorders



Рис. 4. Переменно-интервальный метод при снижении содержания жира
Fig. 4. Variable-interval training for fat reduction



Рис. 5. Переменно-интервальный метод с использованием упражнений циклического характера при снижении содержания жира в теле
Fig. 5. Variable-interval training of cyclic exercise protocols for fat reduction

клетки, снабжающих энергией другие ткани, в связи с чем наращивание митохондриальной емкости является необходимым этапом липолиза (Я. Кольман, К.Г. Рем). Вместе с тем переменная работа в аэробной и аэробно-анаэробной зонах позволяет повысить потребление кислорода за счет увеличения ударного объема крови, а также развить систему утилизации лактата за счет наращивания окислительного потенциала и увеличения доли окислительных мышечных волокон, что в дальнейшем будет способствовать более легкой активации жирового обмена в покое [7] (рис. 5).

Таким образом, комбинация силовых и аэробных нагрузок, организованных переменным-интервальным методом, будет способствовать укреплению скелетной мускулатуры и активации метаболизма путем развития окислительных мышечных волокон. А комбинация циклических упражнений с различной интенсивностью, соответствующей границам зоны аэробно-анаэробного типа энергообеспечения, позволит снизить риск перенапряжения у лиц с низким уровнем работоспособности, будет

способствовать активации метаболизма без риска потери мышечной массы.

Заключение. Приведенные нами на основе анализа научной и учебно-методической литературы варианты применения переменного-интервального метода на занятиях физической культурой студентов позволят эффективно и безопасно укреплять скелетную мускулатуру, снижать уровень свободной глюкозы и содержание жира в теле, развивать функциональные возможности организма и стимулировать индукцию энергетических и стероидных гормонов. Вариабельность содержания и параметров нагрузки различных компонентов метода обуславливается индивидуальными особенностями метаболических процессов занимающихся.

Применение каждого из описанных вариантов оказывает положительное влияние на несколько систем организма одновременно, что позволяет более комплексно решать задачи физического совершенствования занимающихся.

Проектирование тренирующих воздейст-

вий методом переменных нагрузок повышает моторную плотность занятия за счет замещения интервалов пассивного отдыха, необхо-

димого для восполнения энергетических ресурсов низкоинтенсивной работой в восстановительном аэробном режиме.

Список литературы

1. Дифференцированная оценка обменных процессов при акклиматизации в среднегорье квалифицированных бегунов на средние дистанции / В.В. Эрлих, А.П. Исаев, Ю.Н. Романов и др. // *Теория и практика физ. культуры*. – 2016. – № 3. – С. 14–16.
2. Евсеев, Ю.И. *Физическая культура* / Ю.И. Евсеев. – Ростов н/Д.: Феникс, 2003. – 384 с.
3. Заболевания щитовидной железы. Алгоритмы диагностики и лечебной тактики / А.Р. Волкова и др. – СПб.: РИЦ ПСПбГМУ, 2022. – 40 с.
4. Здоровый образ жизни студентов в современных условиях / Л.К. Аницоева, М.Л. Ковалева, О.В. Орлова, С.Г. Аболянина. – М.: Русайнс, 2023. – 96 с.
5. Иссурин, В.Б. *Подготовка спортсменов XXI века: научные основы и построение тренировок* / В.Б. Иссурин. – М.: Спорт, 2016. – 464 с.
6. Курбатова, Т.В. *Болезни нарушения обмена веществ, причины и клинические проявления* / Т.В. Курбатова // *Молодой ученый*. – 2019. – № 19 (257). – С. 76–78.
7. Мисникова, И.В. *Влияние физической нагрузки на обменные процессы у пациентов с метаболическим синдромом* / И.В. Мисникова, Ю.А. Ковалева // *Рус. мед. журнал. Эндокринология*. – 2018. – № 1 (I). – С. 8–11.
8. Платонов, В.Н. *Двигательные качества и физическая подготовка спортсменов* / В.Н. Платонов. – Киев: Олимп. лит., 2017. – 656 с.
9. Попов, Д.В. *Аэробная работоспособность человека* / Д.В. Попов, О.Л. Виноградова, А.И. Григорьев. – М.: Наука, 2012. – 111 с.
10. *Распространенность и биомаркеры метаболического синдрома* / О.Ю. Кытикова, М.В. Антонюк, Т.А. Кантур, Т.П. Новгородцева // *Ожирение и метаболизм*. – 2021. – № 18 (3). – С. 302–312.
11. *Тиреоидный статус при физических нагрузках* / В.В. Корнякова, Я.А. Сауткин, М.В. Заболотных и др. // *Международ. журнал приклад. и фундамент. исследований*. – 2018. – № 5. – С. 175–179.
12. *Тиреоидный статус спортсменов различных дисциплин* / Р. Раджаббадиев, К. Выборная, С. Лавриненко, А. Васильев // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2020. – № 20 (S1). – С. 5–12.
13. *Физическая активность и малоподвижный образ жизни студентов на севере России* / С. Логинов, А. Николаев, А. Снигирев и др. // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2021. – № 21 (S1). – С. 24–31.
14. Черепов, Е.А. *Динамика показателей стрессоустойчивости учащихся в процессе спортивного физического воспитания* / Е.А. Черепов, О.Б. Цейликман // *Теория и практика физ. культуры*. – 2015. – № 9. – С. 97–99.
15. *Exercise intensity and its effects on thyroid hormones* / F. Ciloglu, I. Peker, A. Pehlivan et al. // *Neuro endocrinology letters*. – 2005. – Vol. 26 (6). – P. 830–834.
16. *Exercising for Insulin Sensitivity – Is There a Mechanistic Relationship With Quantitative Changes in Skeletal Muscle Mass?* / J. Paquin, J. C. Lagace, M. Brochu, I.J. Dionne // *Frontiers in physiology*. – 2021. – Vol. 12, No. 12. – P. 656909. DOI: 10.3389/fphys.2021.656909
17. *Kazeminasab, F. The effects of exercise training on insulin resistance in children and adolescents with overweight or obesity: a systematic review and meta-analysis* / F. Kazeminasab. – <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37635963/>.
18. *Low Testosterone in Adolescents & Young Adults* / J. Cohen, D.E. Nassau, P. Patel, R. Ramasamy // *Frontiers in Endocrinology (Lausanne)*. – 2020. – Vol. 10, No.10. – P. 916. DOI: 10.3389/fendo.2019.00916
19. *Muscella, A. Effects of training on plasmatic cortisol and testosterone in football female referees*. – <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9069163>.
20. *Poian, A.T. Integrative Human Biochemistry* / A.T. Poian, M.R. Castanho. – Springer Nature Switzerland AG, 2021. – 685 p.

References

1. Erlich V.V., Isaev A.P., Romanov Yu.N. et al. [Differentiated Assessment of Metabolic Processes During Acclimatization in the Mid-mountain Region of Qualified Middle-distance Runners]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Education], 2016, no. 3, pp. 14–16. (in Russ.)
2. Evseev Yu.I. *Fizicheskaya kul'tura* [Physical Education]. Rostov-na-Donu, Phoenix Publ., 2003. 384 p.
3. Volkova A.R. et al. *Zabolevaniya shchitovidnoy zhelezy. Algoritmy diagnostiki i lechebnoy taktiki* [Thyroid Diseases. Algorithms for Diagnostics and Treatment Tactics]. St. Petersburg, 2022. 40 p.
4. Anitsoeva L.K., Kovaleva M.L., Orlova O.V., Abol'yanina S.G. *Zdorovyy obraz zhizni studentov v sovremennykh usloviyakh* [Healthy Lifestyle of Students in Modern Conditions]. Moscow, Rusains Publ., 2023. 96 p.
5. Issurin V.B. *Podgotovka sportsmenov XXI veka: nauchnyye osnovy i postroyeniye trenirovki* [Preparation of Athletes of the 21st Century. Scientific Foundations and Training Structure]. Moscow, Sport Publ., 2016. 464 p.
6. Kurbatova T.V. [Metabolic Disorders, Causes and Clinical Manifestations]. *Molodoy uchenyy* [Young Scientist], 2019, no. 19 (257), pp. 76–78. (in Russ.)
7. Misnikova I.V., Kovaleva Yu.A. [The Effect of Physical Activity on Metabolic Processes in Patients with Metabolic Syndrome]. *Russkiy meditsinskiy zhurnal. Endokrinologiya* [Russian Medical Journal. Endocrinology], 2018, no. 1 (1), pp. 8–11. (in Russ.)
8. Platonov V.N. *Dvigatel'nyye kachestva i fizicheskaya podgotovka sportsmenov* [Motor Qualities and Physical Training of Athletes]. Kiev, Olympic Literature Publ., 2017. 656 p.
9. Popov D.V., Vinogradova O.L., Grigoriev A.I. *Aerobnaya rabotosposobnost' cheloveka* [Human Aerobic Performance]. Moscow, Science Publ., 2012. 111 p.
10. Kytikova O.Yu., Antonyuk M.V., Kantur T.A., Novgorodtseva T.P. [Prevalence and Biomarkers of Metabolic Syndrome]. *Ozhireniye i metabolizm* [Obesity and Metabolism], 2021, no. 18 (3), pp. 302–312. (in Russ.) DOI: 10.14341/omet12704
11. Korniyakova V.V., Sautkin Yu.A., Zabolotnykh M.V. et al. [Thyroid Status During Physical Activity]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research], 2018, no. 5, pp. 175–179. (in Russ.)
12. Radzhabkadiev R., Vybornaya K., Lavrinenko S., Vasiliev A. Thyroid Status of Athletes of Various Disciplines. *Human. Sport. Medicine*, 2020, no. 20 (S1), pp. 5–12. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm20s101
13. Loginov S., Nikolaev A., Snigirev A. et al. Physical Activity and Sedentary Lifestyle of Students in the North of Russia. *Human. Sport. Medicine*, 2021, no. 21 (S1), pp. 24–31. (in Russ.)
14. Cherepov E.A., Tseilikman O.B. [Dynamics of Students' Stress Resistance Indicators in the Process of Sport-oriented Physical Education]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Education], 2015, no. 9, pp. 97–99. (in Russ.)
15. Ciloglu F., Peker I., Pehlivan A. et al. Exercise Intensity and its Effects on Thyroid Hormones. *Neuro Endocrinology Letters*, 2005, vol. 26 (6), pp. 830–834.
16. Paquin J., Lagace J.C., Brochu M., Dionne I.J. Exercising for Insulin Sensitivity – is There a Mechanistic Relationship with Quantitative Changes in Skeletal Muscle Mass? *Frontiers in Physiology*, 2021, vol. 12, no. 12, p. 656909. DOI: 10.3389/fphys.2021.656909
17. Kazeminasab F. *The Effects of Exercise Training on Insulin Resistance in Children and Adolescents with Overweight or Obesity: a Systematic Review and Meta-Analysis*. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37635963/>.
18. Cohen J., Nassau D.E., Patel P., Ramasamy R. Low Testosterone in Adolescents & Young Adults. *Frontiers in Endocrinology (Lausanne)*, 2020, vol. 10, no. 10, p. 916. DOI: 10.3389/fendo.2019.00916
19. Muscella A. *Effects of Training on Plasmatic Cortisol and Testosterone in Football Female Referees*. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9069163>.
20. Poian A.T., Castanho M.R. *Integrative Human Biochemistry*. Springer Nature Switzerland AG, 2021. 685 p. DOI: 10.1007/978-3-030-48740-9

Информация об авторах

Шароварова Марина Александровна, аспирант кафедры технологий физкультурно-спортивной деятельности, старший тренер-преподаватель по спорту, лаборант-исследователь, Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия.

Колунин Евгений Тимофеевич, кандидат биологических наук, доцент кафедры технологий физкультурно-спортивной деятельности, директор Института физической культуры, Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия.

Information about the authors

Marina A. Sharovarova, Postgraduate Student, Department of Physical Education and Sports Technologies, Senior Coach and Teacher, Research Assistant, Tyumen State University, Tyumen, Russia.

Evgeny T. Kolunin, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Education and Sports Technologies, Director of the Institute of Physical Education, Tyumen State University, Tyumen, Russia.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 24.03.2024

The article was submitted 24.03.2024

ВЛИЯНИЕ ТРЕНИРОВОК ПО ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ ГИДРОСРЕДЫ НА ФИЗИЧЕСКУЮ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ И СИЛУ МЫШЦ КОСМОНАВТОВ

Т.Б. Кукоба^{1,2}, tatyana-kukobra@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9550-8066>

¹ Научно-исследовательский испытательный Центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина, Звёздный городок, Московская область, Россия

² Российский государственный социальный университет, Москва, Россия

Аннотация. Цель: оценить влияние тренировок при выполнении типовых операций по внекорабельной деятельности (ВКД) в условиях гидросреды (ГС) на физическую работоспособность и силу мышц космонавтов. **Материалы и методы.** На базе гидролаборатории (ГЛ) Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина (ЦПК) проведена оценка физической работоспособности шестнадцати космонавтов (средний возраст которых составлял $39,5 \pm 6,5$ года, средний рост – $176,7 \pm 4,8$ см, средняя масса тела – $82,9 \pm 9,2$ кг). Средняя продолжительность тренировок космонавтов в скафандре «Орлан-ГН» (СК) составила $4 \text{ ч } 50 \text{ мин} \pm 25 \text{ мин}$. Внутри СК создавалось рабочее избыточное давление воздуха $0,4 \text{ кг/см}^2$. В процессе тренировки в реальном масштабе времени регистрировали частоту сердечных сокращений (ЧСС), температуру тела заушную (ТТз), рассчитывали величину энергозатрат (ЭТ). До начала и после тренировки измеряли массу тела, силу мышц кисти и спины, оценивали общую физическую работоспособность космонавтов. **Результаты.** За тренировку масса тела снижалась у всех космонавтов. Реакция физиологических систем космонавтов на нагрузку в виде типовых операций ВКД в условиях ГС была в пределах возрастной физиологической нормы на протяжении всей тренировки. Общая физическая работоспособность, сила мышц как кисти, так и спины космонавтов достоверно значимо снижалась после тренировки. **Заключение.** Полученные данные свидетельствуют о том, что работоспособность и сила мышц космонавтов после тренировки в условиях ГС значительно снижалась, а также наблюдалась дегидратация организма, напряжение деятельности сердечно-сосудистой системы в покое, ухудшение толерантности к физической нагрузке, утомление мышечной системы. Полученные данные необходимо учитывать при планировании операторской деятельности в процессе подготовки космонавтов к космическому полету и выполнению ВКД на МКС.

Ключевые слова: космонавты, физическая работоспособность, сила, внекорабельная деятельность

Для цитирования: Кукоба Т.Б. Влияние тренировок по внекорабельной деятельности в условиях гидросреды на физическую работоспособность и силу мышц космонавтов // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 4. С. 119–125. DOI: 10.14529/hsm240415

Original article
DOI: 10.14529/hsm240415

PHYSIOLOGICAL IMPACTS OF HYDRO ENVIRONMENT EXTRAVEHICULAR ACTIVITY TRAINING IN COSMONAUTS

T.B. Kukoba^{1,2}, tatyana-kukobra@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9550-8066>

¹ Yu.A. Gagarin Research & Test Cosmonaut Training Center, Star City, Moscow region, Russia

² Russian State Social University, Moscow, Russia

Abstract. Aim. This paper aims to investigate the effects of standard extravehicular activity (EVA) training in a hydro environment on physical performance and muscle strength in cosmonauts. **Materials and methods.** Sixteen cosmonauts (mean age – 39.5 ± 6.5 years, mean height – 176.7 ± 4.8 cm, mean weight – 82.9 ± 9.2 kg) underwent $4 \text{ h } 50 \text{ min} \pm 25 \text{ min}$ of training in the Orlan-GN spacesuit (HydroLab, Gagarin Cosmonaut Training Center) at an internal pressure of 0.4 kg/cm^2 . Physiological measurements

(heart rate, body temperature) and energy consumption were recorded during the EVA training. Anthropometric measurements (body weight), muscle strength (handgrip and back muscles), and physical performance were evaluated pre- and post-training. **Results.** The results obtained demonstrated the following: a decrease in body weight throughout the training period; physiological responses to standard EVA operations within the age-related physiological norm throughout the training period; decreased physical performance and significant muscle fatigue post-training. **Conclusion.** The key findings indicate dehydration, reduced cardiovascular reactivity at rest, decreased exercise tolerance, and increased muscle fatigue. These results have critical implications for space mission planning and EVA operations on the international space station.

Keywords: cosmonauts, physical performance, strength, extravehicular activity

For citation: Kukoba T.B. Physiological impacts of hydro environment extravehicular activity training in cosmonauts. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(4):119–125. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240415

Введение. В настоящее время в международном космическом сообществе ведется обсуждение приоритетных направлений по программам исследования и освоения дальнего космоса. Рассматриваются различные сценарии освоения дальнего космоса, чаще наблюдается следующая тенденция: первым объектом освоения планируется Луна, вторым Марс, затем освоение околоземных объектов Солнечной системы [12, 13, 15]. Перспективные программы пилотируемых полетов на Луну предусматривают выполнение космонавтами множества исследований на ее поверхности, что обуславливает увеличение времени внекорабельной деятельности (ВКД) [1, 5, 10]. Некоторые условия работы космонавтов на поверхности Луны будут достаточно близки к условиям ВКД на Международной космической станции (МКС). В настоящее время в России накоплен большой опыт и сформированы эффективные системы подготовки космонавтов к ВКД на низких околоземных орбитах. Отбор космонавтов в экипаж осуществляется в том числе и с учетом их физической подготовленности, гарантирующей высокую работоспособность при длительной многоплановой ВКД. Это подтверждается успешной работой космонавтов на МКС при выполнении работ по ВКД [4]. Космонавты проходят отработку операций ВКД на разных технических средствах подготовки космонавтов ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» (ЦПК). В нашем исследовании рассматриваются данные, полученные в процессе тренировки в условиях гидросреды (ГС) в гидролаборатории (ГЛ) ЦПК. Эффективность профессиональной деятельности космонавта в специфических условиях ВКД в большей степени определяется уровнем общей физической работоспособности (ОФР) и силовой подготовленности.

Под физической работоспособностью понимают возможности человека, обеспечивающие ему длительное выполнение какой-либо двигательной деятельности без снижения ее эффективности [2, 7]. С физиологической точки зрения работоспособность – это способность человека выполнять в заданных параметрах и конкретных условиях профессиональную деятельность, сопровождающуюся обратимыми, в сроки регламентированного отдыха, функциональными изменениями в организме [8]. Работоспособность представляет собой реакцию организма на определенную нагрузку и указывает на то, какой физиологической ценой для человека обходится эта работа, т. е. чем, например, организм космонавта «расплачивается» за длительное выполнение операций по ВКД в СК в ГС. Специальная работоспособность космонавта в процессе тренировок по ВКД в условиях ГС в значительной мере определяется способностью сердечно-сосудистой и нервно-мышечной систем выдерживать тяжелые длительные физические нагрузки.

Цель исследования: оценить влияние тренировок по ВКД в условиях ГС на физическую работоспособность и силу мышц космонавтов.

Методы и организация исследования. В исследованиях приняли участие шестнадцать космонавтов, из которых: один космонавт, выполнивший три космических полета (КП); один космонавт, выполнивший два КП; четыре космонавта, выполнивших по одному КП; десять космонавтов, не имеющих опыта КП. Возраст космонавтов в среднем по группе составлял $39,5 \pm 6,5$ года, средний рост – $176,7 \pm 4,8$ см, средняя масса тела – $82,9 \pm 9,2$ кг. В исследовании в качестве модели, воспроизводящей эффекты невесомости, использовали

ГЛ ЦПК. В процессе тренировки в ГЛ космонавты, снаряженные в СК, выполняли типовые операции (ТО) ВКД в условиях ГС.

Средняя продолжительность тренировок космонавтов в скафандре «Орлан-ГН» (СК) по выполнению ТО ВКД в условиях ГС составила 4 ч 50 мин \pm 25 мин. Внутри СК создавалось рабочее избыточное давление воздуха 0,4 кг/см².

В процессе тренировки в реальном масштабе времени с помощью телеметрических комплексов ГЛ осуществлялся оперативный медицинский контроль состояния здоровья космонавтов (частота сердечных сокращений (ЧСС), частота дыхания (ЧД), температура тела заушная (ТТз)), а также контроль технических параметров СК (температура воды на входе и выходе костюма водяного охлаждения, температура воздуха на входе и выходе скафандра, расход воздуха и воды, процентное содержание CO₂).

ЧСС у космонавтов рассчитывалась по кривой ЭКГ, регистрируемой в отведении D-S. ТТз измерялась термистором, укрепленным на коже в заушной ямке космонавта.

Для определения энерготрат (ЭТ) методом непрямой дыхательной калориметрии производили непрерывные измерения расхода вентиляции и концентраций углекислого газа в атмосфере скафандра, а именно: разности концентрации CO₂ на входе и выходе поглотителя CO₂ системы жизнеобеспечения, снабженной контуром вентиляции и контуром водяного охлаждения [1, 3].

До начала и через 15 минут после начала тренировки измеряли массу тела космонавтов.

По результатам теста Руфье – Диксона оценивали ОФР и скорость восстановительных процессов. Силу мышц кисти и спины определяли с помощью кистевой и становой динамометрии соответственно.

Оценка достоверности различий между результатами, полученными до начала тренировки и по её окончании, осуществляли на основе применения t-критерия Стьюдента. Различия считались значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. За тренировку масса тела снижалась у всех космонавтов, средние потери составляли 1,5 %, индивидуальные потери составляли от 1,05 до 1,95 кг.

Анализ данных, полученных во время тренировки, показал, что реакция физиологических систем космонавтов на нагрузку в виде типовых операций ВКД в условиях ГС была в пределах возрастной физиологической нормы на протяжении всей тренировки (см. таблицу).

Средняя ЧСС космонавтов во время тренировки по ВКД в среднем по группе составляла 101 \pm 17,0 уд./мин, что указывает на то, что большую часть тренировки нагрузка оценивается как низкоинтенсивная. При выполнении наиболее сложных операций ВКД ЧСС возрастала в среднем до 143 \pm 18,1 уд./мин. Диапазон индивидуальных максимальных значений ЧСС за тренировку составлял от 125 до 161 уд./мин. ТТз во время тренировки была в пределах физиологической нормы и находилась в диапазоне (35,2 \pm 0,8)–(37,2 \pm 0,7) °С. ЭТ в состоянии относительного покоя составляли от 2,2 \pm 1,4 ккал/мин, а при максимальных нагрузках достигали 7,4 \pm 1,5 ккал/мин, скорость энергопотребления составляла в сред-

Функциональное состояние космонавтов в процессе тренировки по внекорабельной деятельности в условиях моделированной невесомости в гидросреде
Functional performance in cosmonauts during EVA training in simulated weightlessness under water

Показатель Parameter	Среднее за тренировку Average per training session X \pm σ	Максимальное за тренировку Max per training session X \pm σ	Минимальное за тренировку Min per training session X \pm σ
ЧСС, уд./мин HR, bmp	101 \pm 17,0	143 \pm 18,1	59 \pm 9,2
ТТз, °С Behind the ear temperature, °С	36,7 \pm 0,3	37,2 \pm 0,7	35,2 \pm 0,8
ЧД, циклов в мин Breathing rate, cycles / min	21 \pm 2,1	40 \pm 1,4	7 \pm 0,2
ЭТ, ккал/мин Energy metabolism, Kcal / min	4,2 \pm 0,7	7,4 \pm 1,5	2,2 \pm 1,4
ЭТ, ккал за тренировку Energy metabolism, Kcal per workout	1133,20 \pm 137,26		

нем $4,2 \pm 0,7$ ккал/мин. Диапазон индивидуальных максимальных значений ЭТ за тренировку составлял от 5,56 до 10,64 ккал/мин. За время тренировки космонавты в среднем тратили $1133,20 \pm 137,26$ ккал.

Масса тела космонавтов за период тренировки снизилась в среднем по группе на 1,5 %, индивидуальные потери находились в диапазоне от 1,05 до 1,95 кг. По окончании тренировки ЧСС в состоянии покоя превышала исходный уровень на $12,6 \pm 8,3$ % ($P = 0,03$). АДд снизилось на $10,7 \pm 5,9$ % ($P = 0,01$). Показатели АДс и ЧД после тренировки практически не изменились.

До тренировки ОФР у двух космонавтов оценивалась как «отличная», у четырнадцати – как «хорошая». После тренировки оценки «отличная» не выявлено ни у одного космонавта. Оценка «хорошая» осталась у семи космонавтов. У одного космонавта оценка с «отличной» снизилась до «средней», у одного космонавта оценка с «отличной» снизилась до «хорошей». У пяти космонавтов оценка с «хорошей» снизилась до «средней», у двух – с «хорошей» до «слабой». До тренировки в первые 15 с после нагрузки в среднем по группе ЧСС поднималась на 20 уд./мин, после тренировки – на 31 уд./мин. Время восстановления ЧСС после пробы увеличилось у десяти космонавтов, у шести не изменилось.

Сила мышц как кисти, так и спины космонавтов достоверно значимо снижалась после тренировки. До тренировки сила мышц кисти в среднем по группе составляла $60,0 \pm 6,0$ кг, сила мышц спины составляла $152,1 \pm 18,0$ кг. После тренировки сила мышц кисти снизилась на 10 % ($P = 0,04$), сила мышц спины снизилась на 12 % ($P = 0,02$).

В связи с планированием в перспективе полетов на Луну интерес вызывают исследования, направленные на определения уровня физической подготовленности человека в условиях микрогравитации [14] и при ВКД в моделируемых эффектах невесомости экспериментах [15, 16]. Полученные нами данные о динамике изучаемых физиологических параметров во время выполнения космонавтами тренировки по ВКД в условиях ГС согласуются с данными, полученными при реальной ВКД, проведенной на Российском сегменте (РС) МКС [6, 9]. В.П. Катунцевым с соавторами было отмечено снижение массы тела у космонавтов после выполнения реального ВКД, у шести из четырнадцати космонавтов потери

составили от 0,1 до 0,6 кг, у пяти – от 1,3 до 2,5 [6]. Было выявлено, что у астронавтов масса тела за пятичасовой выход в открытый космос снижалась до 2,6 кг [11]. Иностранцы специалисты показали, что в условиях моделированной лунной гравитации (1/6 G) в процессе ходьбы со скоростью до 3 км/ч на беговой дорожке в скафандре скорость метаболизма испытуемого составляла примерно $17 \text{ мл/кг}^{-1}/\text{мин}^{-1}$, при моделировании марсианской гравитации (1/8 G) – $28 \text{ мл/кг}^{-1}/\text{мин}^{-1}$ [14].

Во время реальной ВКД энерготраты в периоды *низкоинтенсивной работы* космонавтов составляли 1,5–2,5 ккал/мин, ЧСС при этом находилась в диапазоне 51–60 уд./мин. В нашем случае при минимальных за тренировку по ВКД энерготратах 0,8–3,6 ккал/мин ЧСС составляла 50–68 уд./мин. В период *максимальных нагрузок* во время реального ВКД значения энерготрат могли достигать 8–9,8 ккал/мин при ЧСС 150–168 уд./мин. В тренировках по ВКД в условиях ГС максимальные значения ЭТ были меньше и достигали 5,9–8,9 ккал/мин при ЧСС 125–161 уд./мин. При выполнении операций ВКД в открытом космосе средние ЭТ находились в диапазоне от 3 до 6 ккал/мин, ЧСС при этом варьировала от 75 до 115 уд./мин [6]. В нашем случае средние ЭТ составляли 3,5–4,9 ккал/мин при ЧСС 84–119 уд./мин. Опыт реальной ВКД показал, что в целях обеспечения безопасности выполнения ВКД операции с ЭТ больше 6,0 ккал/мин могут продолжаться не более 10 мин, так как длительная работа высокой интенсивности может привести к резкому снижению физических возможностей космонавта и значительно увеличить время восстановления его работоспособности [6]. Снижение ОФР космонавтов после тренировки подтверждается данными, полученными нами в пробе Руфье – Диксона. У большинства космонавтов снизился индекс Руфье – Диксона, и увеличилось время восстановления ЧСС после дозированной нагрузки.

Известно, что выполнение всех операций как в реальной ВКД, так и в процессе тренировки по ВКД осуществляется преимущественно с помощью рук. Таким образом, длительное время преобладает региональный тип физической нагрузки, направленной на мелкие группы мышц верхних конечностей и плечевого пояса [6]. Это усиливает ощущение утомления как локального (кисти, верхние конечности), так и общего характера. Полученные нами данные динамометрии кисти указывают

на значительное утомление мышц плечевого пояса и верхних конечностей. Снижение силы мышц кисти ($P = 0,04$) космонавтов согласуется с данными, полученными при моделировании в ГС ВКД у астронавтов, сила мышц рук которых после тренировки снижалась на 10 %. Тренировка по ВКД вызывает утомление крупных мышечных групп. Так, нами выявлено снижение силы мышц спины на 13 % ($P = 0,02$), а у астронавтов за пятичасовую ВКД зафиксировано снижение силы мышц бедра до 30 % [10].

Заключение. Тренировки по внекорабельной деятельности в условиях гидросреды оказывают негативное влияние на физическую работоспособность и силу мышц космонавтов. Полученные данные свидетельствуют о значительном снижении физической работоспо-

собности и силы мышц кисти и спины после тренировки. После пятичасовой тренировки у космонавтов наблюдались такие негативные изменения, как: дегидратация организма, напряжение деятельности сердечно-сосудистой системы в покое, ухудшение толерантности к физической нагрузке, признаки утомления мышечной системы.

Полученные данные необходимо учитывать при планировании операторской деятельности в процессе подготовки космонавтов к космическому полету и выполнению ВКД на МКС.

Для планирования подготовки космонавтов к выполнению лунной миссии и осуществлению ВКД на лунной поверхности требуется проведение дополнительных исследований.

Список литературы

1. Актуальные проблемы пилотируемых полетов к Луне: новые задачи отбора и подготовки экипажей лунных экспедиций / Ю.Б. Сосюрка, И.Г. Сохин, П.П. Долгов, Р.Р. Каспранский // Полет. Общечер. науч.-техн. журнал. – 2014. – № 6. – С. 21–28.
2. Граевская, Н.Д. Спортивная медицина / Н.Д. Граевская, Т.И. Долматова, – М.: Совет. спорт, 2004. – 304 с.
3. Катунцев, В.П. Тепловое состояние космонавтов при автоматическом регулировании теплосъема в период внекорабельной деятельности с борта Международной космической станции / В.П. Катунцев, С.Н. Филипенков // Медицина экстрем. ситуаций. – 2019. – Т. 21, № 2. – С. 300–309.
4. Концептуальные подходы к построению системы отбора космонавтов в свете предстоящих задач перспективных пилотируемых программ / Б.И. Крючков, М.М. Харламов, В.М. Усов и др. // Пилотируемые полеты в космос. – 2020. – Т. 37, № 4. – С. 5–27.
5. Об особенностях профессиональной деятельности космонавтов при осуществлении лунных миссий / Б.И. Крючков, В.М. Усов, В.И. Ярополов и др. // Пилотируемые полеты в космос. – 2016. – Т. 19, № 2. – С. 35–57.
6. Российский опыт медицинского обеспечения внекорабельной деятельности космонавтов, проведенной с борта Международной космической станции в 2001–2015 гг. / В.П. Катунцев, Ю.Ю. Осипов, С.Н. Филипенков и др. // Медицина экстрем. ситуаций. – 2016. – Т. 55, № 1. – С. 8–18.
7. Солодков, А.С. Физическая работоспособность спортсменов и общие принципы её коррекции (ч. 1) / А.С. Солодков // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2014. – Т. 109, № 3. – С. 148–158.
8. Сонькин, В.Д. Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе / В.Д. Сонькин, Р.В. Тамбовцева. – М.: Кн. дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – 365 с.
9. Физиолого-гигиенические аспекты обеспечения работы космонавтов в орбитальном полете / И.П. Абрамов, А.С. Барер, М.И. Вакар, и др. // Космич. биология и авиакосмич. медицина. – 1982. – Т. 6, № 6. – С. 16–22.
10. Belobrajdic, B. Planetary extravehicular activity (EVA) risk mitigation strategies for long-duration space missions / B. Belobrajdic, K. Melone, A. Diaz-Artiles // npj Microgravity. – 2021. – Vol. 1 (7). – P. 16. DOI: 10.1038/s41526-021-00144-w
11. Cowell, S.A. The exercise and environmental physiology of extravehicular activity / S.A. Cowell, J.M. Stocks, D.G. Evans // Aviation, space, and environmental medicine. – 2002. – Vol. 1 (73). – P. 54–67. PMID: 11817621.
12. Gastrocnemius medialis contractile behavior during running differs between simulated Lunar and Martian gravities / C. Richter, B. Braunstein, B. Staeudle, et al. // Scientific Reports. – 2021. – Vol. 1 (94). – P. 22555. DOI: 10.1038/s41598-021-00527-9

13. Pieters, C. M. *Why go Forward to the Moon? Because it is an Integral Part of the Earth – Moon System* / C.M. Pieters, J.W. Head, C.R. Neal // *The Eleventh Moscow Solar System Symposium 11M-S3*. – 2020. – P. 194.

14. *Relationship between simulated extravehicular activity tasks and measurements of physical performance* / C.J. Ade, R.M. Broxterman, J.C. Craig, et al. // *Respiratory physiology & neurobiology*. – 2014. – Vol. 203. – P. 19–27. DOI: 10.1016/j.resp.2014.08.007

15. *Simulation and preparation of surface EVA in reduced gravity at the Marseilles Bay subsea analogue sites* / P. Weiss, B. Gardette, B. Chirié, et al. // *Planetary and Space Science*. – 2012. – Vol. 74. – P. 121–134.

16. Zhang, J.Y., *Performance Risks During Surface Extravehicular Activity and Potential Mitigation Using Multimodal Displays* / J.Y. Zhang, A.P. Anderson // *Aerospace medicine and human performance*. – 2023. – Vol. 1 (94). – P. 34–41. DOI: 10.3357/AMHP.6066.2023

References

1. Sosyurka Yu.B., Sokhin I.G., Dolgov P.P., Kaspranskiy R.R. [Current Problems of Manned Flights to the Moon. New Tasks of Selecting and Training Crews of Lunar Expeditions]. *Polet. Obshcherossiyskiy nauchno-tekhnicheskii zhurnal* [Flight. All-Russian Scientific and Technical Journal], 2014, no. 6, pp. 21–28. (in Russ.)

2. Graevskaya N.D., Dolmatova T.I. *Sportivnaya medicina* [Sports Medicine]. Moscow, Soviet Sport Publ., 2004. 304 p.

3. Katuntsev V.P., Filipenkov S.N. [Thermal State of Astronauts During Automatic Regulation of Heat Removal During Extravehicular Activity on Board the International Space Station]. *Meditsina ekstremal'nykh situatsiy* [Emergency Medicine], 2019, vol. 2, no. 2, pp. 300–309. (in Russ.)

4. Kryuchkov B.I., Kharlamov M.M., Usov V.M. et al. [Conceptual Approaches to Building a Cosmonaut Selection System in Light of the Upcoming Tasks of Promising Manned Programs]. *Pilotiruemye polety v kosmos* [Manned Space Flights], 2020, vol. 37, no. 4, pp. 5–27. (in Russ.) DOI: 10.34131/MSF.20.4.5-27

5. Kryuchkov B.I., Usov V.M., Yaropolov V.I. et al. [On the Peculiarities of the Professional Activities of Astronauts During Lunar Missions]. *Pilotiruemye polety v kosmos* [Manned Space Flights], 2016, vol. 19, no. 2, pp. 35–57. (in Russ.)

6. Katuntsev V.P., Osipov Yu.Yu., Filipenkov S.N. et al. [Russian Experience of Medical Support for Extravehicular Activities of Astronauts Carried out on Board the International Space Station in 2001–2015]. *Meditsina ekstremal'nykh situatsiy* [Emergency Medicine], 2016, vol. 55, no. 1, pp. 8–18. (in Russ.)

7. Solodkov A.S. [Physical Performance of Athletes and General Principles of its Correction (Part 1)]. *Uchenyye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta* [Scientific Notes of the University P.F. Lesgaft], 2014, vol. 109, no. 3, pp. 148–158. (in Russ.) DOI: 10.5930/issn.1994-4683.2014.03.109.p148-158

8. Son'kin V.D., Tambovtseva R.V. *Razvitiye myshechnoy energetiki i rabotosposobnosti v ontogeneze* [Development of Muscle Energy and Performance in Ontogenesis]. Moscow, LIBROKOM Publ., 2010. 365 p.

9. Abramov I.P., Barer A.S., Vakar M.I. et al. [Physiological and Hygienic Aspects of Ensuring the Work of Astronauts in Orbital Flight]. *Kosmicheskaya biologiya i aviakosmicheskaya medicina* [Space Biology and Aerospace Medicine], 1982, vol. 6, no. 6, pp. 16–22. (in Russ.)

10. Belobrajdic B., Melone K., Diaz-Artiles A. Planetary Extravehicular Activity (EVA) Risk Mitigation Strategies for Long-duration Space Missions. *Npj Microgravity*, 2021, vol. 1 (7), p. 16. DOI: 10.1038/s41526-021-00144-w

11. Cowell S.A., Stocks J.M., Evans D.G. The Exercise and Environmental Physiology of Extravehicular Activity. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 2002, no. 1 (73), pp. 54–67.

12. Richter C., Braunstein B., Staeudle B. et al. Gastrocnemius Medialis Contractile behavior During Running Differs between Simulated Lunar and Martian Gravities. *Scientific Reports*, 2021, no. 1 (94), p 22555. DOI: 10.1038/s41598-021-00527-9

13. Pieters C.M., Head J.W., Neal C.R. Why go Forward to the Moon? Because it is an Integral Part of the Earth – Moon System. *The Eleventh Moscow Solar System Symposium 11M-S3*. 2020, 194 p.

14. Ade C.J., Broxterman R.M., Craig J.C. et al. Relationship between Simulated Extravehicular Activity Tasks and Measurements of Physical Performance. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 2014, vol. 203, pp. 19–27. DOI: 10.1016/j.resp.2014.08.007

15. Weiss P., Gardette B., Chirié B. et al. Simulation and Preparation of Surface EVA in Reduced Gravity at the Marseilles Bay Subsea Analogue Sites. *Planetary and Space Science*, 2012, vol. 74, pp. 121–134. DOI: 10.1016/j.pss.2012.06.022

16. Zhang J.Y., Anderson A.P. Performance Risks During Surface Extravehicular Activity and Potential Mitigation Using Multimodal Displays. *Aerospace Medicine and Human Performance*, 2023, vol. 1 (94), pp. 34–41. DOI: 10.3357/AMHP.6066.2023

Информация об авторе

Кукоба Татьяна Борисовна, кандидат педагогических наук, начальник научно-исследовательской испытательной лаборатории медицинского управления, Центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина, Московская область, Звездный городок, Россия; доцент кафедры нормальной физиологии, Российский государственный социальный университет, Москва, Россия.

Information about the author

Tatyana B. Kukoba, Candidate of Pedagogical Sciences, Head of the Yu.A. Gagarin Research & Test Cosmonaut Training Center, Moscow region, Star City, Russia; Associate Professor of the Department of Normal Physiology, Russian State Social University, Moscow, Russia.

Статья поступила в редакцию 12.03.2024

The article was submitted 12.03.2024

ОПТИМИЗАЦИЯ ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ С УЧЕТОМ УРОВНЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СТУДЕНТОВ ВУЗА

*М.Ю. Федорова*¹, fmarin888@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8053-9393>
*Е.К. Гильфанова*¹, gilfanovaelena@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-0872-7015>
*Н.В. Бочкарникова*², bo4kanat@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0006-9436-069X>

¹ Забайкальский государственный университет, Чита, Россия

² Тюменский государственный медицинский университет, Тюмень, Россия

Аннотация. Цель: моделирование физического воспитания студентов на основе профессионально-ориентированного развития физических качеств и двигательных способностей. **Материалы и методы.** Исследования были проведены в физкультурно-оздоровительном комплексе «Университет» Забайкальского государственного университета в течение 2022/2023 учебного года. В исследовании приняли участие студенты (n = 80): КГ (n = 40) – учебные занятия проводились на основе типовой рабочей программы с направленностью на развитие физических качеств и двигательных способностей; ЭГ (n = 40) – модульная рабочая программа на основе профессионально-ориентированного развития физических качеств и двигательных способностей в развивающем и поддерживающем режиме. Проведены теоретический анализ научной и методической литературы, педагогическое тестирование для определения уровня физической подготовленности студентов. Для обработки результатов исследования использован метод математической статистики. **Результаты.** Полученные результаты, характеризующие динамику изменения показателей у студентов ЭГ, позволяют говорить о благоприятном воздействии экспериментальной модели на физическую подготовленность испытуемых. Наблюдается улучшение показателей физической подготовленности во всех тестовых упражнениях. Динамика показателей физической подготовленности у студентов КГ варьируется от 4,23 до 7,14 %; у студентов ЭГ – от 5,78 до 12,46 %. **Заключение.** Реализация модульной технологии планирования профессионально-ориентированного развития физических качеств и двигательных способностей в развивающем и поддерживающем режиме способствует поступательному развитию у студентов общей выносливости, гибкости, силовых, скоростно-силовых и координационных способностей.

Ключевые слова: студенты, физическое воспитание, физическая подготовленность, моделирование

Для цитирования: Федорова М.Ю., Гильфанова Е.К., Бочкарникова Н.В. Оптимизация физического воспитания с учетом уровня физической подготовленности студентов вуза // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 4. С. 126–133. DOI: 10.14529/hsm240416

Original article
DOI: 10.14529/hsm240416

OPTIMIZING PHYSICAL EDUCATION PROGRAMS BASED ON FITNESS LEVELS IN UNIVERSITY STUDENTS

*M.Yu. Fedorova*¹, fmarin888@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8053-9393>
*E.K. Gilfanova*¹, gilfanovaelena@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-0872-7015>
*N.V. Bochkarnikova*², bo4kanat@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0006-9436-069X>

¹ Transbaikal State University, Chita, Russia

² Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia

Abstract. Aim. This paper aims to identify the effects of a modular, professionally-oriented physical education program on students' physical fitness. **Materials and methods.** The study was conducted at Zabaikalsky State University during the 2022/2023 academic year. Eighty students were assigned either to a control group (CG, n = 40) or an experimental group (EG, n = 40). The CG received traditional training

sessions focusing on general physical qualities and motor abilities. The EG participated in a modular program tailored to professionally-oriented enhancement and maintenance of physical qualities and motor abilities. Physical fitness levels were evaluated using standardized tests. Statistical analysis was performed using appropriate tests. The authors provide a methodological and theoretical analysis of existing literature. **Results.** The results obtained suggest that a modular, professionally-oriented approach to physical education can lead to more substantial improvements in physical fitness among students. Specifically, the mean improvement in physical fitness scores ranged from 5.78% to 12.46% for the EG and from 4.23% to 7.14% for the CG. **Conclusion.** Implementing a modular, professionally-oriented physical education program can promote progressive development and better maintenance of students' general endurance, flexibility, strength, speed-strength, and coordination abilities.

Keywords: students, physical education, physical fitness, modeling

For citation: Fedorova M.Yu., Gilfanova E.K., Bochkarnikova N.V. Optimizing physical education programs based on fitness levels in university students. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(4):126–133. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240416

Введение. В современных условиях подготовки специалистов различного профиля в высших учебных заведениях наблюдается снижение двигательной активности студентов. Специалисты связывают данное положение с интенсификацией учебного процесса и аргументируют это ухудшением здоровья, что влияет на уровень физической подготовленности и готовности к будущей профессиональной деятельности учащейся молодежи [4, 6, 11, 19].

В качестве действенных факторов физического совершенствования студенческой молодежи и готовности ее к будущей профессиональной деятельности многие исследователи считают проведение систематических занятий физическими упражнениями, способствующих оптимизации физического и психического здоровья, а также повышению уровня физической подготовленности обучающихся. В этом контексте процесс физического воспитания в вузе содействует подготовке к будущей профессиональной деятельности в рамках повышения функциональных и адаптационных возможностей организма, физического состояния студентов [1, 16, 17].

Анализ научно-методической литературы показал, что физическое воспитание в вузе способствует повышению физической и умственной работоспособности, регуляции психоэмоционального состояния студентов [3].

Дисциплина «Элективные курсы по физической культуре и спорту» является единственной дисциплиной учебного плана, содержание которой направлено на сохранение и укрепление здоровья студентов, развитие физических качеств и функциональных возможностей, совершенствование психофизического

потенциала обучающихся, необходимых в будущей профессиональной деятельности специалистов.

Успешность профессиональной деятельности определяется определенными психофизическими качествами. Особое место в подготовке к профессиональной деятельности занимает целенаправленная физическая подготовка, обеспечивающая профессионально-ориентированное развитие физических качеств и двигательных навыков, способствующих качественной подготовке к профессиональной деятельности [2, 5].

Необходимо отметить, что во многих исследованиях отмечено отсутствие целостного представления о содержании физической подготовки с направленностью на воспитание профессионально важных физических качеств [7, 8, 15]. Поэтому, согласно требованиям современного высшего образования, в процессе освоения дисциплин по физической культуре и спорту необходимо осуществлять физическую подготовку студентов с направленностью на формирование готовности к будущей профессиональной деятельности [10].

Материалы и методы. Педагогический эксперимент проведен на базе Забайкальского государственного университета со студентами-юношами двух факультетов. Экспериментальная группа (ЭГ) состояла из 40 студентов горного факультета – специализация 21.05.04 Горное дело. Контрольная группа (КГ) в составе 40 студентов энергетического факультета – направление 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника в течение учебного года занималась согласно типовой рабочей программе.

Согласно рекомендациям специалистов в области тестирования физической подготов-

ленности на занятиях по физической культуре и спорту, в процессе исследования у испытуемых ЭГ и КГ оценивались показатели, отражающие уровень развития физических качеств и двигательных способностей [9, 12–14]: общая выносливость – бег на 3000 м; скоростные способности – бег на 100 м; силовые способности – сгибание–разгибание рук в упоре лежа, подтягивание на высокой перекладине; скоростно-силовые способности – прыжок в длину с места; координационные способности – челночный бег 3×10 м; гибкость – наклон туловища вперед.

Результаты исследования. В процессе исследования была разработана экспериментальная модель физической подготовки студентов специальности 21.05.04 Горное дело с направленностью на формирование готовности к будущей профессиональной деятельности.

Рассматривая требования профессионального стандарта специалистов в области инженерно-геодезических изысканий, мы видим, что профессионально важными физическими, психическими и личностными качествами специалистов в данной области деятельности являются: физическое и психическое здоровье, физическая подготовленность и психическая устойчивость, физическая работоспособность и функциональная подготовленность, высокая концентрация внимания, точность сложнокоординационных двигательных действий.

Поэтому основу экспериментальной модели составили следующие положения: а) разработка профиограммы для специальности 21.05.04 Горное дело на основе комплексного контроля физического и психоэмоционального состояния студентов, которая отражает требования, предъявляемые к физической и функциональной подготовленности, физической работоспособности и психофизическим качествам будущих специалистов горной промышленности; б) осуществление физической подготовки с направленностью на формирование готовности к будущей профессиональной деятельности; в) планирование учебных занятий в модульном варианте в соответствии с профессионально-ориентированным развитием физических качеств и двигательных способностей, таких как точность сложно координационных двигательных действий, равновесие, силовые способности, скорость двигательной реакции, статическая и динамическая выносливость.

В каждом семестре планируется четыре

модуля, которые предусматривают развитие физических качеств и двигательных способностей в развивающем и поддерживающем режиме с использованием дифференцированного подхода по уровню физической подготовленности студентов.

У юношей ($n = 80$) энергетического и горного факультетов ЗабГУ, принимавших участие в эксперименте, паспортный возраст составил $19,75 \pm 0,25$ года. По результатам медицинского освидетельствования студенты отнесены к основной медицинской группе.

В таблице представлены исходные и итоговые результаты исследования физической подготовленности студентов на протяжении педагогического эксперимента. Результаты, полученные в процессе констатирующего эксперимента, говорят о небольшой разнице в показателях физической подготовленности, поэтому между контрольной и экспериментальной группой статистически значимых различий не выявлено. Анализируя исходные показатели в тестах, мы получили, что студенты ЭГ и КГ имеют низкий уровень физической подготовленности в показателях общей выносливости, скоростных, силовых (подтягивание на высокой перекладине), скоростно-силовых, координационных способностей; в показателях силовых способностей (сгибание–разгибание рук в упоре лежа) у ЭГ – средний уровень, КГ – уровень ниже среднего; в показателях гибкости ЭГ и КГ – уровень выше среднего.

Полученные экспериментальные данные в процессе констатирующего эксперимента говорят о необходимости изменения содержания учебного процесса с учетом показателей физической подготовленности и профессионально ориентированного развития физических качеств и двигательных способностей в соответствии с требованиями будущей профессиональной деятельности студентов вузов.

При сравнении показателей исследуемых групп, зарегистрированных в конце исследования, наблюдается значительная разница между контрольной и экспериментальной группой испытуемых.

Реализация аэробной физической нагрузки в первом модуле, основной направленностью занятий в котором является повышение функциональных возможностей сердечно-сосудистой и дыхательной системы за счет сочетания аэробных упражнений с упражнениями на дыхание, а также использование

Динамика среднегрупповых показателей ($X \pm m$) физической подготовленности студентов
в течение формирующего педагогического эксперимента ($n = 80$)
Changes in mean group levels ($X \pm m$) of physical fitness in students during the pedagogical experiment ($n = 80$)

Месяц / Группа Month / Group	Контрольные упражнения (тесты) Control tests							
	Бег 3000 м (мин, с) 3000 m running performance (min, s)	Бег 100 м (с) 100 m running performance (s)	Сгибание- разгибание рук в упоре лежа (кол-во раз) Push-ups (reps)	Подтягивание на высокой перекладине (кол-во раз) High pull-ups (reps)	Прыжок в длину с места (см) Standing long jump (cm)	Целночный бег 3×10 м (с) 3×10 m shuttle run (s)	Наклон туловища вперед (см) Forward bend (cm)	
Сентябрь September	КГ (n = 40) CG (n = 40)	15,33 ± 0,41	29,91 ± 1,45	9,46 ± 0,53	194,50 ± 2,18	8,70 ± 0,39	9,27 ± 1,08	
	ЭГ (n = 40) EG (n = 40)	15,77 ± 0,81	32,01 ± 1,23	9,36 ± 0,61	190,23 ± 2,11	8,81 ± 0,44	9,53 ± 1,05	
Июнь June	КГ (n = 40) CG (n = 40)	16,11 ± 0,25	31,73 ± 1,09	9,88 ± 0,48	209,45 ± 1,32	8,39 ± 0,13	9,75 ± 0,73	
	ЭГ (n = 40) EG (n = 40)	14,42 ± 0,38	35,46 ± 1,12	10,24 ± 0,27	217,31 ± 1,26	8,03 ± 0,09	10,11 ± 0,43	
Темпы прироста (%) Growth rate (%)	КГ (n = 40) CG (n = 40)	5,24	5,75	4,23	7,14	6,28	4,96	
	ЭГ (n = 40) EG (n = 40)	9,36	10,08	9,74	8,55	9,73	5,78	

комплекса упражнений Crossfit с постепенным увеличением количества упражнений от занятия к занятию в модуле, позволили положительно повлиять на показатели физической подготовленности студентов ЭГ в рамках развития общей выносливости. В конце формирующего эксперимента прирост показателей общей выносливости у испытуемых ЭГ составил 9,36 %.

Скоростные способности у юношей ЭГ достоверно улучшились ($p < 0,01$) после использования легкоатлетических упражнений во втором модуле, выполняемых с предельной или околопредельной скоростью. Прирост показателей составил 10,08 %. Следовательно, динамика показателей скоростных способностей юношей ЭГ зависит от эффективного моделирования физической нагрузки по их развитию на занятиях в развивающем и поддерживающем режиме.

Моделирование атлетической подготовки в третьем модуле с направленностью на развитие силовой выносливости оказало положительное воздействие на уровень физической подготовленности испытуемых ЭГ. Специалистами доказано положительное воздействие атлетической гимнастики на показатели физической подготовленности студентов [20]. У юношей ЭГ результаты количества сгибаний-разгибаний рук в упоре лежа в течение 1 минуты достоверно увеличились к концу учебного года на 3,45 раза ($p < 0,05$), прирост показателей в данном тесте составил 9,74 %. Использование в занятиях данного модуля комплексов упражнений методом круговой тренировки, сочетания статических и динамических упражнений, модификации силовых упражнений для различных мышечных групп положительно повлияло на показатели силовых способностей в подтягивании на высокой перекладине. В конце исследования выявлена положительная динамика и прирост показателей на 8,55 %.

Рассматривая уровень развития скоростно-силовых способностей испытуемых ЭГ, мы наблюдаем статистически значимые улучшения, о чем свидетельствует увеличение длины прыжка с места на 27,08 см. Нами показано положительное влияние моделирования специальных упражнений сопряженного воздействия, что также доказано специалистами [18], в третьем (в поддерживающем режиме) и четвертом (в развивающем режиме) модуле, что подтверждается значимой досто-

верностью ($p < 0,01$) и приростом результатов скоростно-силовых способностей на 12,46 %. Использование комплексов упражнений на платформе BOSU, тренировочное воздействие которых направлено на развитие точности сложнокоординационных двигательных действий, равновесие, а также укрепление мышц спины и пресса, комплекса асимметричных и асинхронных упражнений оказало благоприятное воздействие на динамику показателей координационных способностей у студентов ЭГ. В процессе исследования установлено достоверное повышение уровня координационных способностей ($p < 0,05$) на 9,73 %.

Несмотря на систематическое использование комплексов упражнений для различных мышечных групп в каждом модуле, с направленностью на развитие гибкости в развивающем и поддерживающем режиме, в конце исследования достоверного повышения показателей не выявлено ($p > 0,05$). При этом в ЭГ испытуемых наблюдается положительная динамика изменения показателей гибкости на протяжении эксперимента – небольшой прирост на 5,78 %.

Таким образом, в течение педагогического эксперимента у студентов ЭГ наблюдается наиболее выраженная динамика изменения показателей физической подготовленности и достоверное улучшение результатов в пяти тестах. Результаты измеряемых показателей физической подготовленности у студентов КГ изменились в меньшем объеме, присутствует небольшая положительная динамика их изменений.

Заключение. По мнению специалистов, контроль физической подготовленности дает возможность исследовать уровень физической подготовленности каждого студента, определить пути ее оптимизации, а также способствовать привлечению обучающихся к систематическим занятиям физической культурой и спортом. Установлено достоверное повышение уровня общей выносливости, скоростных, силовых, скоростно-силовых и координационных способностей испытуемых ЭГ. Предложенная модель позволяет дифференцировать физические нагрузки по уровню физической подготовленности, использовать индивидуальный подход к каждому студенту. Проведенные исследования говорят о положительном влиянии профессионально ориентированного развития физических качеств и двигательных способностей с учетом физической подготовленности студентов.

Список литературы

1. Авдеева, М.С. Развитие физических качеств девушек-первокурсниц неспортивных специальностей средствами волейбола и легкой атлетики / М.С. Авдеева, Т.В. Беличева // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2020. – Т. 20, № S2. – С. 49–54. DOI: 10.14529/hsm20s208
2. Алтынова, Н.В. Пути совершенствования процесса формирования физической готовности студентов к предстоящей профессиональной деятельности / Н.В. Алтынова, В.К. Таланцева, Н.Н. Пьянзина // *Проблемы современного педагогического образования: сб. науч. тр.* – Ялта: РИО ГПА, 2019. – С. 26–30.
3. Бикьянова, Ф.Р. Воспитание физических качеств у студентов вуза на занятиях физической культурой и спортом / Ф.Р. Бикьянова, О.Р. Кабиров, Е.А. Конева // *Изв. Тульского гос. ун-та. Физ. культура. Спорт*. – 2021. – № 3. – С. 18–23. DOI: 10.24412/2305-8404-2021-3-18-23
4. Динамика показателей выносливости у студенток, занимающихся фитнес-аэробикой / О.В. Шиленко, Н.Н. Пьянзина, Т.Н. Петрова, А.И. Пьянзин // *Теория и практика физ. культуры*. – 2020. – № 7. – С. 33–35.
5. Зезюля, В.С. Формирование профессионально важных физических качеств студентов в процессе физического воспитания в вузе / В.С. Зезюля // *Современные проблемы высшего профессионального образования: материалы научно-методической конференции, Брянск, 01 апр. 2012 г.* – Брянск: Брянская гос. инженер.-технол. академия, 2012. – С. 95–98.
6. Карамельский, Р.В. Проблемы и пути совершенствования системы физического воспитания студентов вузов / Р.В. Карамельский, А.К. Гвоздев, И.А. Мудрик // *Перспективы науки*. – 2021. – № 4 (139). – С. 90–92.
7. К вопросу профессионально важных двигательных качеств военных инженеров-ремонтников / С.А. Моисеев, А.Н. Левочкин, А.Ю. Асеева, Н.П. Филатова // *Международ. науч.-исслед. журнал*. – 2020. – № 8. – С. 6–10.
8. Моисеев, С.А. Динамика показателей уровня развития профессионально важных двигательных качеств курсантов старших курсов Военной академии материально-технического обеспечения / С.А. Моисеев // *Международ. науч.-исследоват. журнал*. – 2021. – № 1. – С. 146–149.
9. Павлова, И.В. Совершенствование контрольно-нормативной части дисциплины «Физическая культура и спорт» в вузе / И.В. Павлова, Е.В. Герман, В.Е. Павлов // *Соврем. проблемы науки и образования*. – 2020. – № 6. – С. 102.
10. Павлютина, Л.Ю. К вопросу о проектировании содержания элективной дисциплины «Прикладная физическая культура» в вузе / Л.Ю. Павлютина // *Вестник Нижневарт. гос. ун-та*. – 2019. – № 1. – С. 124–129.
11. Перунов, В.И. Характеристика современных проблем физической культуры и основные положения концепции системы образования в вузе / В.И. Перунов, М.Н. Скидан, Г.В. Красюк // *Научный электронный журнал Меридиан*. – 2020. – № 8 (42). – С. 396–398.
12. Рыбачук, Н.А. Содержание и организация физического воспитания в вузе / Н.А. Рыбачук // *Проблемы развития личности в условиях глобализации: психолого-педагогические аспекты: II Международ. науч.-практ. конф., Ереван, 25–26 окт. 2019 г.* – Ереван: Рос.-Армян. ун-т, 2020. – С. 657–661.
13. Связи психоэмоционального состояния студентов с физической выносливостью и показателями деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем / И.З. Хабибуллина, А.Р. Шамратова, Л.З. Садыкова и др. // *Соврем. проблемы науки и образования*. – 2020. – № 3. – С. 110.
14. Шувалов, А.М. Комплексная система контроля, оценки и прогноза физической подготовленности студентов управленческих специальностей / А.М. Шувалов, А.Ф. Самоуков // *Науч. труды Сев.-Запад. ин-та управления РАНХиГС*. – 2019. – Т. 10. – № 5 (42). – С. 228–231.
15. Эффективность модели воспитания профессионально важных двигательных качеств будущих военных инженеров-ремонтников с использованием технологии построения спортивной подготовки / Н.П. Филатова, С.А. Моисеев, Л.Ю. Башма, Д.А. Якубович // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2022. – Т. 22, № S 2. – С. 91–98. DOI: 10.14529/hsm22s212
16. Dadelo, S. Physical education in Gediminas technical university in Vilnius / S. Dadelo // *Health Problems of Civilization*. – 2017. – Vol. 11. – P. 261–267.
17. Effect of sport education on students' perceived physical literacy, motivation, and physical activity levels in university required physical education: a cluster-randomized trial / S.M. Choi, K.W.R. Sum, F.L.E. Leung et al. // *High Educ*. – 2021. – Vol. 81. – P. 1137–1155.

18. *Individual modeling of speed-strength preparedness / A.I. Pyanzin, N.N. Pyanzina, Z.M. Kuznetsova et al. // Minerva Orthopedics. – 2021. – Vol. 72, No. 3. – P. 341–342. DOI: 10.23736/S2784-8469.20.04007-2*

19. *Personality oriented system of strengthening of students' physical, psychic and social-moral health / M. D. Kudryavtsev, Yu. A. Kopylov, V. A. Kuzmin et al. // Physical Education of Students. – 2016. – No. 3. – P. 58–64. DOI: 10.15561/20755279.2016.0308*

20. *Regular Physical Activity and Educational Outcomes in Youth: A Longitudinal Study / K.B. Owen, P.D. Parker, T. Astell-Burt, C. Lonsdale // Journal of Adolescent Health. – 2018. – Vol. 62. – Iss. 3. – P. 334–340. DOI: 10.1016/j.jadohealth.2017.09.014*

References

1. Avdeeva M.S., Belicheva T.V. Development of Physical Qualities of First-year Female Students of Non-sports Specialties by Means of Volleyball and Athletics. *Human. Sport. Medicine*, 2020, vol. 20, no. S2, pp. 49–54. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm20s208

2. Altynova N.V., Talantseva V.K., Pyanzina N.N. [Ways to Improve the Process of Forming Students' Physical Readiness for their Upcoming Professional Activities]. *Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya: sbornik nauchnykh trudov* [Problems of Modern Pedagogical Education. Collection of Scientific Papers], 2019, pp. 26–30. (in Russ.)

3. Bik'yanova F.R., Kabirova O.R., Koneva E.A. [Development of Physical Qualities in University Students in Physical Education and Sports Classes]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Fizicheskaya kul'tura. Sport* [Izvestiya Tula State University. Physical Culture. Sport], 2021, no. 3, pp. 18–23. (in Russ.) DOI: 10.24412/2305-8404-2021-3-18-23

4. Shilenko O.V., Pyanzina N.N., Petrova T.N., Pyanzin A.I. [Dynamics of Endurance Indicators in Female Students Engaged in Fitness Aerobics]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2020, no. 7, pp. 33–35. (in Russ.)

5. Zezyulya V.S. [Formation of Professionally Important Physical Qualities of Students in the Process of Physical Education at the University]. *Sovremennye problemy vysshego professional'nogo obrazovaniya: materialy nauchno-metodicheskoy konferentsii* [Modern Problems of Higher Professional Education. Materials of Scientific and Methodological Conference], 2012, pp. 95–98. (in Russ.)

6. Karamel'skiy R.V., Gvozdev A.K., Mudrik I.A. [Problems and Ways of Improving the System of Physical Education of University Students]. *Perspektivy nauki* [Science Perspectives], 2021, no. 4 (139), pp. 90–92. (in Russ.)

7. Moiseev S.A., Levochkin A.N., Aseeva A.Yu., Filatova N.P. [On the Issue of Professionally Important Motor Qualities of Military Repair Engineers]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* [International Research Journal], 2020, no. 8, pp. 6–10. (in Russ.)

8. Moiseev S.A. [Dynamics of Indicators of the Level of Development of Professionally Important Motor Qualities of Senior Cadets of the Military Academy of Logistics]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* [International Research Journal], 2021, no. 1, pp. 146–149. (in Russ.)

9. Pavlova I.V., German E.V., Pavlov V.E. [Improving the Control and Regulatory Part of the Discipline Physical Education and Sports in the University]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education], 2020, no. 6, p. 102. (in Russ.)

10. Pavlyutina L.Yu. [On the Issue of Designing the Content of the Elective Discipline Applied Physical Education in the University]. *Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Nizhnevartovsk State University], 2019, no. 1, pp. 124–129. (in Russ.) DOI: 10.36906/2311-4444/19-1/18

11. Perunov V.I., Skidan M.N., Krasyuk G.V. [Characteristics of Modern Problems of Physical Education and the Main Provisions of the Concept of the Education System in the University]. *Nauchnyy elektronnyy zhurnal Meridian* [Meridian Scientific Electronic Journal], 2020, no. 8 (42), pp. 396–398. (in Russ.)

12. Rybachuk N.A. [Content and Organization of Physical Education in the University]. *Problemy razvitiya lichnosti v usloviyakh globalizatsii: psikhologo-pedagogicheskie aspekty: II Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya* [Problems of Personality Development in the Conditions of Globalization. Psychological and Pedagogical Aspects. II International Scientific and Practical Conference], 2020, pp. 657–661. (in Russ.)

13. Khabibullina Z., Shamratova A.R., Sadykova L.Z. et al. [Relationships between the Psycho-emotional State of Students and Physical Endurance and Performance Indicators of the Cardiovascular and Respiratory Systems]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education], 2020, no. 3, p. 110. (in Russ.)

14. Shuvalov A.M., Samoukov A.F. [Integrated System for Monitoring, Assessing and Predicting the Physical Fitness of Students Majoring in Management Specialties]. *Nauchnye trudy Severo-Zapadnogo instituta upravleniya RANKhiGS* [Scientific Proceedings of the North-West Institute of Management of RANEPА], 2019, vol. 10, no. 5 (42), pp. 228–231. (in Russ.)

15. Filatova N.P., Moiseev S.A., Bashta L.Yu., Yakubovich D.A. Effectiveness of the Model for Developing Professionally Important Motor Qualities of Future Military Repair Engineers Using the Technology of Building Sports Training. *Human. Sport. Medicine*, 2022, vol. 22, no. S2, pp. 91–98. DOI: 10.14529/hsm22s212 (in Russ.)

16. Dadelo S. Physical Education in Gediminas Technical University in Vilnius. *Health Problems of Civilization*, 2017, vol. 11, pp. 261–267. DOI: 10.5114/hpc.2017.71895

17. Choi S.M., Sum K.W.R., Leung F.L.E. et al. Effect of Sport Education on Students' Perceived Physical Literacy, Motivation, and Physical Activity Levels in University Required Physical Education: a Cluster-randomized Trial. *High Education*, 2021, vol. 81, pp. 1137–1155. DOI: 10.1007/s10734-020-00603-5

18. Pyanzin A.I., Pyanzina N.N., Kuznetsova Z.M. et al. Individual Modeling of Speed-strength Preparedness. *Minerva Orthopedics*, 2021, vol. 72, no. 3, pp. 341–342. DOI: 10.23736/S2784-8469.20.04007-2

19. Kudryavtsev M.D., Kopylov Yu.A., Kuzmin V.A. et al. Personality Oriented System of Strengthening of Students' Physical, Psychic and Social-moral Health. *Physical Education of Students*, 2016, no. 3, pp. 58–64. DOI: 10.15561/20755279.2016.0308

20. Owen K.B., Parker P.D., Astell-Burt T., Lonsdale C. Regular Physical Activity and Educational Outcomes in Youth: A Longitudinal Study. *Journal of Adolescent Health*, 2018, vol. 62, iss. 3, pp. 334–340. DOI: 10.1016/j.jadohealth.2017.09.014

Информация об авторах

Федорова Марина Юрьевна, кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой физического воспитания, Забайкальский государственный университет, Чита, Россия.

Гильфанова Елена Каусаровна, кандидат педагогических наук, доцент, Забайкальский государственный университет, Чита, Россия.

Бочкарникова Наталья Валентиновна, кандидат медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой физической культуры и спорта, Институт общественного здоровья и цифровой медицины, Тюменский государственный медицинский университет, Тюмень, Россия.

Information about the authors

Marina Yu. Fedorova, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Physical Education, Transbaikal State University, Chita, Russia.

Elena K. Gilfanova, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Transbaikal State University, Chita, Russia.

Natalya V. Bochkarnikova, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Physical Education and Sport, Institute of Public Health and Digital Medicine, Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 01.03.2024

The article was submitted 01.03.2024

ОЦЕНКА СИЛЫ МЫШЦ СГИБАТЕЛЕЙ И РАЗГИБАТЕЛЕЙ ТУЛОВИЩА В ИЗОКИНЕТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ

*Д.А. Онищенко, onischenko.da@talantiuspeh.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2534-9455>
Я.Р. Бравый, brave.yr@talantiuspeh.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8533-0428>*

*Научно-технологический университет «Сириус», ФТ «Сириус», Краснодарский край,
Россия*

Аннотация. Цель: обозначить подходы к измерению силовых возможностей мышц сгибателей и разгибателей туловища в изокинетическом режиме мышечного сокращения. **Материалы и методы.** Проведена изокинетическая оценка силы мышц сгибателей и разгибателей туловища на изокинетическом динамометре IsoMed 2000 молодых футболистов 13–17 лет, а также представлено методическое описание оценки силовых возможностей мышц СРТ. **Результаты.** Исследование показало статистически значимый рост относительной силы мышц сгибателей ($p < 0,001$, $R^2 = 0,137$) и разгибателей ($p < 0,001$, $R^2 = 0,254$) туловища с увеличением возраста участников, отношение силы мышц сгибателей к разгибателям туловища с возрастом не изменяется. **Заключение.** Результаты исследования позволяют начать формирование выборки для создания референсных значений силовых параметров мышц туловища для молодых футболистов 13–17 лет и по значению отношения сгибатели – разгибатели, которые в дальнейшем могут помочь определить дефицит мышечной силы у молодых футболистов и обосновать подходы к профилактике спортивных травм.

Ключевые слова: сила мышц туловища, мышечный дисбаланс, профилактика травм, функциональная оценка, изокинетическая динамометрия, мощность, пиковая сила

Благодарности. Финансирование проекта осуществлялось Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (Соглашение № 075-10-2021-093; Проект ISR-RND-2252).

Для цитирования: Онищенко Д.А., Бравый Я.Р. Оценка силы мышц сгибателей и разгибателей туловища в изокинетическом режиме // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 4. С. 134–141. DOI: 10.14529/hsm240417

Original article
DOI: 10.14529/hsm240417

ASSESSMENT OF TRUNK FLEXOR AND EXTENSOR MUSCLE STRENGTH IN ISOKINETIC MODE

*D.A. Onishchenko, onischenko.da@talantiuspeh.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2534-9455>
Ya.R. Bravyu, brave.yr@talantiuspeh.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8533-0428>*

Sirius University of Science and Technology, Sirius, Krasnodar region, Russia

Abstract. Aim. This study aims to outline approaches to measuring trunk flexor and extensor muscle strength in isokinetic contractions. **Materials and methods.** Research methods consist of isokinetic assessments of trunk flexor and extensor muscle (TFEM) strength using the IsoMed 2000 dynamometer, followed by a methodological description of TFEM strength measurements. The study sample involved young soccer players (13–17 years old). **Results.** The study reveals significant increases in the relative strength of both flexor ($p < 0.001$, $R^2 = 0.137$) and extensor ($p < 0.001$, $R^2 = 0.254$) muscles with increasing age. Notably, the flexor to extensor muscle ratio remained the same across ages. **Conclusion.** The results obtained contribute to the identification of reference values for trunk muscle strength and the flexor to extensor muscle ratio. This study provides a foundation for future research in muscle strength deficiency and its relationship to sports injuries.

Keywords: trunk muscle strength, muscle imbalance, injury prevention, functional assessment, isokinetic dynamometry, power, peak force

Acknowledgments. This project was financed by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Agreement No. 075-10-2021-093; Project ISR-RND-2252).

For citation: Onishchenko D.A., Bravyy Ya.R. Assessment of trunk flexor and extensor muscle strength in isokinetic mode. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(4):134–141. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240417

Введение. Уровень развития силы мышц туловища и баланс силы мышц СРТ играют важную роль в стабилизации корпуса, позвоночника и таза во время повседневных движений и для успешной реализации в различных видах спортивной деятельности. Сильные и сбалансированные мышцы туловища способствуют улучшению осанки, снижают риск травм позвоночника [21, 23] и коленного сустава [1, 2, 8], а также улучшают спортивные результаты [4, 22]. В ряде исследований продемонстрировано, что ослабление мышц туловища нарушает контроль осанки и стабильность позвоночника, снижает устойчивость и равновесие, а также повышает риск травм опорно-двигательного аппарата и БНС [10–12]. Существуют экспериментально подтвержденные данные, указывающие на потенциальную связь между слабостью и дисбалансом мышц СРТ и БНС [6, 7, 16]. Эта взаимосвязь подчеркивает критическую роль адекватной физической подготовки, особенно у молодых спортсменов, в контексте все возрастающей распространенности БНС.

Исследователи отмечают, что среди молодых спортсменов распространенность БНС достигает 16 %, а риск травм спины увеличивается с возрастом [3, 25, 29]. Для профилактики травматизма в детско-юношеском спорте и повышения эффективности тренировочного процесса следует акцентировать внимание на важности исследования отношения силы мышц сгибателей к разгибателям туловища (ОСР (англ. flexion/extension ratio – f/e ratio)) [9]. В одной из обзорных работ авторы обозначили выявленные в ряде исследований существенные различия в ОСР у спортсменов и физически неактивных людей [21]. У здоровых физически неактивных людей это соотношение находится в диапазоне от 0,7 до 0,9 [5, 21], в то время как у спортсменов оно смещается к 0,5–0,7, указывая на относительное увеличение силы мышц разгибателей к сгибателям туловища [5, 19, 21]. Однако остается вопрос, справедливо ли это для молодых спортсменов

разных возрастных групп, учитывая, что данные о силовых возможностях туловища среди молодежи встречаются редко [18]. В одном из исследований авторам удалось оценить силовые возможности мышц СРТ для детей разного пола и возраста от 11 до 15 лет, ОСР составил 0,7 вне зависимости от возраста или пола детей [18]. В исследовании с юными спортсменами (каное, гребля и триатлон) 15–16 лет была предположена связь между БНС и низким уровнем момента силы мышц туловища [20].

Использование показателя ОСР позволяет определить критическое снижение отношения силовых характеристик мышц туловища не только у лиц с БНС, но и диагностировать бессимптомных людей в безболезненном состоянии, что является важным для профилактики БНС [26].

В литературе отмечается отсутствие нормативных данных о силе мышц СРТ, особенно среди молодых спортсменов и взрослых людей [21]. В отличие от конечностей, где сила одной стороны тела может быть сравнена или нормализована по отношению к противоположной стороне тела, туловище не предоставляет такой возможности для сравнения. Следовательно, при анализе силы мышц туловища индивидуального спортсмена крайне важно проводить сравнение с установленными нормативными данными или стандартными параметрами для данной популяции. Изокинетическая динамометрия считается золотым стандартом и широко признана в качестве надежного и валидизированного инструмента для оценки скоростно-силовых возможностей [14, 15, 24].

Цель работы – подчеркнуть необходимость регулярной оценки силы мышц сгибателей и разгибателей туловища для поддержания правильного баланса мышечной силы как одного из важных и недооцененных факторов спортивной подготовки и профилактики травм как профессиональных спортсменов, так и любителей, занимающихся физической культурой и спортом.

Материалы и методы. Исследование проводилось на базе ресурсного центра «Междисциплинарные исследования спорта» АНОО ВО «Университет «Сириус». В исследовании приняли участие 112 участников в возрасте от 13 до 17 лет: 97 футболистов молодежной академии ФК «Сочи» (г. Сочи) 2006, 2007, 2008 и 2009 года рождения и 15 молодых футболистов ФК «Салют» 2007 года рождения (г. Долгопрудный).

Оценку силы мышц сгибателей и разгибателей туловища проводили на изокинетическом динамометре IsoMed 2000 (D&R Ferstl, Германия) со скоростью 30 °/с согласно стандартному протоколу измерения с высоким уровнем валидности и надежности [24]. Перед началом тестирования испытуемые проходили общую разминку, включающую сгибание и разгибание туловища стоя, приседания и еще ряд общих разминочных упражнений под руководством сопровождающего команду тренера.

Тестирование проводили в положении сидя, фиксируя голени, бедра и плечи. Важным условием точной оценки силы мышц сгибателей и разгибателей туловища было правильное расположение оси вращения динамометра на уровне передней верхней подвздошной кости, диапазон движения туловища не более 50°, использование ремня, фиксирующего таз, и применение специализированной подушки для упора в области крестца для обеспечения изоляции движения поясницы, что значительно уменьшает вклад силы мышц сгибателей – разгибателей бедра во время тестирования [13]. Протокол измерения начинался с нескольких легких ознакомительных попыток. Каждый участник выполнил не менее трех повторений с максимальным усилием, и в зачет шла лучшая попытка. Одиночные движения начинали со сгибания туловища и последующего разгибания туловища. Интервалы отдыха между повторениями составляли не менее 20 с. Проявленный пиковый момент силы (Нм) мышц сгибателей и разгибателей туловища нормировали на вес тела и выражали в Нм/кг, рассчитывали отношение силы мышц сгибателей к разгибателям. Для дальнейшего анализа был использован метод линейной регрессии с целью выявить зависимость относительной силы мышц туловища и ОСР в зависимости от возраста участников. Статистическая обработка включала расчет описательной статистики и выполнение линейного регрессионного анализа. Статистические данные представ-

лены как среднее ± стандартное отклонение. В качестве критерия статистической значимости был принят уровень $p < 0,05$. Анализ данных проводился с использованием программного обеспечения JASP версии 0.18.3. Исследование было одобрено комитетом по биоэтике «Университета «Сириус».

Результаты. В таблице приведены результаты расчета описательной статистики антропометрических и силовых параметров участников исследования.

Зависимость относительных моментов силы мышц сгибателей и разгибателей туловища с возрастом у молодых футболистов отражена на рис. 1 и 2 соответственно. Для оценки эффекта изменения силы с возрастом применили метод линейной регрессии. Линейная модель показывает статистически значимое увеличение силы мышц разгибателей туловища с возрастом ($p < 0,001$, $R^2 = 0,254$), а также силы мышц сгибателей туловища с возрастом ($p < 0,001$, $R^2 = 0,137$), что согласуется с работами зарубежных авторов [18, 27].

Прирост относительной силы с возрастом у юных футболистов может быть связан с увеличением мышечной массы и физическим развитием на фоне нарастающего объема и интенсивности тренировочных нагрузок в период пубертата.

На рис. 3 представлен график линейной регрессии, отражающий динамику отношения силы сгибателей к разгибателям туловища среди молодых футболистов. Линейная модель показывает предполагаемую тенденцию, не достигающую статистической значимости ($p = 0,095$, $R^2 = 0,025$), которая может потребовать дальнейшего исследования с увеличенной выборкой.

Сила мышц разгибателей значительно превосходит силу мышц сгибателей [21]. У спортсменов ОСР обычно снижен за счет более высокого момента силы разгибания туловища [17] и остается неизменным у здоровых молодых спортсменов в разных возрастных группах [24]. В литературе отмечают дефицит данных по ОСР для юных спортсменов [21, 30]. Исследователи активно работают в направлении механизмов возникновения БНС и возможной связи с низким значением ОСР как отражение дисбаланса силы мышц туловища. Например, Victora R. и Vieira [28] в обзоре сделали вывод, что дисбаланс в силе мышц сгибателей – разгибателей туловища может быть связан с БНС.

Описательная статистика антропометрических и силовых параметров (n = 112)
Descriptive statistics for anthropometric measurements and strength parameters (n = 112)

Показатели Parameter	Возрастные группы, лет Age group, years					
	13–17 (n = 112)	13 (n = 16)	14 (n = 29)	15 (n = 35)	16 (n = 24)	17 (n = 8)
Длина тела, см Body length, cm	173,1 ± 7,9	166,4 ± 7,5	171,0 ± 8,1	171,9 ± 7,8	173,1 ± 8,0	178,4 ± 6,2
Масса тела, кг Body mass, kg	61,8 ± 10,3	52,5 ± 8,8	55,8 ± 8,4	65,1 ± 8,6	68,1 ± 8,7	68,1 ± 7,7
Возраст, лет Age, y.o.	15,2 ± 1,1	13,6 ± 0,2	14,4 ± 0,3	15,5 ± 0,3	16,4 ± 0,3	17,1 ± 0,1
Индекс массы тела, кг/м ² Body mass index, kg/m ²	20,3 ± 2,1	18,8 ± 1,8	19,3 ± 1,8	20,7 ± 1,9	21,6 ± 2,1	21,3 ± 1,8
Отношение силы мышц сгибателей к разгибателям Flexor to extensor muscle ratio	0,6 ± 0,1	0,6 ± 0,1	0,6 ± 0,2	0,6 ± 0,1	0,5 ± 0,2	0,5 ± 0,04
Относительный пиковый момент силы мышц разгибателей, Нм/кг Normalized peak torque – extensors, Nm/kg	3,6 ± 0,7	3,3 ± 0,5	3,2 ± 0,7	3,5 ± 0,6	4,0 ± 0,7	4,5 ± 0,7
Относительный пиковый момент силы мышц сгибателей, Нм/кг Normalized peak torque – flexors, Nm/kg	2,0 ± 0,4	1,9 ± 0,4	1,8 ± 0,3	2,0 ± 0,4	2,1 ± 0,4	2,2 ± 0,3
Пиковый момент силы мышц разгибателей, Нм Peak torque – extensors, Nm	222,2 ± 67,6	173,2 ± 36,1	185,8 ± 51,9	224,4 ± 52,8	267,7 ± 67,4	305,2 ± 66,2
Пиковый момент силы мышц сгибателей, Нм Peak torque – flexors, Nm	122,9 ± 33,0	99,4 ± 26,8	105,3 ± 24,5	129,2 ± 30,2	142,1 ± 32,3	148,2 ± 25,7

Одними из ограничений нашего исследования является отсутствие учета тренировочного стажа, данных о перенесенных травмах и эпизодах болей в нижней части спины среди

участников. В будущем для получения более полной картины взаимосвязи между силой мышц туловища, стажем, БНС и травмами предлагается использовать опросник.

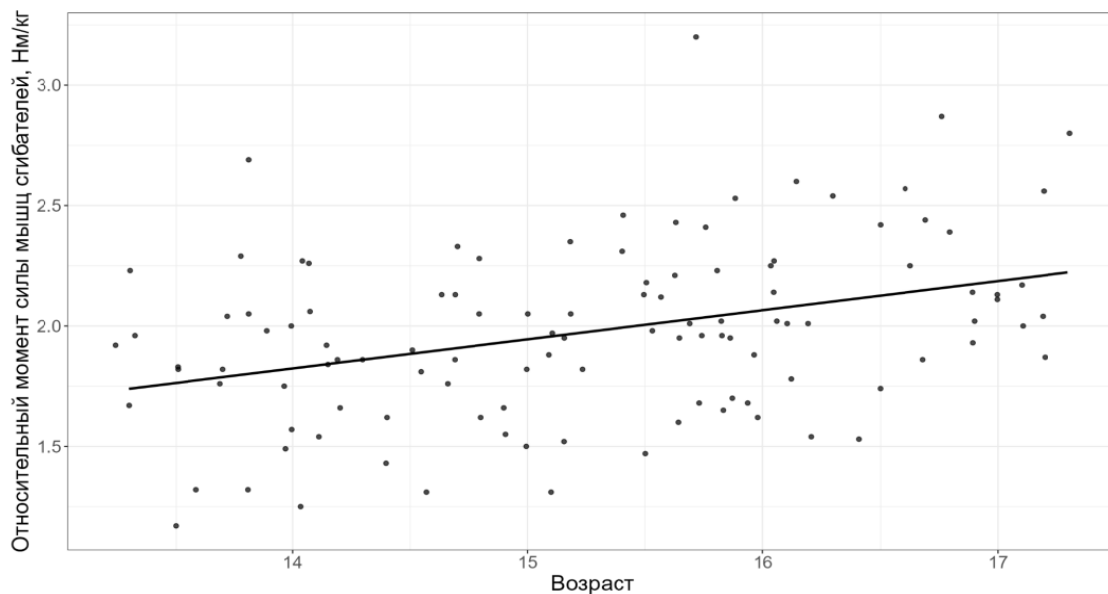


Рис. 1. Зависимость силы сгибателей туловища от возраста у юных футболистов 13–17 лет.
Линия – линейная регрессия
Fig. 1. Age-dependent variations in normalized trunk flexor strength in football players
aged 13–17 years. Linear regression

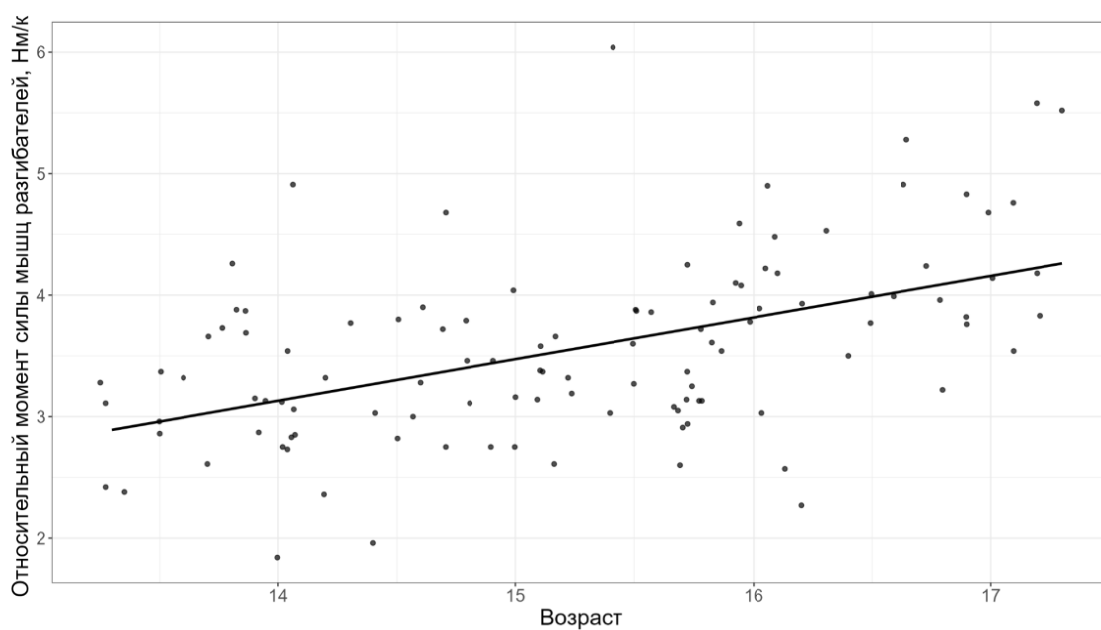


Рис. 2. Зависимость силы разгибателей туловища от возраста у юных футболистов 13–17 лет.
Линия – линейная регрессия
Fig. 2. Age-dependent variations in normalized trunk extensor strength in football players
aged 13–17 years. Linear regression

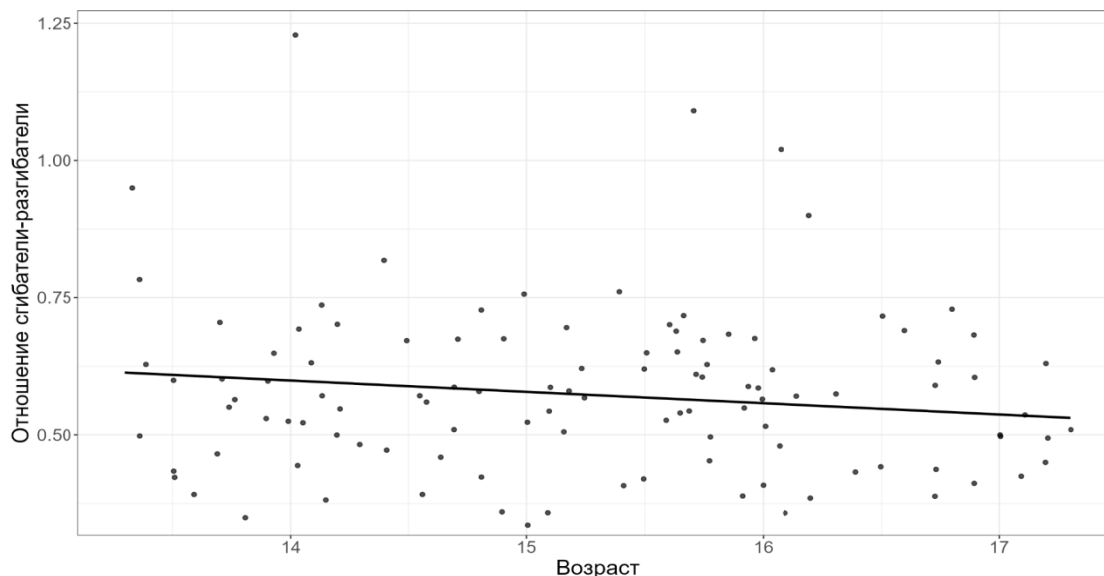


Рис. 3. Зависимость отношения силы сгибателей к разгибателям туловища от возраста у юных футболистов 13–17 лет. Линия – линейная регрессия
Fig. 3. Relationship between flexor to extensor muscle ratio and age in football players aged 13–17 years. Linear regression

Заключение. В данном исследовании представлены силовые возможности мышц разгибателей и сгибателей туловища 112 молодых футболистов в возрасте 13–17 лет, что позволяет начать формирование выборки для создания референсных значений с нормированием на вес тела и по значению ОСР. ОСР для футболистов может отражать уровень адекватного развития отношения силы мышц

брюшного пресса и спины для успешного выполнения сложнокоординационных действий при резких сменах направления движения и являться одним из первичных методов обследования при жалобах на БНС. При оценке силы мышц разгибателей и сгибателей туловища важно эффективно изолировать мышцы ног, способные помогать мышцам спины и существенно влиять на результаты тестирования.

Список литературы / References

1. Akebi T., Saeki S., Hieda H. et al. Factors Affecting the Variability of the Torque Curves at Isokinetic Trunk Strength Testing. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 1998, vol. 79, no. 1, pp. 33–35. DOI: 10.1016/s0003-9993(98)90204-0
2. Araujo S., Cohen D., Hayes L. Six Weeks of Core Stability Training Improves Landing Kinetics Among Female Capoeira Athletes: A Pilot Study. *Journal of Human Kinetics*, 2015, vol. 45, no. 1, pp. 27–37. DOI: 10.1515/hukin-2015-0004
3. Babayeva N., Torğutalp Ş.Ş., Dönmez G. Spondylolysis in an Adolescent Soccer Player. *Austin Sports Medicine*, 2017, vol. 2 (1), 1013.
4. Barbado D., Lopez-Valenciano A., Juan-Recio C. et al. Trunk Stability, Trunk Strength and Sport Performance Level in Judo. *PLOS ONE*, 2016, vol. 11, no. 5, e0156267. DOI: 10.1371/journal.pone.0156267
5. Baur H., Müller S., Pilz F. et al. Trunk Extensor and Flexor Strength of Long-distance Race Car Drivers and Physically Active Controls. *Journal of Sports Sciences*, 2010, vol. 28, no. 11, pp. 1183–1187. DOI: 10.1080/02640414.2010.484066
6. Chang W.-D., Lin H.-Y., Lai P.-T. Core Strength Training for Patients with Chronic Low Back Pain. *Journal of Physical Therapy Science*, 2015, vol. 27, no. 3, pp. 619–622. DOI: 10.1589/jpts.27.619
7. Cho K.H., Beom J.W., Lee T.S. et al. Trunk Muscles Strength as a Risk Factor for Nonspecific Low Back Pain: A Pilot Study. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 2014, vol. 38, no. 2, p. 234. DOI: 10.5535/arm.2014.38.2.234
8. Cronström A., Creaby M.W., Nae J. et al. Modifiable Factors Associated with Knee Abduction During Weight-Bearing Activities: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 2016, vol. 46, no. 11, pp. 1647–1662. DOI: 10.1007/s40279-016-0519-8

9. Czaprowski D., Kolwicz A., Afeltowicz A. et al. Reliability of Measurements of the Extension-flexion Ratio with Surface EMG. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 2015, vol. 28, no. 4, pp. 827–832. DOI: 10.3233/bmr-150590
10. Danneskiold-Samsøe B., Bartels E.M., Bülow P.M. et al. Isokinetic and Isometric Muscle Strength in a Healthy Population with Special Reference to Age and Gender. *Acta Physiologica (Oxford, England)*, 197, suppl. 673, pp. 1–68. DOI: 10.1111/j.1748-1716.2009.02022.x
11. De Blaiser C., Roosen P., Willems T. et al. Is Core Stability a Risk Factor for Lower Extremity Injuries in an Athletic Population? A Systematic Review. *Physical Therapy in Sport*, 2018, vol. 30, pp. 48–56. DOI: 10.1016/j.ptsp.2017.08.076
12. Estrázulas J.A., Estrázulas J.A., de Jesus K. et al. Evaluation Isometric and Isokinetic of Trunk Flexor and Extensor Muscles with Isokinetic Dynamometer: A Systematic Review. *Physical Therapy in Sport*, 2020, vol. 45, pp. 93–102. DOI: 10.1016/j.ptsp.2020.06.008
13. Grabiner M.D., Jeziorowski J.J. Isokinetic Trunk Extension and Flexion Strength-endurance Relationships. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, 1991, vol. 6 (2), pp. 118–122. DOI: 10.1016/0268-0033(91)90009-F
14. Guilhem G., Giroux C., Couturier A. et al. Validity of Trunk Extensor and Flexor Torque Measurements Using Isokinetic Dynamometry. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2014, vol. 24, no. 6, pp. 986–993. DOI: 10.1016/j.jelekin.2014.07.006
15. Harding A.T., Weeks B.K., Horan S.A. et al. Validity and Test–retest Reliability of a Novel Simple Back Extensor Muscle Strength Test. *SAGE Open Medicine*, 2017, vol. 5, 205031211668884. DOI: 10.1177/2050312116688842
16. Lim E.C.W., Poh R.L.C., Low A.Y. et al. Effects of Pilates-Based Exercises on Pain and Disability in Individuals With Persistent Nonspecific Low Back Pain: A Systematic Review With Meta-analysis. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 2011, vol. 41, no. 2, pp. 70–80. DOI: 10.2519/jospt.2011.3393
17. McGregor A., Hill A., Grewar J. Trunk Strength Patterns in Elite Rowers. *Isokinetics and Exercise Science*, 2004, vol. 12, no. 4, pp. 253–261. DOI: 10.3233/IES-2004-0183
18. Mueller J., Mueller S., Stoll J. et al. Trunk Extensor and Flexor Strength Capacity in Healthy Young Elite Athletes Aged 11–15 Years. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2014, vol. 28, no. 5, pp. 1328–1334. DOI: 10.1519/jsc.0000000000000280
19. Mueller S., Mayer P., Baur H. et al. Higher Velocities in Isokinetic Dynamometry: A Pilot Study of New Test Mode with Active Compensation of Inertia. *Isokinetics and Exercise Science*, 2011, vol. 19, no. 2, pp. 63–70. DOI: 10.3233/IES-2011-0398
20. Mueller S., Stoll J., Cassel M. et al. Trunk Peak Torque, Muscle Activation Pattern and Sudden Loading Compensation in Adolescent Athletes with Back Pain. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 2019, vol. 32, no. 3, pp. 379–388. DOI: 10.3233/bmr-181215
21. Mueller S., Stoll J., Mueller J. et al. Validity of Isokinetic Trunk Measurements with Respect to Healthy Adults, Athletes and Low Back Pain Patients. *Isokinetics and Exercise Science*, 2012, vol. 20, no. 4, pp. 255–266. DOI: 10.3233/IES-2012-00482
22. Prieske O., Muehlbauer T., Granacher U. The Role of Trunk Muscle Strength for Physical Fitness and Athletic Performance in Trained Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 2016, vol. 46, no. 3, pp. 401–419. DOI: 10.1007/s40279-015-0426-4
23. Rossi D.M., Morcelli M.H., Cardozo A.C. et al. Rate of Force Development and Muscle Activation of Trunk Muscles in Women with and without Low Back Pain: A Case-control Study. *Physical Therapy in Sport*, 2017, vol. 26, pp. 41–48. DOI: 10.1016/j.ptsp.2016.12.007
24. Roth R., Donath L., Kurz E. et al. Absolute and Relative Reliability of Isokinetic and Isometric Trunk Strength Testing Using the IsoMed-2000 Dynamometer. *Physical Therapy in Sport*, 2017, vol. 24, pp. 26–31. DOI: 10.1016/j.ptsp.2016.11.005
25. Shah T., Cloke D.J., Rushton S. et al. Lower Back Symptoms in Adolescent Soccer Players: Predictors of Functional Recovery. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 2014, vol. 2, no. 4, 232596711452970. DOI: 10.1177/2325967114529703
26. Sihvonen T., Partanen J., Hänninen O. et al. Electric behavior of Low Back Muscles During Lumbar Pelvic Rhythm in Low Back Pain Patients and Healthy Controls. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 1991, vol. 72, no. 13, pp. 1080–1087.

27. Sinaki M., Limburg P.J., Wollan P.C. et al. Correlation of Trunk Muscle Strength with Age in Children 5 to 18 Years Old. *Mayo Clinic Proceedings*, 1996, vol. 71, no. 11, pp. 1047–1054. DOI: 10.4065/71.11.1047

28. Victora R.C., Vieira A. Do Muscle Strength Imbalances and Low Flexibility Levels Lead to Low Back Pain? A Brief Review. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 2017, vol. 2, no. 3, p. 29. DOI: 10.3390/jfmk2030029

29. Wall J., Meehan W.P., Trompeter K. et al. Incidence, Prevalence and Risk Factors for Low Back Pain in Adolescent Athletes: a Systematic Review and Meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 2022, vol. 56, no. 22, pp. 1299–1306. DOI: 10.1136/bjsports-2021-104749

30. Zouita Ben Moussa A., Zouita S., Ben Salah F. et al. Isokinetic Trunk Strength, Validity, Reliability, Normative Data and Relation to Physical Performance and Low Back Pain: a Review of the Literature. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 2020, vol. 15, no. 1, pp. 160–174.

Информация об авторах

Онищенко Дмитрий Александрович, кандидат биологических наук, научный сотрудник, Научно-технологический университет «Сириус», ФТ «Сириус», Краснодарский край, Россия.

Бравый Ян Робертович, старший научный сотрудник, Научно-технологический университет «Сириус», ФТ «Сириус», Краснодарский край, Россия.

Information about the authors

Dmitry A. Onishchenko, Candidate of Biological Sciences, Research Fellow, Sirius University of Science and Technology, FT Sirius, Krasnodar Krai, Russia.

Yan R. Bravyu, Senior Research Fellow, Sirius University of Science and Technology, FT Sirius, Krasnodar Krai, Russia.

Вклад авторов:

Онищенко Д.А. – научный руководитель, концепция исследования, итоговые выводы.

Бравый Я.Р. – развитие методологии, аналитика, доработка.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

Dmitry A. Onishchenko – scientific supervision, research concept, final conclusions.

Yan R. Bravyu – study design, data processing, and revision.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 10.03.2024

The article was submitted 10.03.2024

ВЗАИМОСВЯЗЬ СЕТЕЙ ВНИМАНИЯ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ХОККЕИСТОВ-ПОДРОСТКОВ

М.М. Цепелевич, riks00022@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-0637-4532>
А.С. Кирсанов, kirsanov.as@talantiuspeh.ru, <https://orcid.org/0009-0007-1005-8643>
Научно-технологический университет «Сириус», ФТ «Сириус», Краснодарский край, Россия

Аннотация. Цель: оценка взаимосвязи сетей внимания бдительность и исполнительный контроль и специальной физической подготовленности хоккеистов-подростков при использовании теста, требующего сложной зрительно-моторной реакции. **Материалы и методы.** Выборку составили 12 юниорских хоккейных команд, всего 199 человек в возрасте 12–14 лет, разделенных на две группы (по 6 команд) по уровню конкуренции в регионе. Оценка специальной физической подготовленности выполнялась в тесте «Реакция с шайбой», требующем проявления скоростно-силовых качеств, техники передвижения на коньках, техники владения клюшкой и шайбой и сложной зрительно-моторной реакции. Эффективность сетей бдительность и исполнительный контроль оценивалась в тесте сетей внимания. Дополнительно оценивалась скорость спринтерского бега на коньках с ведением шайбы. **Результаты.** Регрессионный анализ выявил отсутствие значимых взаимосвязей бдительности и исполнительного контроля с результатами теста «Реакция с шайбой» (все $p > 0,05$) и значимую положительную взаимосвязь результатов теста «Реакция с шайбой» и среднего времени реакции в тесте сетей внимания ($R^2 = 0,25$; $p < 0,001$, $\beta = 0,004$) при контроле скорости спринтерского бега и принадлежности к группе. **Заключение.** Уровень специальной физической подготовленности хоккеистов-подростков не имеет значимой связи с показателями эффективности сетей бдительности и исполнительный контроль, но значимо взаимосвязан со средним временем реакции, что может быть объяснено возрастными особенностями уровня внимания и квалификацией спортсменов.

Ключевые слова: сети внимания, хоккей, подростки, когнитивные функции, сложная зрительно-моторная реакция

Благодарности. Финансирование проекта осуществлялось Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (Соглашение № 075-10-2021-093; Проект ISR-RND-2252).

Для цитирования: Цепелевич М.М., Кирсанов А.С. Взаимосвязь сетей внимания и специальной физической подготовленности хоккеистов-подростков // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 4. С. 142–148. DOI: 10.14529/hsm240418

Original article
DOI: 10.14529/hsm240418

RELATIONSHIP BETWEEN ATTENTION NETWORKS AND PHYSICAL ATTRIBUTES IN JUNIOR ICE HOCKEY PLAYERS

M.M. Tsepelevich, riks00022@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-0637-4532>
A.S. Kirsanov, kirsanov.as@talantiuspeh.ru, <https://orcid.org/0009-0007-1005-8643>
Sirius University of Science and Technology, Sirius, Krasnodar region, Russia

Abstract. Aim. This paper aims to investigate the relationship between attention networks and physical attributes in junior ice hockey players, focusing on the association between alerting/executive networks and visual-motor reaction outcomes. **Materials and methods.** This study involved 199 ice hockey players aged 12–14 from 12 teams, divided into two groups based on competitive environment (high vs. low). Participants completed an on-ice skating sprint test with a puck and a reaction time test assessing skating speed, agility, puck control, and choice visual-motor reaction. Network efficiency was measured using the Attention Networks Test. **Results.** No significant association was found between alerting/executive control network

efficiency and reaction test results ($p_s > 0.05$) after controlling for group membership and sprint performance. However, a significant positive association was observed between reaction test results and average reaction time in the Attention Networks Test ($R^2 = 0.25$; $p < 0.001$, $\beta = 0.004$). **Conclusion.** Physical fitness levels in teenage hockey players do not significantly correlate with attention network efficiency; however, there is a significant association between physical fitness levels and average reaction time. These results may be attributed to age-related changes in attentional capacities and skill levels in young athletes.

Keywords: attention networks, ice hockey, junior ice hockey players, cognitive functions, visual-motor reaction

Acknowledgments. This project was financed by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Agreement No. 075-10-2021-093; Project ISR-RND-2252).

For citation: Tsepelevich M.M., Kirsanov A.S. Relationship between attention networks and physical attributes in junior ice hockey players. *Human. Sport. Medicine*. 2024;24(4):142–148. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240418

Введение. Долгое время в спортивной науке центральную позицию занимали вопросы физиологических механизмов и показателей физического развития человека. Несмотря на значимый вклад спортивной психологии в расширение границ понимания спортсмена как сложной системы, когнитивный аспект данного вопроса начал активно разрабатываться только в последние десятилетия [5, 18]. Среди когнитивных функций, которые активно изучаются у спортсменов, особое место занимает внимание как процесс, обуславливающий избирательную направленность психики и тем самым влияющий на эффективность действий [14]. В контексте современных исследований психологии и нейробиологии концепция сетей внимания, разработанная М. Познером, занимает ключевую позицию при изучении когнитивных процессов, связанных с успехом в спорте, особенно в такой динамичной дисциплине, как хоккей [11]. Поведенческие и нейрофизиологические исследования позволили выделить три функциональные нейросети внимания: бдительность, ориентирование, исполнительный контроль [2, 15, 16]. Бдительность обеспечивает готовность к реагированию на поступающие сигналы; ориентирование предполагает использование пространственной информации для перемещения внимания; исполнительный контроль включает нисходящие процессы, связанные с обнаружением конфликта и подавлением нерелевантной информации [2]. Так, в игровых видах спорта бдительность определяет готовность быстро принять передачу от партнера, ориентирование позволяет отследить резкие изменения траектории движения соперника, исполнительный контроль отвечает за эффективность реакций на обманные действия. Результаты экспериментов указывают на то, что квалифицированные спортсмены

показывают более высокие результаты в модифицированной версии теста ANT (тест сетей внимания, англ. attentional network test), чем контрольная группа [19, 20]. Кроме того, было показано, что квалифицированные хоккеисты уровня значительно превосходят контрольную группу по результатам тестирования когнитивных функций, включая исполнительный контроль [9].

Важно отметить, что большинство выводов о взаимосвязи внимания и спортивного мастерства делается на основе межгрупповых сравнений в срезовых исследованиях [5, 18], тогда как вопрос вклада когнитивных функций в успешность решения реальных спортивных задач остается открытым [10]. В связи с этим рассмотрение влияния внимания на уровень специальной физической подготовленности (СФП), определяемый при тестировании на льду, представляет теоретическую и практическую значимость.

Другая грань спортивных исследований – применение в системе спортивной подготовки двойных упражнений (англ. Cognitive-motor dual tasks), включающих одновременное выполнение двигательного действия и когнитивной задачи или задачи на скорость реакции [12]. Данные упражнения выполняются преимущественно в целях тренировки и реабилитации [8], однако в последние годы появляются примеры использования двойных задач для тестирования [3]. В изученной литературе не было обнаружено примеров тестов СФП хоккеистов, основанных на двойной задаче, одна из которых требует сложной зрительно-моторной реакции. Поэтому рассмотрение таких тестов в контексте взаимосвязи со спортивной квалификацией важно для обоснования их дальнейшего научного и практического применения. Кроме того, можно предположить, что комплексный ледовый тест,

требующий сопряженного вовлечения скоростно-силовых качеств, техники передвижения на коньках, техники владения клюшкой и шайбой, сложной зрительно-моторной реакции, будет подвержен значительному влиянию со стороны сетей внимания бдительность и исполнительный контроль.

Для проверки данной гипотезы была выбрана группа хоккеистов-подростков, поскольку возрастные особенности познавательных процессов становятся предметом интереса исследователей значительно реже, чем взрослых спортсменов, хотя уже в юном возрасте остро стоят вопросы отбора и ориентации, где важна всесторонняя оценка способностей [6].

Таким образом, цель настоящего исследования состоит в оценке взаимосвязей сетей внимания бдительность и исполнительный контроль и СФП хоккеистов-подростков при использовании теста, требующего сложной зрительно-моторной реакции.

Методы и процедура исследования. В исследовании приняли участие 199 хоккеистов разных амплуа в возрасте 12–14 лет. Спортсмены были разделены на две группы: играющие в высококонкурентной среде (6 команд, 110 человек, возраст $13,68 \pm 0,23$ года, стаж занятий хоккеем $9,32 \pm 1,19$ года) и низкоконкурентной среде (6 команд, 110 человек, возраст $13,55 \pm 0,33$ года, стаж занятий хоккеем $8,96 \pm 1,32$ года). Группы значительно различались по игровому стажу (критерий Вилкоксона, $W = 3812$, $p = 0,03$). Разделение на группы осуществлялось на основе интегральной оценки параметров, характеризующих уровень конкуренции в юношеском хоккее в регионе: количество профильных спортивных школ, количество клубных команд, их численность и положение ведущей команды региона в турнирной таблице первенства России на момент исследования.

Протокол и процедура исследования были одобрены комитетом по биоэтике университета «Сириус». Информированное согласие на участие в исследовании было предварительно получено от родителей (представителей) юных спортсменов.

В рамках интенсивной спортивной программы образовательного центра «Сириус» хоккеисты проходили тестирование, включающее тест ANT, а также два ледовых теста: «Спринт 30 метров» и «Реакция с шайбой». Дополнительно проводился опрос для определения возраста спортсменов и стажа занятий.

Тест «Спринт 30 метров» направлен на

оценку специальных скоростно-силовых качеств, техники передвижения на коньках, техники владения клюшкой и шайбой. Спортсмен как можно быстрее преодолевал отрезок 30 метров, передвигаясь по прямой, с ведением шайбы.

Тест «Реакция с шайбой» разработан для комплексной оценки скоростно-силовых качеств, техники передвижения на коньках, техники владения клюшкой и шайбой, сложной зрительно-моторной реакции. Хоккеист в полной экипировке как можно быстрее преодолевал три участка по 15 метров с ведением шайбы, при этом направление движения на участке зависело от цвета предварительного сигнала. Поскольку тест состоял из трех участков по два варианта направления движения (вправо – «П» или влево – «Л») в каждом, всего предполагалось восемь возможных траекторий движения (рис. 1). В обоих ледовых тестах автоматизированная фиксация времени и подача сигналов осуществлялись системой хронометража SmartSpeed Timing Gates System (Австралия).

Оценка параметров систем внимания выполнялась оригинальным тестом ANT [2], реализованным в программе PEBL (2.1) [13]. Тест включал один тренировочный блок, состоящий из 24 попыток, и три проверочных блока по 96 попыток. Задача участника – как можно быстрее определить направление центральной стрелки-мишени, которая по условию появляется в контексте помех или подсказок (рис. 2), и нажать на клавиатуре соответствующую клавишу. В каждой попытке фиксировалось время реакции и правильность ответа. На основе сравнения скорости реакции при корректных ответах в предъявлениях разного типа определялась эффективность работы сетей внимания. Дополнительно рассчитывалось среднее время реакции для всех правильных ответов.

Для выявления различий в результатах теста «Реакция с шайбой» между двумя группами спортсменов, играющих в высококонкурентной среде и низкоконкурентной среде, и траекториями движения в тесте «Реакция с шайбой» был выполнен дисперсионный анализ ANOVA 2 (группа) \times 8 (траектория). Апостериорные сравнения выполнялись с использованием критерия Вилкоксона.

Регрессионный анализ был использован для оценки взаимосвязи сетей внимания и СФП. В среде программирования R-Studio были построены три линейные регрессионные модели для каждой из трех метрик теста ANT:

бдительность, исполнительный контроль, среднее время реакции (независимые переменные). Помимо результатов теста ANT в каждую модель в качестве независимых переменных включались результаты теста «Спринт 30 метров», возраст, стаж занятий, группа (спортсмены, играющие в высококонкурентной или низкоконкурентной среде). В роли зависимой переменной выступал результат теста «Реакция с шайбой».

Результаты. Для выявления различий в результатах теста «Реакция с шайбой» между группами спортсменов и траекториями движения использовался ANOVA 2 (группа) × 8 (траектория). Перед проведением анализа

была выполнена оценка нормальности распределения и проверка однородности дисперсий для каждой группы. Результаты показали, что все допущения для дисперсионного анализа соблюдаются (тест Шапиро – Уилка, все $p > 0,05$, тест Левеня, $p = 0,9$). Дисперсионный анализ показал значимость влияния фактора группа (two-way ANOVA, $F_{(1, 190)} = 45,23$, $p < 0,001$) и фактора траектория (two-way ANOVA, $F_{(7, 190)} = 3,28$, $p < 0,001$) на результаты теста «Реакция с шайбой». Апостериорные сравнения методом *W* Вилкоксона показали, что источником различий являлись две траектории: ЛПЛ ($n = 27$) и ПЛП ($n = 29$), данные которых были исключены из анализа.

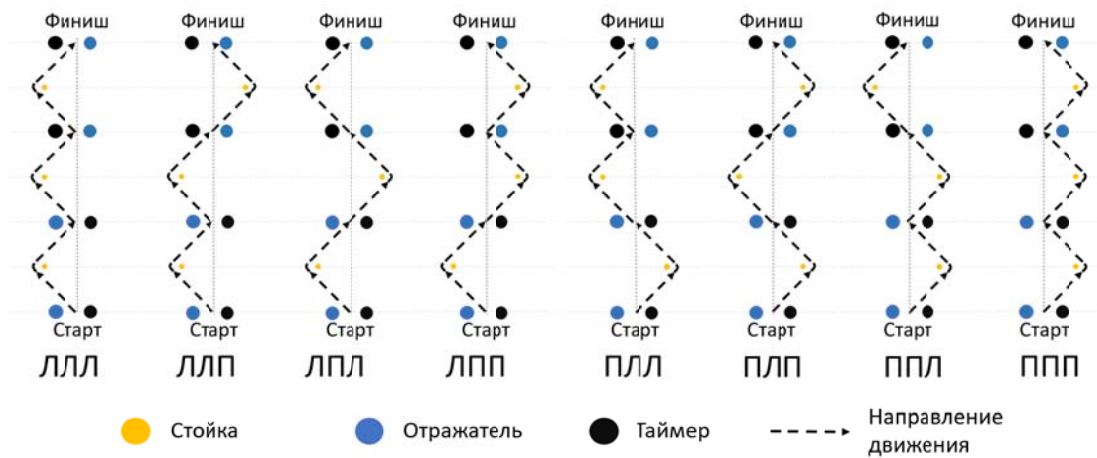


Рис. 1. Траектории движения в тесте «Реакция с шайбой»: П – движение вправо, Л – движение влево
 Fig. 1. Skating trajectories in the Reaction test: П – to the right, Л – to the left

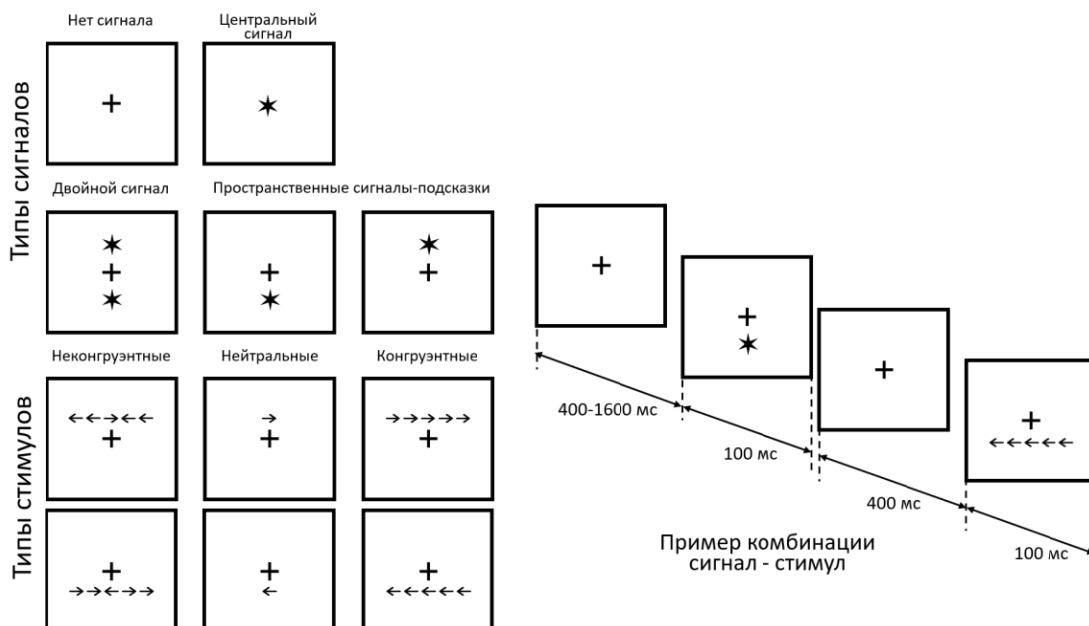


Рис. 2. Схема предъявления стимулов в тесте сетей внимания
 Fig. 2. Stimuli and experimental paradigm in the attention network test

Оценка взаимосвязи сетей внимания и СФП была выполнена методом линейной регрессии. На предварительном этапе показатели возраста и спортивного стажа использовались в качестве независимых переменных регрессионных моделей, чтобы оценить их возможное влияние на время выполнения ледового теста. Значимого влияния данных переменных на результат теста «Реакция с шайбой» установлено не было (все $p > 0,05$), поэтому показатели возраста и стажа были исключены из дальнейшего анализа. Регрессионный анализ не выявил значимых взаимосвязей сетей внимания и скорости выполнения теста «Реакция с шайбой» (все $p > 0,05$) при контроле скорости спринтерского бега. Однако была выявлена значимая взаимосвязь результатов теста и среднего времени реакции в тесте ANT ($R^2_{adjusted} = 0,25$; $p < 0,001$, $\beta = 0,004$).

Обсуждение. Результаты не показали наличия связи результатов теста СФП, требующего сложной зрительно-моторной реакции, и сетей внимания бдительность и исполнительный контроль, что может объясняться с нескольких позиций. Во-первых, сети внимания подвержены значительным возрастным изменениям и имеют тенденцию к повышению эффективности во взрослом возрасте относительно подросткового [1, 4, 17]. В связи с этим можно предположить, что в возрасте 12–14 лет сети внимания не сформированы в той степени, в которой они сформированы у взрослых, и не вносят значительный вклад в игровую деятельность. Вторым объяснением может быть то, что участники настоящего исследования не относятся к группе высококвалифицированных спортсменов – уровень, на котором физические качества разных хоккеистов близки по своим значениям, а игровая производительность в большей степени определяется тактическим мастерством, значительно связанным с когнитивными функциями. Возможно, относительно низкий уровень мастерства выводит на первый план скоростно-силовые качества, технику передвижения на коньках, технику владения клюшкой и шайбой. Кроме того, полученные данные указывают на то, что среднее время реакции в тесте ANT положительно связано со временем выполнения теста «Реакция с шайбой». Данный факт подчеркивает значимость скорости реакции для спортсменов и может также быть одним из факторов результата, выходящих на

первый план по сравнению со сложной зрительно-моторной реакцией.

Использование двойных упражнений в спортивном тестировании представляется перспективным направлением для науки и практики. Одной из наиболее простых в реализации комбинаций задача – ответ является сочетание двигательных действий и задач, требующих сложной зрительно-моторной реакции [7]. Хотя существующие на сегодняшний день исследования преимущественно разрабатывают вопрос применения двойных упражнений для тренировки [12], настоящее исследование показывает, что двойные задачи могут стать важным инструментом комплексной оценки подготовленности хоккеистов. Результаты дисперсионного анализа продемонстрировали, что спортсмены, играющие в высококонкурентной среде, превосходят сверстников, играющих в низкоконкурентной среде, по результатам выполнения теста «Реакция с шайбой», который требует вовлечения физических качеств и двигательных навыков одновременно со сложной зрительно-моторной реакцией. Однако дальнейшие исследования необходимы для подтверждения надежности, валидности и воспроизводимости данного теста, поскольку полученные результаты показали, что из восьми возможных траекторий две имеют статистически значимо более высокие результаты по сравнению с остальными. Можно предположить, что более высокая скорость в траекториях ЛПЛ и ПЛП связана с меньшим количеством поворотов при прохождении дистанции (см. рис. 1). В связи с этим при практическом применении теста следует учитывать траекторию прохождения для корректной интерпретации результатов.

Заключение. Результаты исследования свидетельствуют о том, что тест сетей внимания не является информативным предиктором уровня СФП хоккеистов-подростков, оцененного с использованием теста, требующего сложной зрительно-моторной реакции. Однако результат теста «Реакция с шайбой» значимо взаимосвязан со средним временем реакции теста ANT, что подчеркивает важность скорости реакции для юных хоккеистов.

Авторы выражают благодарность канд. пед. наук Д.Н. Савину, А.А. Окуневой за помощь и поддержку на подготовительном этапе и этапе сбора данных.

Список литературы / References

1. Abundis-Gutiérrez A., Checa P., Castellanos C., Rosario Rueda M. Electrophysiological Correlates of Attention Networks in Childhood and Early Adulthood. *Neuropsychologia*, 2014, vol. 57, pp. 78–92. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2014.02.013
2. Fan J., McCandliss B. D., Sommer T. et al. Testing the Efficiency and Independence of Attentional Networks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2002, vol. 14, no. 3, pp. 340–347.
3. Fischer P.D., Hutchison K.A., Becker J.N., Monfort S.M. Evaluating the Spectrum of Cognitive-Motor Relationships During Dual-Task Jump Landing. *Journal of Applied Biomechanics*, 2021, vol. 37, no. 4, pp. 388–395. DOI: 10.1123/jab.2020-0388
4. Giovannoli J., Martella D., Casagrande M. Assessing the Three Attentional Networks and Vigilance in the Adolescence Stages. *Brain Sciences*, 2021, vol. 11, no. 4, p. 503. DOI: 10.3390/brainsci11040503
5. Kalén A., Bisagno E., Musculus L. et al. The Role of Domain-specific and Domain-general Cognitive Functions and Skills in Sports Performance: A Meta-Analysis. *Psychological Bulletin*, 2021, vol. 147, no. 12, pp. 1290–1308. DOI: 10.1037/bul0000355
6. Lemoyne J., Brunelle J.-F., Huard Pelletier V. et al. Talent Identification in Elite Adolescent Ice Hockey Players: The Discriminant Capacity of Fitness Tests, Skating Performance and Psychological Characteristics. *Sports*, 2022, vol. 10, no. 4, p. 58. DOI: 10.3390/sports10040058
7. Lucia S., Aydin M., Di Russo F. Sex Differences in Cognitive-Motor Dual-Task Training Effects and in Brain Processing of Semi-Elite Basketball Players. *Brain Sciences*, 2023, vol. 13, no. 3, p. 443. DOI: 10.3390/brainsci13030443
8. Lucia S., Forte R., Boccacci L. et al. A Nonpharmacologic Treatment for Anxiety in Older Adults Based on Cognitive-Motor Training with Response-Generated Feedback. *The Journals of Gerontology: Ser. B*, 2023, vol. 79, no. 2. DOI: 10.1093/geronb/gbad170
9. Lundgren T., Högman L., Näslund M., Parling T. Preliminary Investigation of Executive Functions in Elite Ice Hockey Players. *Journal of Clinical Sport Psychology*, 2016, vol. 10, no. 4, pp. 324–335. DOI: 10.1123/jcsp.2015-0030
10. Mann D., Williams A., Ward P., Janelle C. Perceptual-Cognitive Expertise in Sport: A Meta-Analysis. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 2007, vol. 29, pp. 457–478. DOI: 10.1123/jsep.29.4.457
11. Moran A.P., Toner J. *Attentional Processes in Sport and Performance*. Oxford Research Encyclopedia of Psychology, 2018.
12. Moreira P.E.D., Dieguez G.T.d.O., Bredt S.d.G.T., Praça G.M. The Acute and Chronic Effects of Dual-Task on the Motor and Cognitive Performances in Athletes: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, vol. 18, no. 4, p. 1732. DOI: 10.3390/ijerph18041732
13. Mueller S.T.P. The Psychology Experiment Building Language (PEBL) and PEBL Test Battery. *Journal of Neuroscience Methods*, 2014, vol. 222, pp. 250–259. DOI: 10.1016/j.jneumeth.2013.10.024
14. Nour S., Struys E., Stengers H. Attention Network in Interpreters: The Role of Training and Experience. *Behavioral Sciences*, 2019, vol. 9, no. 4, p. 43. DOI: 10.3390/bs9040043
15. Petersen S.E., Posner M.I. The Attention System of the Human Brain: 20 Years After. *Annu Rev Neuroscience*, 2012, vol. 35, pp. 73–89. DOI: 10.1146/annurev-neuro-062111-150525
16. Posner M.I., Petersen S.E. The Attention System of the Human Brain. *Annual Review of Neuroscience*, 1990, vol. 13, pp. 25–42. DOI: 10.1146/annurev.ne.13.030190.000325
17. Saito D.N., Fujisawa T.X., Yanaka H.T. et al. Development of Attentional Networks During Childhood and Adolescence: A Functional MRI Study. *Neuropsychopharmacology Reports*, 2022, vol. 42, no. 2, pp. 191–198. DOI: 10.1002/npr2.12246
18. Scharfen H.-E., Memmert D. Measurement of Cognitive Functions in Experts and Elite Athletes: A Meta-analytic Review. *Applied Cognitive Psychology*, 2019, vol. 33, no. 5, pp. 843–860. DOI: 10.1002/acp.3526
19. Yu M., Liu Y. B., Yang G. Differences of Attentional Networks Function in Athletes from Open-skill Sports: an Functional Near-infrared Spectroscopy Study. *NeuroReport*, 2019, vol. 30, no. 18, pp. 1239–1245. DOI: 10.1097/wnr.0000000000001327
20. Yu M., Xu S., Hu H. et al. Differences in Right Hemisphere fNIRS Activation Associated with Executive Network During Performance of the Lateralized Attention Network Task by Elite, Expert and Novice Ice Hockey Athletes. *Behavioural Brain Research*, 2023, vol. 443, p. 114209. DOI: 10.1016/j.bbr.2022.114209

Информация об авторе

Цепелевич Маргарита Михайловна, младший научный сотрудник, аспирант, Научно-технологический университет «Сириус», ФТ «Сириус», Краснодарский край, Россия.

Кирсанов Александр Сергеевич, научный сотрудник, Научно-технологический университет «Сириус», ФТ «Сириус», Краснодарский край, Россия.

Information about the author

Margarita M. Tsepelevich, Junior Researcher, Postgraduate Student, Sirius University of Science and Technology, Krasnodar Krai, Russia.

Alexander S. Kirsanov, Researcher, Sirius University of Science and Technology, Krasnodar Krai, Russia.

Вклад авторов:

Цепелевич М.М. – концепция исследования, выбор методов исследования, анализ данных, анализ литературы, интерпретация результатов, написание текста.

Кирсанов А.С. – концепция исследования, выбор методов исследования, интерпретация результатов, написание текста.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

Tsepelevich M.M. – research concept, study design, data analysis, literature analysis, interpretation of results, writing the text.

Kirsanov A.S. – research concept, study design, literature analysis, interpretation of results, writing the text.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 11.05.2024

The article was submitted 11.05.2024

Восстановительная и спортивная медицина Rehabilitation and sport medicine

Научная статья
УДК 796.071.424.2
DOI: 10.14529/hsm240419

АНАЛИЗ ВЫЯВЛЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ В КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЕ У РЕКОНВАЛЕСЦЕНТОВ COVID-19

М.С. Бельснер, mariika_04@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2295-609X>
И.В. Гребнева, grebneviv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9728-5759>
Д.И. Жукова, salnik.dasha@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-2937-222X>
И.А. Захарова, zaharowa.inna2012@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0000-1139-1818>
Н.В. Ксенофонтова, natalka7486@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-9274-2581>
О.Л. Минакина, olgaminol@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-7363-792X>
Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, Россия

Аннотация. Цель: провести анализ наиболее значимых изменений в кардиореспираторной системе у реконвалесцентов COVID-19. **Материалы и методы.** В данное клиническое исследование было включено 34 исследуемых с диагнозом U07.1 и U07.2, согласно МКБ-10 и временным методическим рекомендациям Министерства здравоохранения Российской Федерации. **Результаты.** У пациентов после перенесенного COVID-19, несмотря на имеющуюся одышку при физической нагрузке, через полгода отмечались нормальные показатели, при проведении спирометрии. У всех исследуемых пациентов, одышка была вызвана детренированностью. **Заключение.** У пациентов после перенесенного COVID-19 одышка при физической нагрузке не всегда была ассоциирована с вентиляционными нарушениями. После COVID-19 одышка в большей степени вызвана детренированностью. Кардиореспираторное нагрузочное тестирование является методом, который способен выявить изменения в кардиореспираторной системе. Необходимо проводить кардиореспираторное нагрузочное тестирование через 6 месяцев после COVID-19, далее после проведения постковидной реабилитации.

Ключевые слова: кардиореспираторное нагрузочное тестирование, спирометрия, COVID-19

Для цитирования: Анализ выявления изменений в кардиореспираторной системе у реконвалесцентов COVID-19 / М.С. Бельснер, И.В. Гребнева, Д.И. Жукова и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 4. С. 149–156. DOI: 10.14529/hsm240419

Original article
DOI: 10.14529/hsm240419

CARDIORESPIRATORY CHANGES IN POST-COVID-19 PATIENTS

M.S. Belsner, mariika_04@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2295-609X>
I.V. Grebneva, grebneviv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9728-5759>
D.I. Zhukova, salnik.dasha@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-2937-222X>
I.A. Zakharova, zaharowa.inna2012@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0000-1139-1818>
N.V. Ksenofontova, natalka7486@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-9274-2581>
O.L. Minakina, olgaminol@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-7363-792X>
South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia

Abstract. Aim. To investigate the most significant changes in the cardiorespiratory system among COVID-19 patients. **Materials and methods.** This study enrolled 34 subjects diagnosed with U07.1 and U07.2 according to ICD-10 and temporary guidelines of the Ministry of Health of the Russian Federation. **Results.** Our findings revealed that despite shortness of breath on exertion, patients with COVID-19 had

normal spirometric values six months after recovery. In all subjects, shortness of breath was induced by detraining. **Conclusion.** In patients with COVID-19, shortness of breath on exertion may not always correlate with ventilation disorders but is often induced by detraining. Cardiopulmonary exercise testing is a method of choice for the identification of cardiorespiratory diseases and should be performed 6 months after COVID-19 and following post-COVID rehabilitation.

Keywords: cardiorespiratory exercise testing, spirometry, COVID-19

For citation: Belsner M.S., Grebneva I.V., Zhukova D.I., Zakharova I.A., Ksenofontova N.V., Minakina O.L. Cardiorespiratory changes in post-COVID-19 patients. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(4):149–156. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240419

Введение. В 2020 году весь мир столкнулся с распространением COVID-19. Последствия новой коронавирусной инфекции на организм изучаются в настоящее время. Влияние COVID-19 рассматривается как системное заболевание, затрагивающее не только дыхательную, но и сердечно-сосудистую, желудочно-кишечную, кроветворную и иммунную системы [11].

В связи с этим важно у лиц, перенесших диффузно-альвеолярное повреждение, ассоциируемое с COVID-19, в процессе его разрешения следить за динамикой состояния, в том числе – одышки. При сохранении или усугублении одышки следует проводить поиск её причин [10]. У реконвалесцентов часто отмечается необъяснимая одышка или утомляемость при физической нагрузке.

Патофизиологические нарушения в сердечно-легочной системе при хронических процессах приводят к характерным отклонениям, наблюдаемым во время динамических упражнений, в виде снижения аэробной мощности, снижения максимального потребления кислорода (VO_2 peak), повышения уровня вентиляционного эквивалента углекислого газа (VE/VCO_2 slope) [1]. Нагрузочные пробы не имеют специфичности в диагностике постковидного синдрома, но должны применяться для выявления и оценки выраженности функциональных нарушений сердечно-сосудистой и дыхательной систем, оценки эффективности проводимой терапии, а также прогноза заболевания. Выявлена слабая взаимосвязь (корреляция) между снижением физической работоспособности и нарушением легочной функции, которая наблюдается у ряда пациентов, перенёсших COVID-19 [10].

Кардиореспираторный нагрузочный тест (КРНТ, эргоспирометрия) – это проба с физической нагрузкой и одновременным анализом выдыхаемого воздуха, что позволяет максимально полно и объективно оценить реакции

ряда систем организма на нагрузку, а при наличии патологии выявить патофизиологическую причину ограничения физической работоспособности [5]. Кардиореспираторное нагрузочное тестирование предлагает уникальную, но все еще недостаточно используемую в клинической практике возможность одновременного изучения сердечно-легочных и метаболических изменений [2, 4].

У реконвалесцентов часто отмечается необъяснимая одышка или утомляемость при физической нагрузке, которые могут быть вызваны рядом различных факторов. Происходящие расстройства организма демонстрируют лишь слабую корреляцию с функциональными или визуализирующими тестами в покое, вследствие чего необходимо прибегать к тестам при нагрузке, данным видом диагностики является кардиореспираторный нагрузочный тест [9].

КРНТ может различать нормальную и ненормальную реакцию на физическую нагрузку и обычно определяет, какое из множества патофизиологических состояний по отдельности или в сочетании является ведущей причиной непереносимости физической нагрузки [13]. Следовательно, он повышает точность диагностики состояний пациентов, направляя более целенаправленно на их выявление и облегчая принятие решений о лечении, вследствие чего помогает выявить постковидные изменения. КРНТ должен быть одним из первых тестов, используемых для оценки непереносимости физической нагрузки у пациентов с различной патологией, перенесших COVID-19 [7, 12, 14].

Цель: провести анализ наиболее значимых изменений в кардио-респираторной системе у реконвалесцентов COVID-19.

Материалы и методы исследования. Работа выполнена на базе Челябинского областного консультативно-диагностического отделения для пульмонологических больных ОКБ № 3, перенесших COVID-19. В данное

клиническое исследование было включено 34 исследуемых с диагнозом U07.1 и U07.2, согласно МКБ-10 и временным методическим рекомендациям Министерства здравоохранения Российской Федерации [3]. Исследуемым было произведено КРНТ на базе программного обеспечения OMNIA 2016 года, производство Италия.

При анализе показателей, полученных в результате комплексного функционального исследования системы дыхания, были использованы должные значения для общей популя-

Результаты. Пациенты были разделены на 3 группы. Оценено наличие перенесенного COVID-19: без повреждения легочной ткани, с диффузно-альвеолярным поражением, ассоциируемым с COVID-19, со степенью повреждения по КТ. У пациентов, включенных в исследование, средний возраст их составлял 43,75 года (18–60 лет). После перенесенного заболевания у всех пациентов прошло больше 6 месяцев (табл. 1). Перед проведением диагностических тестов измерялись рост и масса тела (без обуви и верхней одежды).

Таблица 1
Table 1

Характеристика пациентов
Patient characteristics

Показатель Parameter	Общая группа General group	1-я группа Group 1	2-я группа Group 2	3-я группа Group 3
	n = 34	n = 11	n = 12	n = 11
Возраст, годы Age, years	43,75 (20–64)			
Пол / Sex, n				
мужской / male	17	5	8	4
женский / female	17	8	6	3
Рост, см / Height, cm	169 (163–178)	173 (163–178)	170 (163–178)	168 (163–178)
ИМТ, кг/м ² / BMI	30 (27–34)	30 (24–34)	31 (27–33)	31 (27–35)

ции, которые рассчитывались с помощью калькулятора по формулам Global Lung Function Initiative (GLI) (<http://gli-calculator.ersnet.org/>) с учетом антропометрических характеристик (пол, возраст и рост). Результаты выражались в процентах от должного значения (полученное значение / должное значение × 100 %)

Критерии включения в исследование:

- информированное согласие пациентов на участие в исследовании;
- подтвержденные лабораторные исследования COVID-19, проведенные с применением иммунохроматографических методов;
- возраст пациентов (мужчины и женщины от 18 до 60 лет).

Критерии исключения из исследования:

- несогласие пациентов на участие в исследовании;
- неконтролируемая артериальная гипертензия;
- деформирующий остеоартроз 2–3-й степени;
- оперативное лечение в анамнезе за последние 6 месяцев;
- хронические заболевания в стадии декомпенсации.

Как видно из представленных данных, в исследование было включено равное количество мужчин и женщин, в каждой группе было 17 человек. В группах пациенты были повышенного питания, что составило 65 % (ИМТ 27–28 кг/м²), ожирение 1-й степени (ИМТ 30–31 кг/м²) отмечалось у 29 %, в 6 % отмечалась нормальная масса тела (ИМТ 20–25 кг/м²).

КТ ОГК выполнялась по стандартной методике при постановке диагноза всем пациентам при поступлении в стационар (табл. 2).

Таблица 2
Table 2

Распределение по КТ повреждению
Distribution by CT damage

Показатель Parameter	Общая группа General group
	n = 34
КТ0 (0–25 %) / СТ0 (0–25 %)	11
КТ1 (0–25 %) / СТ1 (0–25 %)	12
КТ2 (26–50 %) / СТ2 (26–50 %)	11

Пациенты после перенесенного COVID-19 без пневмонии и с КТ 2-й степени составляли

по 32,5 %, повреждения КТ 1-й степени были у 35 %.

Всем обследуемым пациентам была проведена функция внешнего дыхания. Анализировались следующие параметры: форсированная спирометрия: форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ), объем форсированного выдоха за 1-ю секунду (ОФВ1), ОФВ1 / ФЖЕЛ (табл. 3).

В целом по группе показатели легочной вентиляции были в пределах нормы. С временным интервалом между выпиской из стационара и проведением функциональных исследований системы дыхания статистически значимых взаимосвязей не выявлено.

У всех исследуемых сохранялись жалобы на одышку при физической нагрузке, для выявления причин которых необходимо проведение КРНТ. При проведении кардиореспираторного нагрузочного тестирования основным показателем является аэробная выносливость, которая оцениваемая по двум главным показателям (табл. 4):

– максимальное потребление кислорода (VO_2max) референсным показателем: для мужчин – более 45 мл/кг/мин, для женщин – более 38 мл/кг/мин;

– анаэробный порог (АП) – уровень выделения CO_2 превышает потребление O_2 (см. табл. 4).

По полученным результатам теста максимальное потребление кислорода было снижено во всех группах. Анаэробный порог был достигнут в группе без пневмонии после перенесенного COVID-19, а одышка пациентов связана со снижением адаптационного потенциала к физической нагрузке.

Таким образом, у пациентов после перенесенного COVID-19, несмотря на имеющуюся одышку при физической нагрузке, через полгода отмечались нормальные показатели при проведении спирометрии.

Пациентов во время реабилитации необходимо разделять по выявленным нарушениям после проведения КРНТ:

1-я группа – снижение вентиляционных способностей;

2-я группа – наличие нарушений в работе сердечно-сосудистой системы;

3-я группа – пациенты со сниженной адаптацией к физической нагрузке.

Наиболее информативным, но еще мало применяющимся в практике является КРНТ. У всех исследуемых пациентов одышка была вызвана детренированностью.

Обсуждение. Кардиореспираторный нагрузочный тест позволяет оценить работу сердца и легких в условиях стресса, который может быть вызван при помощи различных

Таблица 3
Table 3

Показатели проведения спирометрии
Spirometry performance

Показатель / Parameter	Общая группа General group	1-я группа Group 1	2-я группа Group 2	3-я группа Group 3
n	n = 34	n = 11	n = 12	n = 11
ФЖЕЛ, % / FVC, %	87,9	90,9	86,1	86,7
ОФВ1, % / FEV1, %	91	89	93	92
ОФВ1/ФЖЕЛ, % / FEV1 / FVC, %	97	101	83	94

Таблица 4
Table 4

Показатели при проведении КРНТ
Indicators during CPET

Показатель / Parameter	1-я группа / Group 1	2-я группа / Group 2	3-я группа / Group 3
	n = 11	n = 12	n = 11
МПК* / МОС*	Снижено / Reduced	Снижено / Reduced	Снижено / Reduced
АП** / АТН**	Достигнут / Achieved	Не достигнут / Not achieved	Не достигнут / Not achieved

Примечание. * – максимальное потребление кислорода. Референсным показателем: для мужчин более 45 мл/кг/мин, для женщин более – 38 мл/кг/мин; ** – аэробный порог (АП) – уровень выделения CO_2 превышает потребление O_2 (табл. 4).

Note. * – maximum oxygen consumption (МПК; VO_2max). Reference values: more than 45 ml/kg/min (males); more than 38 ml/kg/min (females); ** – anaerobic threshold – CO_2 production exceeds O_2 consumption (Table 4).

нагрузочных протоколов, посредством измерения потребления кислорода и скорости выработки углекислого газа.

Для велоэргометрии предпочтительно использовать нагрузки возрастающей мощности, всем пациентам во время исследования был поставлен проток нагрузки 15 Вт. При этом в первые две минуты теста исследуемый вращает педали без какой-либо нагрузки, затем происходит ступенчатое увеличение нагрузки каждые 2 мин. Мощность повышается до тех пор, пока испытуемый в состоянии продолжать педалирование или по установленной программе. Вращение педалей происходит с постоянной скоростью – около 40–50 об./мин [8].

Работ по применению КРНТ после COVID-19 в доступной литературе недостаточно, но данную методику использовали авторы в своих исследованиях при различных состояниях. А.В. Черняк с соавт. в своей работе обсуждали вопросы методологии и интерпретации результатов КРНТ, а также обоснованность и необходимость проведения данного исследования не только в научных целях в специализированных лабораториях, но и в повседневной клинической практике. Авторы пришли к выводу, что КРНТ с возрастающей нагрузкой позволяет определить МПК и имеет большое значение для диагностики нарушений толерантности к физической нагрузке и механизмов, относящихся к этим нарушениям [10].

А.С. Красичков с соавт. в своем исследовании сообщили, что кардиопульмональный нагрузочный тест предоставляет значимую диагностическую и прогностическую информацию о состоянии больных с сердечно-сосудистыми и легочными заболеваниями. Существует серьезная проблема, состоящая в том, что выполнение нагрузочного тестирования испытуемым в его завершающей фазе является физически тяжелым упражнением для человека [6].

В своем исследовании Y. Razvi, D.E. Ladie сообщают, что часто упускаемый из виду и недостаточно используемый метод – КРНТ – дает богатую информацию о функциональном статусе пациента. В качестве динамического теста КРНТ может выявить заболевания сердца или легких у пациентов с незначительными отклонениями в диагностике (электрокардио-

граммы (ЭКГ), эхокардиография, спирометрия и т. д.) [15].

В статье Thomas Glaab, Christian Taube, говорится, что необъяснимая одышка или усталость при напряжении могут возникнуть из-за ряда основных расстройств и показывают лишь слабую корреляцию с функциональными или визуальными тестами в покое. КРНТ предлагает уникальную, но все еще недостаточно используемую и непризнанную возможность одновременно изучать сердечно-легочные и метаболические изменения. КРНТ может различать нормальную и аномальную реакцию на физические упражнения и обычно определяет, какое из нескольких патофизиологических состояний в одиночку или в комбинации является основной причиной непереносимости физических упражнений. Таким образом, он повышает точность диагностики и медицинское обслуживание пациентов, направляя более целенаправленную диагностику и облегчая принятие решений о лечении. Следовательно, КРНТ должен быть одним из ранних тестов, используемых для оценки непереносимости физических упражнений. Тем не менее этот тест требует конкретных знаний, и все еще существует серьезный информационный пробел для тех врачей, которые, в первую очередь, заинтересованы в том, чтобы научиться систематически анализировать и интерпретировать результаты КРНТ [13].

Одышка, которая выявлена в ходе исследования, не требовала дополнительного лечения. Необходимо рассмотреть изменения при проведении КРНТ в динамике после реализации реабилитационного лечения.

Выводы:

1. У пациентов после перенесенного COVID-19 одышка при физической нагрузке не всегда была ассоциирована с вентиляционными нарушениями.

2. После COVID-19 одышка в большей степени вызвана детренированностью.

3. Кардиореспираторное нагрузочное тестирование является методом, который способен выявить изменения в кардиореспираторной системе.

4. Необходимо проводить кардиореспираторное нагрузочное тестирование через 6 месяцев после COVID-19, далее после проведения постковидной реабилитации.

Список литературы

1. Ватутин, Н.Т. Современный взгляд на кардиопульмональное нагрузочное тестирование (обзор рекомендации ЕАСРР/АНА, 2016) / Н.Т. Ватутин, А.С. Смирнова, Е.С. Гасендич // *Arkhip* vnutrenney meditsiny. – 2017. – Vol. 7 (1). – P. 5–14.
2. Волков, В.В. Влияние скорости прироста нагрузки во время тестирования на ручном эргометре на максимальное потребление кислорода: систематический обзор / В.В. Волков, Р.В. Тамбовцева // *Соврем. вопросы биомедицины*. – 2024. – № 1. – С. 48–57. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_01_4
3. Временные методические рекомендации «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Версия 18 (26.10.2023)» (утв. Минздравом России) (вместе с «Рекомендациями по описанию данных РГ и КТ ОГК», «Инструкцией по проведению диагностики COVID-19 с применением методов амплификации нуклеиновых кислот», «Инструкцией по проведению диагностики COVID-19 с применением иммунохимических методов», «Рекомендованными схемами лечения в амбулаторных условиях», «Рекомендованными схемами лечения в условиях стационара», «Инструкцией по соблюдению мер инфекционной безопасности для выездных бригад скорой медицинской помощи»). – 250 с.
4. Кардиореспираторные предикторы, обуславливающие аэробную производительность / В.А. Демидов, А.С. Назаренко, В.В. Демидова и др. // *Наука и спорт: современные тенденции*. – 2022. – № 2. – С. 6–14.
5. Маринич, В.В. особенности планирования тренировочного процесса спортсменов, переболевших коронавирусом / В.В. Маринич // *Здоровье для всех*. – 2022. – № 1. – С. 15–19.
6. Метод прогнозирования основных показателей кардиопульмонального нагрузочного тестирования для больных с хронической сердечной недостаточностью / А.С. Красичков, Э. Мбазумтима, Ф. Шикама, Е.М. Нифонтов // *Изв. высш. учеб. заведений России. Радиоэлектроника*. – 2020. – № 23 (1). – С. 96–104.
7. Нененко, О.И. Нагрузочные пробы в диагностике пылевой патологии органов дыхания / О.И. Нененко, П.В. Серебряков, Е.А. Денисова // *Здравоохранение РФ*. – 2021. – № 4. – С. 384–387.
8. Редькина, И.Н. Постковидный синдром с позиции кардиоваскулярных нарушений / И.Н. Редькина, Л.А. Суплотова, М.И. Бессонова // *Мед. совет*. – 2022. – № 16 (18). – С. 141–146. DOI: 10.21518/2079-701X-2022-16-18-141-146
9. Функциональные изменения системы дыхания у пациентов / А.В. Черняк, Н.А. Карчевская, О.И. Савушкина и др. // *Пульмонология*. – 2023. – № 36 (4). – С. 523–535.
10. Функциональные изменения системы дыхания у пациентов, перенесших COVID-19-ассоциированное поражение легких / А.В. Черняк, Н.А. Карчевская, О.И. Савушкина и др. // *Пульмонология*. – 2022. – № 32 (4). – С. 558–567.
11. COVID-19 как причина хронической легочной гипертензии: патофизиологическое обоснование и возможности инструментальной диагностики / Е. Кобелев, Т.А. Берген, А.Р. Таркова и др. // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. – 2021. – № 20 (5). – С. 28–44.
12. Evaluation of impairment/disability secondary to respiratory disorders / *American Thoracic Society*. – *Am Rev Respir Dis*, 2020. – (Patient Education Series).
13. Glaab, T. Practical guide to cardiopulmonary exercise testing in adults / T. Glaab, C. Taube // *Respir Res*. – 2022. – Vol. 23, No. 9. DOI: 10.1186/s12931-021-01895-6
14. Long-term clinical outcomes in survivors of severe acute respiratory syndrome and Middle East respiratory syndrome coronavirus outbreaks after hospitalisation or ICU admission: A systematic review and meta-analysis / H. Ahmed, K. Patel, D.C. Greenwood et al. // *J Rehabil Med*. – 2020. – Vol. 31, No. 52 (5). – jrm00063. DOI: 10.2340/16501977-2694
15. Razvi, Y. Cardiopulmonary Exercise Testing / Y. Razvi, D.E. Ladie // *StatPearls 2023*. – *Treasure Island (FL): StatPearls Publ.*, 2024. – PMID: 32491809.

References

1. Vatutin N.T., Smirnova A.S., Gasendich E.S. *Sovremennyy vzglyad na kardiopul'monal'noye nagruzochnoye testirovaniye* [Modern View on Cardiopulmonary Exercise Testing]. *Arkhiv" vnutrenney meditsiny*, 2017, vol. 7 (1), pp. 5–14.
2. Volkov V.V., Tambovtseva R.V. [Effect of the Rate of Load Increase During Testing on a Manual Ergometer on Maximum Oxygen Consumption. A Systematic Review]. *Sovremennyye voprosy biomeditsiny* [Modern Issues of Biomedicine], 2024, no. 1, pp. 48–57. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_01_4
3. Temporary Guidelines “Prevention, Diagnosis and Treatment of a New Coronavirus Infection (COVID-19). Version 18 (10.26.2023)” (approved by the Ministry of Health of the Russian Federation) (together with “Recommendations for the Description of RG and CT data of the chest”, “Instructions for the Diagnosis of COVID-19 Using Nucleic Acid Amplification Methods”, “Instructions for the Diagnosis of COVID-19 Using Immunochemical Methods”, “Recommended Treatment Regimens in Outpatient Settings”, “Recommended Treatment Regimens in a Hospital Setting”, “Instructions for Compliance with Infection Safety Measures for Ambulance Teams”). 250 p.
4. Demidov V.A., Nazarenko A.S., Demidova V.V. et al. [Cardiorespiratory Predictors that Determine Aerobic Performance]. *Nauka i sport: sovremennyye tendentsii* [Science and Sport. Modern Trends], 2022, no. 2, pp. 6–14. (in Russ.)
5. Marinich V.V. [Features of Planning the Training Process of Athletes Who Have Recovered from Coronavirus]. *Zdorov'ye dlya vsekh* [Health for Everyone], 2022, no. 1, pp. 15–19. (in Russ.)
6. Krasichkov A.S., Mbazumutima E., Shikama F., Nifontov E.M. [Method for Predicting the Main Indicators of Cardiopulmonary Exercise Testing for Patients with Chronic Heart Failure]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy Rossii* [News of Higher Educational Institutions of Russia. Radio Electronics], 2020, no. 23 (1), pp. 96–104. (in Russ.) DOI: 10.32603/1993-8985-2020-23-1-96-104
7. Nenenko O.I., Serebryakov P.V., Denisova E.A. [Load Tests in the Diagnosis of Dust Pathology of the Respiratory Organs]. *Zdravookhraneniye RF* [Healthcare of the Russian Federation], 2021, no. 4, pp. 384–387. (in Russ.) DOI: 10.47470/0044-197X-2021-65-4-384-387
8. Redkina I.N., Suplotova L.A., Bessonova M.I. [Post-COVID Syndrome from the Standpoint of Cardiovascular Disorders]. *Meditsinskiy sovet* [Medical Council], 2022, no. 16 (18), pp. 141–146. DOI: 10.21518/2079-701X-2022-16-18-141-146
9. Chernyak A.V., Karchevskaya N.A., Savushkina O.I. et al. [Functional Changes in the Respiratory System in Patients]. *Pul'monologiya* [Pulmonology], 2023, no. 36 (4), pp. 523–535. (in Russ.)
10. Chernyak A.V., Karchevskaya N.A., Savushkina O.I. et al. [Functional Changes in the Respiratory System in Patients who have Suffered COVID-19-associated Lung Damage]. *Pul'monologiya* [Pulmonology], 2022, no. 32 (4), pp. 558–567. (in Russ.) DOI: 10.18093/0869-0189-2022-32-4-558-567
11. Kobelev E., Bergen T.A., Tarkova A.R. et al. [COVID-19 as a Cause of Chronic Pulmonary Hypertension. Pathophysiological Rationale and Possibilities of Instrumental Diagnostics]. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika* [Cardiovascular Therapy and Prevention], 2021, no. 20 (5), pp. 28–44. (in Russ.) DOI: 10.15829/1728-8800-2021-2844
12. *Evaluation of Impairment/disability Secondary to Respiratory Disorders*. American Rev Respiratory Dis, 2020. Patient Education Series.
13. Glaab T., Taube C. Practical Guide to Cardiopulmonary Exercise Testing in Adults. *Respiratory Research*, 2022, vol. 23, no. 9. DOI: 10.1186/s12931-021-01895-6
14. Ahmed H., Patel K., Greenwood D.C. et al. Long-term Clinical Outcomes in Survivors of Severe Acute Respiratory Syndrome and Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus Outbreaks After Hospitalisation or ICU Admission: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal Rehabilitation Medicine*, 2020, vol. 31, no. 52 (5), jrm00063. DOI: 10.2340/16501977-2694
15. Razvi Y., Ladie D.E. Cardiopulmonary Exercise Testing. *StatPearls 2023*. Treasure Island (FL): StatPearls Publ., 2024.

Информация об авторах

Бельснер Мария Сергеевна, кандидат медицинских наук, врач-эндокринолог, доцент, Институт пульмонологии, Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, Россия.

Гребнева Ирина Викторовна, кандидат медицинских наук, врач-пульмонолог, доцент, Институт пульмонологии, Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, Россия.

Жукова Дарья Игоревна, врач-терапевт, старший лаборант, Институт пульмонологии, Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, Россия.

Захарова Инна Александровна, доктор медицинских наук, врач-пульмонолог, ассистент, Институт пульмонологии, Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, Россия.

Ксенофонтова Наталья Валерьевна, врач-терапевт, старший лаборант, Институт пульмонологии, Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, Россия.

Минакина Ольга Леонидовна, кандидат медицинских наук, врач – аллерголог-пульмонолог, доцент, Институт пульмонологии, Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, Россия.

Information about the authors

Maria S. Belsner, Candidate of Medical Sciences, Endocrinologist, Associate Professor, Institute of Pulmonology, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia.

Irina V. Grebneva, Candidate of Medical Sciences, Pulmonologist, Associate Professor, Institute of Pulmonology, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia.

Daria I. Zhukova, General Practitioner, Senior Laboratory Assistant, Institute of Pulmonology, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia.

Inna A. Zakharova, Doctor of Medical Sciences, Pulmonologist, Assistant, Institute of Pulmonology, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia.

Natalya V. Ksenofontova, General Practitioner, Senior Laboratory Assistant, Institute of Pulmonology, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia.

Olga L. Minakina, Candidate of Medical Sciences, Allergist-Pulmonologist, Associate Professor, Institute of Pulmonology, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia.

Вклад авторов:

Бельснер М.С. – постановка проблемы, разработка концепции статьи.

Гребнева И.В. – табличное представление результатов.

Жукова Д.И. – сбор статистических данных.

Захарова И.А. – описание результатов и формирование выводов исследования.

Ксенофонтова Н.В. – критический анализ литературы.

Минакина О.Л. – выборка пациентов, соответствующих критерию исследования.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

Belsner M.S. – problem statement, development of the concept of the article.

Grebneva I.V. – tabular presentation of the results.

Zhukova D.I. – collection of statistical data.

Zakharova I.A. – description of the results and formation of conclusions of the study.

Ksenofontova N.V. – a critical analysis of literature.

Minakina O.L. – a sample of patients who meet the criteria of the study

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 10.03.2024

The article was submitted 10.03.2024

ПРИМЕНЕНИЕ ВИБРОТЕХНОЛОГИЙ В КОМПЛЕКСЕ РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ НАЧАЛЬНЫХ ПРОЯВЛЕНИЯХ ПОЯСНИЧНОГО ОСТЕОХОНДРОЗА У ЖЕНЩИН 35–40 ЛЕТ

Т.А. Хорошева, tah@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4899-023X>
М.В. Кошелева, mar980@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2320-7114>
Н.И. Пономарева, maio82@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1825-4300>
А.И. Осинин, andrey.osinin@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0003-7821-9854>
Тольяттинский государственный университет, Тольятти, Россия

Аннотация. Цель: изучение влияния комплекса лечебных физических упражнений с применением вибротехнологий на функциональное состояние позвоночника женщин 35–40 лет с остеохондрозом поясничного отдела. **Материалы и методы:** реализация занятий на виброплатформе в течение 90 дней для женщин 35–40 лет с остеохондрозом поясничного отдела. Занятия проводились три раза в неделю. Контролировались показатели: угол отклонения от нормы и показатель двигательного теста «Движения сгибания и разгибания в сагиттальной плоскости», «Движение при боковых наклонах во фронтальной плоскости», «Тест Шобера», «Измерение кривизны и подвижности позвоночного столба», «Опускание пятки ноги в противоположную сторону в положении лёжа на животе». **Результаты.** Применение занятий на виброплатформе в комплексной реабилитации женщин 35–40 лет с начальными проявлениями остеохондроза способствует увеличению гибкости и подвижности позвоночного столба благодаря вовлечению нескольких физиологических механизмов. **Заключение.** Полученные результаты после педагогического эксперимента позволили выявить эффективность разработанной методики улучшения функциональных возможностей гибкости позвоночного столба в поясничном отделе. Средний показатель у женщин экспериментальной группы улучшился на 3,91 см (19,86 %), в то время как в контрольной группе – на 1,32 см (9,4 %). Средний показатель кривизны позвоночного столба у женщин экспериментальной группы улучшился на 5,67/15,67/9,67 градусов в соответствующих отделах позвоночного столба, в контрольной группе – достоверно не изменился.

Ключевые слова: остеохондроз, вибротехнологии, реабилитация

Для цитирования: Применение вибротехнологий в комплексе реабилитационных мероприятий при начальных проявлениях поясничного остеохондроза у женщин 35–40 лет / Т.А. Хорошева, М.В. Кошелева, Н.И. Пономарева, А.И. Осинин // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 4. С. 157–164. DOI: 10.14529/hsm240420

Original article
DOI: 10.14529/hsm240420

THE EFFECT OF VIBRATION EXERCISE AS A REHABILITATION TREATMENT IN WOMEN WITH EARLY-STAGE LUMBAR OSTEOCHONDROSIS

T.A. Horosheva, tah@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4899-023X>
M.V. Kosheleva, mar980@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2320-7114>
N.I. Ponomareva, maio82@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1825-4300>
A.I. Osinin, andrey.osinin@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0003-7821-9854>
Togliatti State University, Togliatti, Russia

Abstract. Aim. This paper aims to evaluate the effect of a 90-day vibration exercise program on spinal performance in women aged 35–40 with early-stage lumbar osteochondrosis. **Materials and methods.** The intervention consisted of three weekly sessions of vibration exercise over 90 days, focusing on the angle of deviation and exercise performance. Primary outcomes included sagittal range of motion, lateral flexion

assessment, Schober test results, spinal curvature and flexibility measurements, and the prone leg extension test. **Results.** This study provides evidence for the effectiveness of vibration exercise in enhancing spinal flexibility and range of motion in women aged 35–40 with early-stage lumbar osteochondrosis. The observed improvements are due to a combination of physiological mechanisms. **Conclusion.** Compared to controls, the intervention group demonstrated enhanced spinal flexibility (+19.86% vs. +9.40%) and significant lordosis reduction (5.67/15.67/9.67°).

Keywords: osteochondrosis, vibration technology, rehabilitation

For citation: Horosheva T.A., Kosheleva M.V., Ponomareva N.I., Osinin A.I. The effect of vibration exercise as a rehabilitation treatment in women with early-stage lumbar osteochondrosis. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(4):157–164. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240420

Введение. Остеохондроз позвоночника – неуклонно прогрессирующее заболевание. В его развитии выделяют четыре стадии дегенерации, каждая из которых характеризуется определенными анатомо-морфологическими изменениями в диске [2].

Д.А. Бурмистров пишет: «Остеохондроз позвоночника оказывает все более выраженное воздействие на здоровье людей во всех странах мира, являясь одним из лидирующих заболеваний современности [2].

Т.А. Олейникова пишет: «На сегодняшний день качество здоровья граждан трудоспособного возраста вызывает тревогу в связи с тенденцией к его ухудшению. За последние годы отмечается рост заболеваемости среди работающего населения, в том числе болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани (КМС и СТ), занимающих особое место в медицине в связи с необходимостью продолжительного лечения, длительной реабилитацией, тенденцией к инвалидизации и большими финансовыми затратами со стороны как пациентов, так и государства. В современном обществе болезни КМС и СТ представляют собой актуальную социальную, медицинскую и экономическую проблему.

Согласно Международной классификации болезней 10-го пересмотра, данные патологии включают большое число нозологических форм и синдромов, которые вызваны нарушением работы опорно-двигательного аппарата (ОДА) воспалительного и метаболического характера.

Поражения КМС характеризуются значительной распространенностью и широким охватом возрастных групп. В последние годы наблюдается рост заболеваемости данными патологиями, что связано с увеличением численности граждан пенсионного возраста. Среди работающего населения заболеваемость КМС составляет 32,3–58,0 % на 100 обследованных. Удельный вес болезней ОДА в струк-

туре временной утраты трудоспособности составляет 4,5–6,2 %, среди причин инвалидности – 13,3–16,5 %» [5].

А.Н. Кириенко отмечает: «По статистике около 90 % россиян страдают от хронических заболеваний позвоночника, в частности, от остеохондроза до 85 % населения, из них 10 % больных становятся инвалидами. По данным Всемирной организации здравоохранения, вертеброневрологические поражения (в соответствии с отечественной классификацией составляет остеохондроз) по количеству больных вышли на третье место после сердечно-сосудистой и онкологической патологии» [4].

Как отмечает В.А. Челноков, «более 150 000 человек каждый год уходят на инвалидность в связи с дорсопатией позвоночника» [10].

Основными причинами этого являются малоподвижный образ жизни, формирующий неправильный двигательный стереотип и нарушение осанки, или наоборот, чрезмерные физические нагрузки в трудовой деятельности и повальном увлечении молодежи занятиями спортом, направленным не на оздоровление, а на «рекорды», приводящие к микротравматизации позвоночника.

В.И. Попов подчеркивает: «Наибольшие нагрузки, как правило, испытывают шейный и поясничный отделы позвоночного столба. В этих отделах, что характеризуются повышенной подвижностью, раньше, чем в других частях позвоночника начинаются дистрофические изменения межпозвоночных дисков, что сопровождается их деформацией, уменьшением высоты, разрастанием костной ткани тел позвонков» [7].

Среди основных факторов риска принято выделять гиподинамию, психоэмоциональный стресс, вегетативные нарушения и неправильное питание. В процессе осуществления реабилитационных мероприятий у больных с дорсопатией в поясничном отделе особую роль

приобретает использование не медикаментозной терапии, а методов, которые обладают рядом преимуществ, к ним относятся гидрокинезотерапия, бальнеотерапия, физиопроцедуры, процедуры по лечебной гимнастике, скелетное вытяжение [3, 8].

Появление все новых и новых фармакологических средств для лечения этих заболеваний не решает проблемы.

Д.Д. Болотов указывает: «Конечной целью лечения больных с повреждениями и заболеваниями опорно-двигательного аппарата является восстановление их функциональных возможностей. Рациональная активация функциональных резервов за счет применения своевременно начатого комплексного восстановительного лечения позволяет более полно использовать адаптационные возможности организма» [1].

Восстановление физической работоспособности достигается разработкой индивидуальной программы с учетом тяжести патологического процесса и индивидуальных особенностей пациента [9].

Цель исследования: определить влияние методик мануальной терапии на функциональные показатели позвоночного столба у женщин 21–32 лет с начальными проявлениями поясничного остеохондроза.

Материалы и методы. Исследование проводилось в течение 2019–2020 года (9 месяцев). Отбор участников экспериментального исследования осуществлялся на основе учета пола и возраста (35–40 лет), а также наличия диагностированного врачом заболевания – остеохондроза поясничного отдела позвоночника.

В ходе выполнения квалификационной работы было сформированы две группы:

- контрольная группа (состоящая из 16 человек – женщин в возрасте 35–40 лет);
- экспериментальная группа (состоящая из 17 человек той же категории).

Экспериментальная группа занималась тренингом общеразвивающих упражнений на виброплатформе.

Под тренингом ускорения понимается физическое воздействие на организм человека импульсной трехплоскостной гипергравитации. Источником подобного физического воздействия является вибротренажер Power Plate, а параметрами – частота и амплитуда движения платформы тренажера при обязательном ее смещении в трех плоскостях и фактор гипергравитации. При этом импульсное ускоре-

ние, передаваемое телу человека платформой тренажера, способно оказывать на организм спортсмена тренирующий эффект на уровне высокого спорта (по программе), способствующий достижению в комплексе со специальной тренировкой наивысших спортивных результатов. Эта технология обладает восстановительным и лечебным эффектами. Лечебный эффект тренинга ускорением основан прежде всего на технологии быстрой и сильной рефлекторной релаксации любой группы скелетных мышц (глубокие и поверхностные) через натуральные рефлексы. Этому же способствует феномен сокращение/расслабление (с частотой 30–50 Гц), аутогенное торможение, мгновенная локальная стимуляция кровотока, увеличение гибкости, интенсификация выведения из тканей продуктов метаболизма (стимуляция крово- и лимфодренажа) и быстрый гормональный ответ. Кроме того, тренинг ускорением позволяет в медицине спорта в течение нескольких десятков секунд усиливать феномен релаксации технологиями массажа и растяжки. Обе последние технологии с успехом используются в самостоятельных программах спортивной медицины. В итоге речь идет о принципиальной смене парадигмы ряда направлений в медицине спорта высоких технологий наряду с увеличением эффективности существующего медицинского обеспечения. Эта смена заключается в новой технологии немедикаментозной терапии и резком сокращении времени на терапию спортсмена на любом этапе спортивной деятельности. Физиологические эффекты тренинга ускорением на организм занимающегося развиваются за очень короткий период времени (например, антиболевой ответ за 60 с) и характеризуются устойчивостью, что важно для восстановления физической формы.

Наконец, наряду с релаксацией, массажем и растяжением тренинг ускорением решает еще одну важнейшую проблему – он высокоэффективен в профилактике травматизма.

Релаксация при тренинге ускорением обусловлена быстрой активацией нескольких физиологических механизмов. Прежде всего они направлены на ослабление стрессового состояния центральной нервной системы, формирование баланса стрессового ответа вегетативной нервной системы по типу fight or flight. Релаксационный ответ организма усиливается технологией растяжки с помощью тренинга ускорением. Последнее связано, в частности, с увеличением гибкости через

спинальный рефлекторный механизм торможения активности – мотонейронов спинного мозга афферентными влияниями от сухожильных органов Гольджи.

Антистрессорный эффект, способствующий релаксации при тренинге ускорением, обусловлен регуляцией уровня активности оси «проприорецепторы скелетных мышц – гипоталамус», в результате которой происходит снижение секреции содержания кортизола в плазме крови в среднем на 32 %. Очень важно, что мишенью раздражающего воздействия импульсной трехплоскостной гипергравитации являются мышечные веретена. Эти проприорецепторы относятся к медленно адаптирующимся рецепторам, но при растяжении скелетных мышц во время вибрационного воздействия с частотой 30–50 Гц они сохраняют высокий уровень активации в Ia типе афферентных волокон. При традиционной релаксационной технике отсутствует подобный уровень активации афферентов мышечных веретен.

Следует подчеркнуть, что высокий уровень активации Ia-афферентов мышечных веретен относится к важнейшему фактору, вызывающему торможение активности симпатической нервной системы во время мышечной деятельности и формирование баланса стресс-ответа по типу *fight or flight*. Нейрофизиология тормозного взаимодействия между проприорецепторами скелетных мышц и симпатическими структурами ствола мозга включает в себя активацию проприцептивных нейронов норадренергической зоны моста A5 в момент ритмической стимуляции мышечных веретен и возникающую при этом блокаду активности мультицептивных нейронов зоны A5. Функция последних заключается в моносинаптической активации преганглионарных симпатических нейронов и через них в поддержании тонуса гладких мышц сосудов. Результатом блокады симпатизирующих нейронов зоны A5 моста при проприоцептивной стимуляции является быстрое и резкое снижение системного артериального давления в опытах у наркотизированных животных. Аналогичная закономерность «поведения» системного артериального давления во время тренинга ускорением выявлена в исследованиях на человеке. Известно, что под влиянием физических факторов интенсивного тренинга ускорением у молодых людей систолическое артериальное давление повышается в среднем на 10–15 мм рт. ст.,

а диастолическое давление, напротив, понижается на 30–50 мм рт. ст.

Технология массажа при тренинге ускорением, когда одно упражнение локального импульсного гипергравитационного воздействия в течение одной минуты инициирует 2100–2400 колебаний ткани, что усиливает локальный крово- и лимфоток. В технологии массажа тренинга ускорением существенно уменьшается время, затрачиваемое на восстановительную терапию (в целом время массажа не превышает 5–6 мин). Наконец, активация всех физиологических механизмов по сути дела «бессознательной» релаксации поддерживается на высоком уровне благодаря фактору гипергравитационного воздействия на организм человека. В частности, сила гравитации, создаваемая генератором тренажера Power Plate, составляет 1,8–6,25 g.

Тренинг ускорением уменьшает или полностью устраняет боль. Все структуры нейромышечной системы содержат ноцицепторы, которые при травме через структуры ЦНС активируют мотонейроны спинного мозга, что вызывает спазм мышц в области повреждения. Возникает известный цикл боль/спазм, который, в свою очередь, может быть источником боли. На уровне микроциркуляции мышечный спазм ведет к ишемии в результате сдавливания капилляров. Спазмированные мышцы имеют повышенную скорость метаболизма и усиленное потребление кислорода, которого недостаточно из-за ограничения кровотока в зоне повреждения, что чревато возникновением клеточных повреждений. В этих условиях нормализация функции мышечной системы требует применения быстрого антиноцицептивного воздействия.

При каждом силовом упражнении тренинга ускорением (время 30–60 с) скорость кровотока в тренируемой скелетной мышце возрастает примерно в два раза от 6,5 до 13,0 см/с. Механизм повышения скорости кровотока при тренинге ускорением обусловлен насосной функцией мышцы при ее сокращении. При этом насосная функция мышцы осуществляется со скоростью 30–50 Гц. Это повышает капиллярную емкость мышечной ткани и снижает периферическое сопротивление току крови. В частности, последний эффект происходит при участии стволового механизма снижения тонуса симпатической нервной системы под действием интенсивной проприоцептивной стимуляции.

Однократный острый эффект силового тренинга ускорением вызывает также общее перераспределение и выравнивание поверхностного температурного профиля. С одной стороны, это указывает на постоянное присутствие циркуляторного компонента в быстром эффекте увеличения гибкости. С другой стороны, это доказывает целесообразность применения в реабилитации быстрого «термогенного» эффекта силовых упражнений тренинга ускорением в качестве реабилитационного приема, в том числе при немедикаментозной антиноцицептивной терапии.

Тренинг ускорением обладает тренирующим, терапевтическим и профилактическим эффектами на организм человека. Этот вид тренинга с его комплексным физическим воздействием (частота, амплитуда, трехплоскостное движение платформы и гипергравитация) на физиологические системы организма человека позволяет сменить парадигму традиционного тренинга (с веса на ускорение или вес и ускорение) и внедрить в процесс реабилитации новую перспективную технологию лечебных и восстановительных программ. Технология тренинга ускорением (силовая, массажная, расслабляющая и растяжки) имеет огромный выигрыш во времени при восстановительной терапии и может осуществляться по нескольким направлениям:

- быстрая и устойчивая релаксация любой группы скелетных мышц;
- быстрое уменьшение или полное устранение боли;
- быстрое увеличение гибкости и подвижности;
- быстрая стимуляция секреции анаболических гормонов;
- совершенное развитие физиологических механизмов координации и проприоцепции.

Поэтому включение в разработанный комплекс для женщин 35–40 лет с поясничным остеохондрозом силовых, растягивающих и массажных упражнений на виброплатформе является полностью целесообразным.

О применении виброплатформ также пишет в своей статье Е.С. Пивень. Он указывает, что «движение виброплатформы стимулирует наклонные движения таза, только с большей частотой, чем при естественной походке» [6].

Результаты. Фоновые результаты исследования показали у 33 обратившихся начальные признаки остеохондроза поясничного отдела.

После проведения цикла занятий по ряду показателей мы выявили следующие изменения (см. таблицу).

В начале исследования средний показатель подвижности поясничного отдела позвоночника при боковых наклонах во фронтальной плоскости был равен в контрольной группе 18,25 см. В экспериментальной группе этот показатель составил 17,19 см. По окончании исследования данные изменились до 19,79 см в контрольной группе и 22,78 см – у женщин экспериментальной группы.

Показатели теста Шюбера в начале исследования в обеих группах были равны в среднем 3,12 см. После проведения исследования с применением вибротехнологий результаты изменились до 4,21 см в контрольной группе и 6,46 см в экспериментальной.

В начале исследования в контрольной группе средний показатель тестирования подвижности позвоночника по тесту «Наклон вперед» составил 0,62 см. Значение данного показателя у женщин экспериментальной группы составило 0,31 см, в контрольной группе – 0,32 см. После проведения исследования в экспериментальной группе этот показатель увеличился на 3,01 см, в контрольной группе – на 0,92 см.

В начале исследования средний показатель подвижности поясничного отдела позвоночника при наклонах туловища вправо, скользя ладонью по бедру, был равен в контрольной группе 39,21 см, у женщин экспериментальной группы – 37,04 см. После применения комплекса занятий с использованием виброплатформы и фитболов эти показатели изменились до 41,19 см в контрольной группе и 42,21 см – в экспериментальной.

Аналогично изменились показатели подвижности поясничного отдела позвоночника при наклонах туловища влево, скользя ладонью по бедру. У женщин экспериментальной группы увеличился на 3,26 см, в контрольной группе – на 1,34 см.

В начале исследования средний показатель подвижности поясничного отдела позвоночника при опускании пятки правой ноги в противоположную сторону в положении лёжа на животе был равен в контрольной группе 25,19 см. В экспериментальной группе этот показатель составил 24,25 см. По окончании исследования эти показатели изменились до 27,23 см в контрольной группе и 27,21 см – в экспериментальной.

Средние показатели развития гибкости у женщин 35–40 лет
с начальными проявлениями поясничного остеохондроза до и после исследования
Pre- and post-intervention flexibility measurements
in women aged 35–40 with early-stage lumbar osteochondrosis

№	Тест Exercise test	ЭГ / EG		t ₁	КГ / CG		t ₂
		В начале исследо- вания Baseline	После иссле- дования Post- intervention		В начале исследо- вания Baseline	После иссле- дования Post- intervention	
1	Наклон туловища вправо, скользя ладонью по бедру, см Lateral flexion to the right, cm	37,04 ± 0,02	42,21 ± 0,19	3,64*	39,21 ± 0,22	41,19 ± 0,03	1,2
2	Наклон туловища влево, скользя ладонью по бедру, см Lateral flexion to the left, cm	36,21 ± 0,18	39,48 ± 0,19	2,32*	37,02 ± 0,02	38,36 ± 0,21	0,8
3	Опускание пятки правой ноги в противоположную сторону в положении лёжа на животе, см Prone right leg extension test, cm	24,25 ± 0,08	27,21 ± 0,77	2,47*	25,19 ± 0,08	27,23 ± 0,09	1,2
4	Опускание пятки левой ноги в противоположную сторону в положении лёжа на животе, см Prone left leg extension test, cm	24,05 ± 0,05	27,19 ± 0,06	2,54*	25,31 ± 0,07	27,21 ± 0,06	1,0
5	Движения при боковых наклонах во фронтальной плоскости Side bending test	17,19 ± 0,07	22,78 ± 0,08	1,32*	18,25 ± 0,07	19,79 ± 0,06	8,42
6	Тест Шобера Schober test	3,12 ± 0,1	6,46 ± 0,13	1,02*	3,12 ± 0,11	4,21 ± 0,14	0,83
7	Тест «Наклон вперед» Forward bending test	0,31 ± 0,07	3,32 ± 0,68	3,55*	0,32 ± 0,69	1,54 ± 0,71	6,32

Примечание: t – критерий Стьюдента; * – P < 0,05 – достоверность различия; ЭГ – экспериментальная группа; КГ – контрольная группа.

Note: t – Student's test; * – P < 0.05 – level of significance; EG – experimental group; CG – control group.

В начале исследования средний показатель подвижности поясничного отдела позвоночника при опускании пятки левой ноги в противоположную сторону в положении лёжа на животе был равен в контрольной группе 25,31 см. В экспериментальной группе этот показатель составил 24,05 см. После проведения эксперимента эти показатели изменились до 27,21 см в контрольной группе и 27,19 см – в экспериментальной.

Поскольку в экспериментальной группе внимание было акцентировано на улучшении функциональных возможностей поясничного отдела позвоночника с помощью комплекса специально подобранных упражнений на виброплатформе, то мы наблюдаем более значительные изменения, чем в контрольной группе. Эти изменения объясняются именно эффектом влияния упражнений на виброплатформе на поясничный отдел. За счет возникновения механизма компенсации при остеохондрозе

изменяется кривизна всех физиологических изгибов позвоночника.

Заключение. Полученные результаты после педагогического эксперимента позволили выявить эффективность разработанной методики улучшения функциональных возможностей гибкости позвоночного столба в поясничном отделе. Средний показатель у женщин экспериментальной группы улучшился на 3,91 см (19,86 %), в то время как в контрольной группе – на 1,32 см (9,4 %).

Полученные результаты после педагогического эксперимента позволили выявить эффективность разработанной методики улучшения функциональных возможностей позвоночного. Средний показатель кривизны позвоночного столба у женщин экспериментальной группы улучшился на 5,67/15,67/9,67 градусов в соответствующих отделах позвоночного столба, в контрольной группе – недостоверно изменился.

Список литературы

1. Динамическое вытяжение позвоночника в комплексной программе медицинской реабилитации больных дорсопатиями с применением автоматизированного биомеханического устройства «Сатисформ»: учеб.-метод. рек. / Д.Д. Болотов, С.М. Стариков, А.П. Русакевич и др. – М.: РМАПО, 2011. – 260 с.
2. Бурмистров, Д.А. Реабилитация при болях в спине средствами силовой тренировки: моногр. / Д.А. Бурмистров. – 6-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2023. – 312 с.
3. Еремин, Д.Н. Физическая реабилитация лиц пожилого возраста с дорсопатией поясничного отдела позвоночника на поликлиническом этапе / Д.Н. Еремин // *StudNet*. – 2020. – Т. 3, № 10. – С. 148–156.
4. Кириенко, А.Н. Дегенеративно-дистрофические поражения шейного отдела позвоночника / А.Н. Кириенко, В.А. Сороковиков, Н.А. Поздеева // *БМЖ*. – 2015. – Т. 138, № 7. – С. 21–26.
5. Олейникова, Т.А. Мониторинг заболеваемости патологиями костно-мышечной системы и соединительной ткани в Российской Федерации / Т.А. Олейникова, Д.Н. Пожидаева, А.Ю. Орешко // *Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология*. – 2019. – Т. 12, № 1. – С. 5–13.
6. Пивень, Е.С. Роль семьи в процессе реабилитации детей с детским церебральным параличом методом виброплатформы / Е.С. Пивень // *Материалы Всероссийской научно-практической конференции (Челябинск, сентябрь 2022)*. – Челябинск: Урал. гос. ун-т физ. культуры, 2022. – С. 198–141.
7. Попов, В.И. Лечебная физическая культура при остеохондрозе позвоночника у студентов / В.И. Попов, М.В. Жеванова. – Макеевка: Донбасская нац. академия строительства и архитектуры, 2021. – 75 с.
8. Светлова, М.С. Комплексный подход к лечению болевого синдрома при заболеваниях и травмах опорно-двигательного аппарата / М.С. Светлова // *Амбулаторная хирургия*. – 2019. – № (1–2). – С. 93–98. DOI: 10.21518/1995-1477-2019-1-2-93-98
9. Филимонова, О.Г. Медицинская реабилитация при нарушениях функции опорно-двигательного аппарата / О.Г. Филимонова, Е.Н. Чичерина. – Киров: Кировский ГМУ, 2019. – 84 с.
10. Челноков В.А. Оздоровительная физическая культура при профилактике остеохондроза позвоночника у лиц старшего и пожилого возраста / В.А. Челноков // *ЛФК и массаж. Лечеб. физ. культура и массаж*. – 2006. – № 3 (27). – С. 32–39.

References

1. Bolotov D.D., Starikov S.M., Rusakevich A.P. et al. *Dinamicheskoye vytyazheniye pozvonochnika v kompleksnoy programme meditsinskoy reabilitatsii bol'nykh dorsopatiyami s primeneniym avtomatizirovannogo biomekhanicheskogo ustroystva "Satisform"*. *Uchebno-metodicheskiye rekomendatsii* [Dynamic Spinal Traction in a Comprehensive Program of Medical Rehabilitation of Patients with Dorsopathies Using the Automated Biomechanical Device Satisform. Educational and Methodological Recommendations]. Moscow, RMAPO Publ., 2011. 260 p.
2. Burmistrov D.A. *Reabilitatsiya pri bol'yakh v spine sredstvami silovoy trenirovki* [Rehabilitation for Back Pain by Means of Strength Training], 6nd ed. St. Petersburg, Lan Publ., 2023. 312 p.
3. Eremin D.N. Physical Rehabilitation of Elderly People with Lumbar Spine Dorsopathy at the Outpatient Stage. *StudNet*, 2020, vol. 3, no. 10, pp. 148–156.
4. Kiriyenko A.N., Sorokovikov V.A., Pozdeeva N.A. [Degenerative-dystrophic Lesions of the Cervical Spine]. *BMZh [BMZ]*, 2015, vol. 138, no. 7, pp. 21–26. (in Russ.)
5. Oleynikova T.A., Pozhidaeva D.N., Oreshko A.Yu. [Monitoring the Incidence of Pathologies of the Musculoskeletal System and Connective Tissue in the Russian Federation]. *Sovremennaya farmakoekonomika i farmakoepidemiologiya* [Modern Pharmacoeconomics and Pharmacoepidemiology], 2019, vol. 12, no. 1, pp. 5–13. (in Russ.) DOI: 10.17749/2070-4909.2019.12.1.5-13
6. Piven E.S. [The Role of the Family in the Rehabilitation Process of Children with Cerebral Palsy Using the Vibration Platform Method]. *Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference], 2022, pp. 198–141. (in Russ.)
7. Popov V.I., Zhevanova M.V. *Lechebnaya fizicheskaya kul'tura pri osteokhondroze pozvonochnika u studentov* [Therapeutic Physical Education for Spinal Osteochondrosis in Students]. Makeyevka, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture Publ., 2021. 75 p.

8. Svetlova M.S. [An Integrated Approach to the Treatment of Pain Syndrome in Diseases and Injuries of the Musculoskeletal System]. *Ambulatornaya khirurgiya* [Outpatient Surgery], 2019, no. (1–2), pp. 93–98. (in Russ.) DOI: 10.21518/1995-1477-2019-1-2-93-98

9. Filimonova O.G., Chicherina E.N. *Medsinskaya reabilitatsiya pri narusheniyakh funktsii oporno-dvigatel'nogo apparata* [Medical Rehabilitation for Disorders of the Musculoskeletal System]. Kirov, Kirov State Medical University Publ., 2019. 84 p.

10. Chelnokov V.A. [Health-improving Physical Education in the Prevention of Spinal Osteochondrosis in Older and Elderly People]. *LFK i massazh. Lechebnaya fizicheskaya kul'tura i massazh* [Exercise Therapy and Massage. Therapeutic Physical Education and Massage], 2006, no. 3 (27), pp. 32–39. (in Russ.)

Информация об авторах

Хорошева Татьяна Анатольевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры физического воспитания, Тольяттинский государственный университет, Тольятти, Россия.

Кошелева Мария Викторовна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры физического воспитания, Тольяттинский государственный университет, Тольятти, Россия.

Пономарева Наталья Ивановна, доцент кафедры физического воспитания, Тольяттинский государственный университет, Тольятти, Россия.

Осинин Андрей Иванович, преподаватель кафедры физического воспитания, Тольяттинский государственный университет, Тольятти, Россия.

Information about the authors

Tatyana A. Horosheva, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Education, Togliatti State University, Togliatti, Russia.

Maria V. Kosheleva, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Education, Togliatti State University, Togliatti, Russia.

Natalya I. Ponomareva, Associate Professor of the Department of Physical Education, Togliatti State University, Togliatti, Russia.

Andrey I. Osinin, Lecturer, Department of Physical Education, Togliatti State University, Togliatti, Russia.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 02.04.2024

The article was submitted 02.04.2024

КОМПЕНСАТОРНЫЕ ПРОЦЕССЫ У ЛИЦ С ОДНОСТОРОННЕЙ АМПУТАЦИЕЙ НИЖНЕЙ КОНЕЧНОСТИ (ОБЗОР)

П.А. Байгужин, baiguzhinpa@susu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5092-0943>

В.В. Эрлих, erlih-vadim@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4416-1925>

Я.В. Бурнашов, yaroslav.burnashov1337@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8978-5526>

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

Аннотация. Цель: дать характеристику компенсаторным процессам и механизмам функциональных систем у лиц с односторонней ампутацией нижней конечности. **Материалы и методы.** Проведены анализ и обобщение 27 публикаций (PubMed), предметом исследования которых являлись параметры компенсаторных механизмов организма односторонних транстибиальных и трансфеморальных ампутантов. **Результаты.** представлены в виде характеристики общих и специфических параметров компенсаторных процессов и механизмов организма ампутантов со стороны мышечной, центральной и автономной нервной, сердечно-сосудистой систем. Обобщено содержание факторов, уточняющих методы исследования и составляющих протоколы оценки компенсаторных механизмов организма при обследовании ампутантов (социально-демографический, медико-биологический, протезная реабилитация, функционального тестирования, технико-эргономические показатели протеза). **Заключение.** Учет коррелятов функциональных состояний организма и эффективности протезной реабилитации позволит оптимизировать замещающую функцию здоровой конечности у односторонних ампутантов, совершенствовать существующие программы реабилитации, обосновать и реализовать биопсихосоциальную адаптацию лиц с ампутациями нижних конечностей к условиям жизнедеятельности.

Ключевые слова: компенсаторные реакции, компенсаторные процессы, компенсаторные механизмы, транстибиальные ампутанты, трансфеморальные ампутанты, протезная реабилитация

Благодарности. Работа выполнена в рамках госзадания Министерства науки и высшего образования РФ FENU-2023-0017 (2023217Г3).

Для цитирования: Байгужин П.А., Эрлих В.В., Бурнашов Я.В. Компенсаторные процессы у лиц с односторонней ампутацией нижней конечности (обзор) // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 4. С. 165–172. DOI: 10.14529/hsm240421

Review article
DOI: 10.14529/hsm240421

COMPENSATORY PROCESSES IN INDIVIDUALS WITH UNILATERAL LOWER LIMB AMPUTATION (REVIEW)

P.A. Baiguzhin, baiguzhinpa@susu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5092-0943>

V.V. Erlikh, erlih-vadim@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4416-1925>

Ya.V. Burnashov, yaroslav.burnashov1337@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8978-5526>

South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Abstract. Aim: this paper aims to systematically review the literature on compensatory processes and functional mechanisms in individuals with unilateral lower limb amputation. **Materials and methods.** This paper provides a comprehensive analysis of 27 publications from PubMed, examining the compensatory mechanisms in transtibial and transfemoral amputees. **Results.** This review encompassed parameters from muscular, central nervous, autonomic nervous, and cardiovascular systems. The paper summarizes information on socio-demographic factors, biomedical indicators, prosthetic rehabilitation protocols, functional testing methods, and ergonomic characteristics of prosthetic devices. **Conclusion.** This comprehensive review

provides a framework for understanding compensatory processes in individuals with lower limb amputation. The findings suggest that consideration of these correlates can lead to optimized prosthetic rehabilitation programs and improved biopsychosocial adaptation of amputees to their living conditions.

Keywords: compensatory reactions, compensatory processes, compensatory mechanisms, transtibial amputees, transfemoral amputees, prosthetic rehabilitation

Acknowledgments. This work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation: FENU-2023-0017 (2023217Г3).

For citation: Baiguzhin P.A., Erlikh V.V., Burnashov Ya.V. Compensatory processes in individuals with unilateral lower limb amputation (review). *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(4):165–172. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240421

Введение. По данным литературных источников в России отмечается рост абсолютного числа ампутаций нижних конечностей [2, 3], исключая инвалидов – участников СВО, у которых статистика подобных операций [1] обусловлена специфическими причинами и особенностями травматизации.

Основной задачей реабилитации инвалидов-ампутантов является протезирование как вариант восстановления утраченной конечности (ее части) при помощи искусственных изделий. Однако замещение утраченной части конечности не значит замена ее функций – достижения полноценного функционирования. В рамках оказания протезно-ортопедической помощи населению актуализируется вопрос о прогнозировании результатов протезирования и эффективности реабилитационных мероприятий.

Ампутация нижних конечностей в основном является результатом травмы, сосудистого заболевания, диабета или врожденных нарушений. Лица с ампутацией теряют способность к равновесию (при стоянии, ходьбе) в зависимости от уровня ампутации. По данным обзора [17], неоднозначными и спорными являются результаты исследований роли в оценке степени нарушения равновесия таких факторов, как уровень и тип ампутации, равно как и причины ампутации.

Материалы и методы. В поисковой системе по биомедицинским исследованиям – PubMed – проведена выборка 123 публикаций исследований по комбинациям ключевых слов и словосочетаний: «компенсаторные процессы» (compensatory processes), «компенсаторные механизмы» (compensatory mechanisms), «ампутанты» (amputees), «односторонняя ампутация» (unilateral amputation), «нижние конечности» (lower limbs). Проведен анализ 27 работ, предмет исследования которых со-

гласован с целью нашего исследования. Проведены анализ и обобщение результатов исследования, подходов к оценке параметров компенсаторных механизмов организма транстибиальных и трансфеморальных ампутантов.

Результаты. Качество походки и осанки детерминируется равновесием – целевым показателем, характеризующим физическую работоспособность ампутантов, которому в ходе реабилитации уделяется основное внимание. Совершенствование, в том числе компенсаторных механизмов, способности к равновесию обеспечивает повышение самоэффективности, автономности и безопасности передвижения [31].

В мировой практике для оценки эффективности протезной реабилитации используются около десятка диагностических инструментов: например, самоотчеты «Протезный профиль ампутанта» [12] или «Опросник пользователей ортопедических протезов» [16]; методы измерения физической эффективности «Оценка проблем мобильности» [27] или «Функциональная досягаемость» [10]. Однако, руководствуясь преимуществами объективной оценки, нашего внимания заслуживают «Шкала баланса Берг» (BBS) [5] и AMPPRO (предиктор мобильности ампутантов с протезом) [11].

Предложенная К. Берг в 1989 году BBS позволяет, наблюдая за смещением центра давления при выполнении различных функциональных действий в положениях сидя и стоя, оценить статические и динамические компоненты равновесия (14 двигательных задач). Различная степень успеха выполнения задачи указывает на определенный риск падения ампутанта [5].

Надежным и валидным является комплексный диагностический инструмент AMPPRO (предикторы мобильности ампутантов с про-

тезом), включающий тестирование равновесия при осуществлении различных двигательных задач (равновесие сразу после вставания, при поднимании предмета с пола и т. п.), а также базовых двигательных актов (вставание со стула, ходьба, повороты в движении, подъём и спуск по лестнице) – всего 21 тест. Критерии оценивания функциональных способностей инвалидов-ампутантов позволяют проводить дифференциацию на пять функциональных уровней [2, 11]. Целесообразность применения указанных выше и подобных инструментов лежит в рамках концепции «динамической оценки функционального баланса».

Ключевые параметры, характеризующие «функциональный баланс» в большинстве методик оценивания кинематики двигательных задач, отражают статическое и динамическое функциональное равновесие. Наиболее информативными показателями, тесно связанными с динамическим балансом, являются: скорость походки (м/с), каденция (шаг/мин), процент фазы опоры левой и правой ног (L%, R%) и их двойная опора (%). Статические характеристики баланса включают стабиллографические показатели – площадь смещения эллипса (мм²), длину пути эллипса (мм) и среднюю скорость смещения эллипса (мм/с), процентное соотношение подошвенного давления на пораженной и здоровой ноге (%) [31].

К настоящему времени созданы аппаратно-программные комплексы для оценки кинематических параметров походки и успешно применяются в реабилитации ампутантов, носящих протезы [4, 14].

В проблемном поле реабилитации находится знание о компенсаторных процессах, выраженных в особенностях проявления функций в условиях жизнедеятельности с протезом. «Задача» компенсации как реакции организма на «препятствие» к адаптации заключается в сохранении жизнеобеспечивающих функций и замещении функциональной недостаточности поврежденных элементов системы деятельностью неповрежденных ее элементов. Такого рода «адаптация с опорой на несобственные ресурсы» у инвалидов-ампутантов проявляется на различных уровнях организации биологической системы.

Характеристика компенсаторных процессов организма ампутантов описывает как общие, так и специфические параметры адекватной организации управления движением.

В работе N. Rubin с соавторами (2024) показано, что периферическое нервно-мышечное повреждение приводит к функциональным реорганизациям на уровне спинного мозга [23]. Также активно обсуждаются функциональные и перцептивные процессы функциональной реорганизации коры *головного мозга*, связанные с ампутацией [18, 19].

В работе [18] показано, что корковое представление конечности остается стабильным, несмотря на потерю ее основного периферического входа. Более того, предположительно массивная реорганизация является результатом в первую очередь формирования или потенцирования новых путей в подкорковых структурах и не создает новых функциональных сенсорных представлений. В более поздней работе [19] автор указывает, что «ни в какой период, включая ранний этап развития, кора не предлагает структурных возможностей для функциональной плюрипотентности». Реорганизация как отдельная форма пластичности коры, часто вызываемая такими словами, как «перестройка» и «перемонтаж», не существует.

В этой связи востребованными являются результаты исследования компенсаторных механизмов, лежащих в основе нейромышечной адаптации и выраженных в нарушении сенсомоторной интеграции после ампутации нижней конечности и, следовательно, в асимметричной стойке и походке [9].

В клинической практике с целью снижения компенсаторной напряженности организма разработан способ операции по ампутации «агонист – антагонист мионевральный интерфейс», направленный на сохранение сигнальных механизмов центрально-периферической нервной системы [8]. Поскольку нейронные сигналы в остаточных мышцах ампутированных конечностей часто декодируются для управления силовыми протезами [23], данный подход инициирует целевую функциональную реорганизацию нейросети, оптимизируя нейронную конфигурацию для протезного контроля.

Мышечная система – основное звено компенсаторного процесса двигательных актов ампутантов [13, 15, 28]. Основным «внешним» компенсаторным механизмом походки, используемым людьми с односторонней ампутацией для облегчения перемещения стопы во время фазы протезного переноса, является

опорный ход. Однако общая стратегия компенсаторной механики безопорной походки представлена сниженной скоростью ходьбы и сокращением длины шага неповрежденной конечности, что, в свою очередь, снижает скорость центра масс при контакте с пяткой [21]. Следовательно, увеличение остаточной силы и отдачи разгибателя бедра ноги может быть полезным механизмом для уменьшения асимметрии нагрузки импульсов силы реакции опоры между неповрежденной и протезированной ногами [24].

Из всех вариаций походки поворот требует модуляции сил реакции опоры для ускорения центра масс тела по пути его совершения. Поскольку подошвенные сгибатели голеностопного сустава вносят значительный вклад в движущие силы реакции опоры, важно, как трансфибиальные ампутанты выполняют задачи поворота при отсутствии этих мышц [28].

Очевидно, что ампутанты и здоровые люди используют разные стратегии суставного движения при повороте: в первом случае – это работа тазобедренного сустава в сагиттальной плоскости, во втором – голеностопного сустава в сагиттальной плоскости и работа тазобедренного сустава во фронтальной плоскости. Указанные различия обусловлены минимальной выходной мощностью, обеспечиваемой пассивными протезами стоп и необходимостью минимизировать риск падения [28].

В работе [13] в результате трехмерного анализа походки 17 испытуемых с односторонней трансфибиальной ампутацией установлено, что в неповрежденных конечностях ранняя отрицательная работа бедра (торможение) способствовала поглощению энергии в дополнение к коленному суставу, вероятно, для компенсации более низкого уровня поглощения энергии, оказываемого протезными конечностями.

Во время ходьбы сагиттальный баланс постоянно нарушается поддержкой одной ноги. Так, например, оценен вклад неповрежденных и контралатеральных мышц здоровой конечности в ускорение центра масс тела во время ходьбы у трансфеморальных ампутантов [15]. Авторами установлено, что передний наклон таза и диапазон движения бедра в сагиттальной и фронтальной плоскостях неповрежденной конечности, средний вклад мышц бедра неповрежденной конечности в поддержку центра массы тела, продвижение вперед и ме-

диолатеральный баланс были значительно больше, чем в культе. Большая ягодичная мышца внесла больший вклад в продвижение и поддержку, в то время как средняя ягодичная мышца внесла больший вклад в равновесие, чем другие мышцы в здоровой конечности, чем в культе [15]. Максимальное сгибание в коленном суставе, его общая работа при ходьбе значительно выше в неповрежденных конечностях по сравнению с протезными конечностями; при этом кинетика колена протезной конечности не изменялась, что предполагает сформированность компенсаторного механизма [6].

Очевидно, что у людей с различными вариантами ампутации нижней конечности – низкий уровень ежедневной двигательной активности: 5929 ± 3047 шагов для трансфибиальных и 3553 ± 2030 – для трансфеморальных ампутантов [29]. Закономерно снижение мышечной массы, уровня физической работоспособности, фактических резервных возможностей организма ампутантов.

Вышеописанные параметры компенсаторных механизмов мышечной системы у трансфибиальных и трансфеморальных ампутантов определяют разные соотношения между метаболическими затратами и механикой ходьбы (латеральный баланс и затраты на увеличение скорости). По данным R.H. Miller с соавторами (2024), метаболические затраты после трансфеморальной потери конечности закономерно увеличиваются в зависимости от массы тела, конструктивных особенностей протеза [20].

Анализ *метаболических* реакций на умеренную и интенсивную нагрузку (20-минутных циклов езды на велосипеде) у мужчин ($39,0 \pm 15,0$ года), перенесших трансфибиальную ампутацию, выявил, что уровни ЧСС и потребления кислорода не имели различий с группой контроля; высокоинтенсивная интервальная нагрузка сопровождается существенным накоплением лактата в крови в группе ампутантов [26].

В работе H. Younesian с соавторами (2021), предметом исследования была реактивность организма у лиц (5 женщин, 6 мужчин; $57,9 \pm 15,6$ года) с односторонней ампутацией нижней конечности на тест «6-минутная ходьба». Реакция ЧСС максимальна в начале теста. С каждой последующей минутой теста соотношение опор цикла походки увеличивалось,

снижались скорость и каденция, что свидетельствовало о развитии утомления [30].

Аналогичное обследование 35 лиц с различными уровнями ампутации нижних конечностей (19 мужчин, 16 женщин) с применением теста «2-минутная ходьба» проведено J.D. Smith и G. Guerra (2021). Очевидными были результаты сравнения частоты шагов в зависимости от пола и уровня ампутации. При этом не выявлено значимых различий по показателям потребления кислорода и ЧСС [25].

Малочисленными являются результаты исследования компенсаторных механизмов *автономной нервной системы* у ампутантов. Компенсаторный механизм при адаптации к ходьбе с трансфеморальным протезом выражен в увеличении периферического сосудистого сопротивления в нижних конечностях и стимуляции барорефлекса, что в свою очередь стабилизирует динамику системного кровотока при выполнении теста «Наклон головы вверх» (Head-up tilt) [22]. В другой работе [7] установлено, что реакция автономной нервной системы по показателям сердечного ритма во время ходьбы одинакова в группах сравнения (ампутанты и контроль) и регулируется в зависимости от скорости ходьбы.

Анализ источников информации позволил заключить, что компенсаторные процессы и механизмы организма, специфичность их реализации определяется рядом факторов, учет которых существенно повысит эффективность протезной реабилитации.

Кроме того, считаем необходимым обобщить факторы (параметры, показатели), уточняющие методы исследования и составляющие протоколы оценки компенсаторных механизмов организма при обследовании ампутантов:

– социально-демографические показатели (пол, возраст, род деятельности, уровень двигательной активности и физической подготовленности, качество жизни);

– медико-биологические или клинические (антропометрический профиль, показатели функционального состояния (в том числе сопутствующие заболевания), реактивность организма, качество медикаментозной поддержки, биоритмологический тип (хронотип));

– режимы протезной реабилитации (причина и вид ампутации, стаж реабилитации,

особенности программы реабилитации (двигательный компонент), уровень болевой чувствительности);

– тестирование кондиций (сезон обследования, целесообразность (обоснование) теста, стандартные условия к проведению функциональных проб, критерии включения и исключения, пространственно-временные параметры функциональной пробы с учетом особенностей ампутантов);

– технические и эргономические показатели протеза (масса, габариты, особенности конструкции, обуви).

В рамках настоящей статьи не рассматривался не менее важный фактор – психофизиологическое состояние и психологический тип лиц с ампутациями. По нашему мнению, данный фактор является определяющим в достижении положительных эффектов в ходе и результате протезной реабилитации.

Заключение. Знания о компенсаторных механизмах позволят уточнять и корректировать протокол биомеханического и физиологического исследования в области «подбора» параметров (чувствительных и информативных) – коррелятов эффективности протезной реабилитации. К настоящему времени разработаны количественные методы оценки эффективности протезной реабилитации на любом ее этапе [31], постоянно совершенствуются эргономические характеристики протезов.

Перспективность данного направления исследования, на наш взгляд, – в учете коррелятов функциональных состояний организма и эффективности протезной реабилитации, что позволит оптимизировать замещающую функцию здоровой конечности у односторонних ампутантов и совершенствовать существующие программы реабилитации, сокращать их срок. Учет компенсаторных процессов и механизмов в своей совокупности расширяет возможности биопсихосоциальной адаптации лиц с ампутациями нижних конечностей к условиям жизнедеятельности. Востребованными будут результаты взаимосвязи кинематических и кинетических параметров движений (походки) с показателями функциональных систем, прямо и косвенно обеспечивающих компенсацию утраченной конечности.

Список литературы / References

1. Ампутиации перенесли 54 % участников СВО, признанных инвалидами // Интерфакс: информационная группа. 17 окт. 2023 г. <https://www.interfax.ru/russia/926239> (дата обращения: 07.04.2024). [Amputations were carried out by 54% of the participants of the SVO recognized as disabled. *Interfax: information group*. October 17, 2023. Available at: <https://www.interfax.ru/russia/926239> (accessed 07.04.2024). (in Russ.)].
2. Васильченко Е.М. Динамика частоты ампутаций нижней конечности в городе Новокузнецке. Ретроспективное исследование // Медицина в Кузбассе. 2018. Т. 17, № 4. С. 5–10. [Vasilchenko E.M. [The Dynamics of the Frequency of Lower Limb Amputations in the City of Novokuznetsk. A Retrospective Study]. *Meditsina v Kuzbasse* [Medicine in Kuzbass], 2018, vol. 17, no. 4, pp. 5–10. (in Russ.)].
3. Чернядьев С.А., Погосян В.А., Фадин Б.В. Ампутиации нижних конечностей // Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал имени академика Б.В. Петровского. 2022. Т. 10, № 2. С. 54–59. [Chernyad'ev S.A., Pogosian V.A., Fadin B.V. Lower Limb Amputation]. *Klinicheskaya i eksperimental'naya khirurgiya. Zhurnal imeni akademika B.V. Petrovskogo* [Clinical and Experimental Surgery. Petrovsky Journal], 2022, vol. 10 (2), pp. 54–59. (in Russ.)] DOI: 10.33029/2308-1198-2022-10-2-54-59
4. Эрлих, В.В. Биомеханика ходьбы в норме и при наличии протеза ноги с использованием комплекса Xsens / В.В. Эрлих, В.В. Епишев, С.Б. Сапожников // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 4. С. 145–154. [Erlikh V.V., Epishev V.V., Sapozhnikov S.B. Gait Biomechanics in Normal Conditions and with a Lower-extremity Prosthesis Captured by the Xsens System. *Human. Sport. Medicine*, 2023, vol. 23 (4), pp. 145–154. (in Russ.) DOI 10.14529/hsm230418]
5. Alghwiri A.A., Whitney S.L. Chapter 18 – Balance and falls. In: Guccione A.A., Wong R.A., Avers D., ed. *Geriatric Physical Therapy (Third Edition)* Mosby; 2012.
6. Beyaert C., Grumillier C., Martinet N. et al. Compensatory Mechanism Involving the knee Joint of the Intact Limb During Gait in Unilateral Below-knee Amputees. *Gait and Posture*, 2008, vol. 28 (2), pp. 278–284. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2007.12.073
7. Bussmann J.B., Grootsholten E.A., Stam H.J. Daily Physical Activity and Heart Rate Response in People with a Unilateral Transtibial Amputation for Vascular Disease. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2004, vol. 85 (2), pp. 240–244. DOI: 10.1016/s0003-9993(03)00485-4
8. Chicco L.A., Rangaprakash D., Srinivasan S.S. et al. Resting State Neurophysiology of Agonist-antagonist Myoneural Interface in Persons with Transtibial Amputation. *Scientific Reports*, 2024, vol. 14 (1), art. 13456. DOI: 10.1038/s41598-024-63134-4
9. Claret C.R., Herget G.W., Kouba L. et al. Neuromuscular Adaptations and Sensorimotor Integration Following a Unilateral Transfemoral Amputation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 2019, vol. 16 (1), art. 115. DOI: 10.1186/s12984-019-0586-9
10. Duncan P.W., Weiner D.K., Chandler J., Studenski S. Functional Reach: a New Clinical Measure of Balance. *Journal of Gerontology*, 1990, vol. 45 (6), pp. 192–197. DOI: 10.1093/geronj/45.6.m192
11. Gailey R.S. Predictive Outcome Measures Versus Functional Outcome Measures in the Lower Limb Amputee. *Journal of Prosthetics and Orthotics*, 2006, vol. 18 (1S), pp. 51–60.
12. Gauthier-Gagnon C., Grise M. Prosthetic Profile of the Amputee: Handbook of Documents Developed within the Framework of a Prosthetic Follow-up Study. Montreal, Quebec, Canada: Ecole de Readaptation, Faculte de Medecine, Universite de Montreal, 1992.
13. Grumillier C., Martinet N., Paysant J. et al. Compensatory Mechanism Involving the Hip Joint of the Intact Limb During Gait in Unilateral Trans-tibial Amputees. *Journal of Biomechanics*, 2008, vol. 41 (14), pp. 2926–2931. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2008.07.018
14. Han S.L., Cai M.L., Pan M.C. Inertial Measuring System to Evaluate Gait Parameters and Dynamic Alignments for Lower-Limb Amputation Subjects. *Sensors (Basel)*, 2024, vol. 24 (5), art. 1519. DOI: 10.3390/s24051519
15. Harandi V.J., Ackland D.C., Haddara R. et al. Gait Compensatory Mechanisms in Unilateral Transfemoral Amputees. *Medical Engineering and Physics*, 2020, vol. 77, pp. 95–106. DOI: 10.1016/j.medengphy.2019.11.006

16. Heinemann A.W., Bode R.K., O'Reilly C. Development and Measurement Properties of the Orthotics and Prosthetics Users' Survey (OPUS): a Comprehensive Set of Clinical Outcome Measures. *Prosthetics and Orthotics International*, 2003, vol. 27, pp. 191–206.
17. Kamali M., Karimi M.T., Eshraghi A., Omar H. Influential Factors in Stability of Lower-limb Amputees. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2013, vol. 92 (12), pp. 1110–1118. DOI: 10.1097/PHM.0b013e31829b4b7a
18. Makin T.R., Bensmaia S.J. Stability of Sensory Topographies in Adult Cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, 2017, vol. 21 (3), pp. 195–204. DOI: 10.1016/j.tics.2017.01.002
19. Makin T.R., Krakauer J.W. Against Cortical Reorganisation. *Elife*, 2023, vol. 12, art. e84716. DOI: 10.7554/eLife.84716
20. Miller R.H., Bell E.M., Russell Esposito E. Transfemoral Limb Loss Modestly Increases the Metabolic Cost of Optimal Control Simulations of Walking. *PeerJ*, 2024, vol. 12, art. e16756. DOI: 10.7717/peerj.16756
21. Morgenroth D.C., Roland M., Pruziner A.L., Czerniecki J.M. Transfemoral Amputee Intact Limb Loading and Compensatory Gait Mechanics During Down Slope Ambulation and the Effect of Prosthetic knee Mechanisms. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, 2018, vol. 55, pp. 65–72. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2018.04.007
22. Nishioka Y., Hoekstra S., Sawada K. et al. Blood Pressure Regulation in Persons with a Transfemoral Amputation: Effects of Wearing a Prosthesis. *Journal of Prosthetics and Orthotics*, 2024, vol. 36 (1), pp. 49–53. DOI: 10.1097/JPO.0000000000000493
23. Rubin N., Hinson R., Saul K. et al. Modified Motor Unit Properties in Residual Muscle Following Transtibial Amputation. *Journal of Neural Engineering*, 2024, vol. 21 (1), art. 10.1088/1741-2552/ad1ac2. DOI: 10.1088/1741-2552/ad1ac2
24. Silverman A.K., Fey N.P., Portillo A. et al. Compensatory Mechanisms in Below-knee Amputee Gait in Response to Increasing Steady-state Walking Speeds. *Gait and Posture*. 2008, vol. 28 (4), pp. 602–609. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2008.04.005
25. Smith J.D., Guerra G. Quantifying Step Count and Oxygen Consumption with Portable Technology During the 2-min Walk Test in People with Lower Limb Amputation. *Sensors (Basel)*, 2021, vol. 21 (6), art. 2080. DOI: 10.3390/s21062080
26. Storey K.K., Geschwindt A., Astorino T.A. Hemodynamic and Metabolic Responses to Moderate and Vigorous Cycle Ergometry in Men Who Have Had Transtibial Amputation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2024, vol. 21 (4), art. 450. DOI: 10.3390/ijerph21040450
27. Tinetti M.E. Performance-oriented Assessment of Mobility Problems in Elderly Patients. *Journal of the American Geriatrics Society*, 1986, vol. 34 (2), pp. 119–126. DOI: 10.1111/j.1532-5415.1986.tb05480.x
28. Ventura J.D., Segal A.D., Klute G.K., Neptune R.R. Compensatory Mechanisms of Transtibial Amputees During Circular Turning. *Gait and Posture*, 2011, vol. 34 (3), pp. 307–312. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2011.05.014
29. Wong C.K., Rissland M.S., Madagan D.M., Jones K.N. A Scoping Review of Physical Activity in People with Lower-limb Loss: 10,000 Steps Per Day? *Physical Therapy*, 2021, vol. 101 (8), art. pzab115. DOI: 10.1093/ptj/pzab115
30. Younesian H., Ouellet R., Legrand T., Turcot K. Six-minute Walk Test in Individuals with Unilateral Lower Limb Amputations. *Foot and Ankle Orthopaedics*, 2021, vol. 6 (4), art. 24730114211050366. DOI: 10.1177/24730114211050366
31. Zhang X., Liu Z., Qiu G. Measuring Balance Abilities of Transtibial Amputees Using Multiattribute Utility Theory. *BioMed Research International*, 2021, vol. 2021, art. 8340367. DOI: 10.1155/2021/8340367

Информация об авторах

Байгужин Павел Азифович, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник научно-исследовательского центра спортивной науки, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Эрлих Вадим Викторович, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Бурнашов Ярослав Владимирович, студент кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Information about the authors

Pavel A. Baiguzhin, Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher, Research Center for Sports Science, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Vadim V. Erlich, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Theory and Methods of Physical Education and Sport, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Yaroslav V. Burnashov, Undergraduate Student, Department of Theory and Methods of Physical Education and Sport, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 12.06.2024

The article was submitted 12.06.2024

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА НОВЫХ ПОДХОДОВ К СОЗДАНИЮ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОТЕЗОВ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

Д.З. Шибкова, shibkova2006@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8583-6821>

В.В. Эрлих, erlikhvuv@susu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4416-1925>

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

Аннотация. Цель: обосновать наиболее перспективные подходы к технологии разработки протезов нижней конечности на основе теоретико-методологического анализа новейшей информации и практических разработок по тематике исследования. **Материалы и методы.** Проведен анализ теоретических, методологических и методических статей из базы данных Scopus и РИНЦ с целью выявления и обобщения перспективных подходов к созданию отечественных функциональных протезов нового поколения. **Результаты.** С точки зрения теории управления существуют два основных критерия для выбора параметров максимально функционального протеза: достижение цели движения и минимизация затраченных ресурсов. Для пациентов с протезами бедра и голени оптимальной по энергетическим затратам является ходьба в произвольном темпе. На основе методов структурного и функционального анализа положений теории автоматического управления предложены схемы управления бионическими протезами, отличающиеся простотой настройки, повышенной надежностью, удобством использования, что позволит максимально заменить ампутированную конечность при значительно меньших по сравнению с зарубежными образцами затратах. Выполнен ряд оригинальных научных исследований, нацеленных на реализацию комплексного подхода к решению проблемы. Разработаны конструкции макета модульного бионического протеза голени и стопы, в том числе из новых композитных материалов, а также предложена реализация человеко-машинного интерфейса. **Заключение.** Теоретико-методологическим обоснованием новых технологий производства протезов должен стать системный подход, который обеспечит решение трех взаимосвязанных задач: технологической (повышение функциональности протезов, в том числе за счет композитных материалов), биомеханической (снижение энергетических ресурсов организма и повышение комфортности выполнения сложных видов двигательных действий), социальной (повышение качества жизни потребителя и адекватности стоимости медицинского реабилитационного изделия).

Ключевые слова: биомеханические показатели ходьбы, оценка эффективности движений, ресурсосберегающий подход, функциональный протез нижних конечностей

Благодарности: Работа выполнена в рамках госзадания Министерства науки и высшего образования РФ FENU-2023-0017 (2023217ГЗ)

Для цитирования: Шибкова Д.З., Эрлих В.В. Теоретико-методическое обоснование выбора новых подходов к созданию функциональных протезов нижних конечностей // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 4. С. 173–181. DOI: 10.14529/hsm240422

Review article
DOI: 10.14529/hsm240422

THEORETICAL AND METHODOLOGICAL SUBSTANTIATION OF NOVEL APPROACHES TO LOWER LIMB PROSTHESES DEVELOPMENT

D.Z. Shibkova, shibkova2006@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8583-6821>

V.V. Erlikh, erlikhvuv@susu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4416-1925>

South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Abstract. Aim: this paper substantiates the most promising approaches to lower limb prostheses development based on a comprehensive analysis of recent information and practical developments in the field. **Materials and methods.** The paper provides a comprehensive review of theoretical, methodological, and empirical articles from Scopus and RSCI databases to identify and summarize promising approaches for

creating functional prostheses of the new generation. **Results.** Our analysis reveals two primary criteria for optimizing prosthetic parameters according to control theory: achieving movement goals and minimizing resource consumption. For hip and shin prostheses, walking at arbitrary paces is energetically optimal. Based on structural and functional analysis from control theory, the authors propose control schemes for bionic prostheses characterized by ease of setup, increased reliability, and user-friendliness. These designs aim to replace the amputated limb with significantly lower costs compared to foreign models. Original scientific studies have been conducted implementing an integrated problem-solving approach. Modular bionic prosthesis designs for lower leg and foot, including those using novel composite materials, have been developed, along with proposed human-machine interfaces. **Conclusion.** The theoretical and methodological justification of new prosthetic technologies should encompass a systematic approach that addresses three interrelated tasks: technological (enhancing functionality through composite materials); biomechanical (reducing body energy expenditure and improving comfort in complex motor actions); and social (improving quality of life and cost-effectiveness of medical rehabilitation products).

Keywords: biomechanical indicators, effectiveness of movement, resource-efficient approach, functional prosthesis, lower limb prosthesis

Acknowledgments: This work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation: FENU-2023-0017 (2023217ГЗ).

For citation: Shibkova D.Z., Erlikh V.V. Theoretical and methodological substantiation of novel approaches to lower limb prostheses development. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(4):173–181. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240422

Введение. В сфере производства ортопедических изделий значительно возрос запрос потребителей на новое поколение протезов, в том числе и в связи с ограничением поставок от зарубежных производителей. Так, в 2020 году доля поставок протезов в общем объеме из США, Ирландии и Германии составила в совокупности более 50 %. При этом на внутреннем рынке доля продукции реабилитационной направленности возросла с 17 % в 2020 году до 50 % в 2022 и продолжает увеличиваться. В России реабилитационная индустрия представлена 250 производителями, ведущими собственные разработки, и за прошедшие пять лет было поставлено более 300 различных отечественных технических решений для людей с инвалидностью [14]. Современные бионические протезы верхних и нижних конечностей в стране разрабатывают и производят порядка 50 производителей, в том числе: ФГУП «ЦИТО», «Метиз», НОЦ «Ортос», «Медитроника Фут Системс», «Салют Орто», НПК «СПП», «Ортокосмос», НПФ «Галатея», «Моторика», «Техбионик», «Сколиолоджик.ру» [9]. Вместе с тем прогнозируемый в дальнейшем рост числа потребителей протезно-ортопедических изделий, связанный с увеличением нуждающихся в технических средствах реабилитации, актуализирует отечественного производителя. Отказ от протезов иностранного производства связан с невозможностью потребителя получать ремонт изделий, гарантированный производителем.

Реализовать реабилитационные медицинские устройства с более удобным управлением, понизить их себестоимость и расширить объем производства, заполняя рынок отечественными конкурентоспособными изделиями, позволит разработка систем пропорционального антропоморфного управления биоэлектрическими механическими устройствами на основе сигналов ЭМГ и биоимпеданса [5].

Цель исследования: обосновать наиболее перспективные подходы к технологии разработки протезов нижней конечности на основе теоретико-методологического анализа новейшей информации и практических разработок по тематике исследования.

Материалы и методы. Был проведен анализ теоретических, методологических и методических статей, индексированных в базах данных Scopus и РИНЦ, что позволило обобщить, сравнить и выявить перспективные подходы к разработке отечественных функциональных протезов нижней конечности. Из первичной выборки, в том числе обзоров и оригинальных статей, по ключевым словам «биомеханические показатели ходьбы», «оценка эффективности движений», «ресурсосберегающий подход» были отобраны 20 публикаций, из которых 60 % опубликованы за последние 5 лет.

Результаты исследования. Национальный стандарт ГОСТ Р 53869-2021 определяет все технические требования к протезам нижних конечностей в зависимости от уровня

ампутации конечности [6]. Протезы должны обеспечивать потребителя статическими и динамическими возможностями: стояния, сидения, приседания; возможностью ходьбы по ровной поверхности в произвольном темпе, в ускоренном темпе и по наклонной поверхности в сагиттальном направлении вверх и вниз; возможностью ходьбы по лестнице и по пересечённой местности и т. д. [11].

Базовым отличием протеза от здоровой ноги является отсутствие как эфферентного управления мышцами, так и афферентной чувствительности, в связи с чем для разработки максимально функционального протеза, выбора его параметров необходимо определить критерии оптимальности выполняемых движений. С точки зрения теории управления существуют два основных критерия: достижение цели движения и минимизация затраченных ресурсов. Третий критерий биологический – это безопасность для организма пациента [13]. Сравнительный анализ биомеханических показателей ходьбы пациентов с различным уровнем ампутации нижней конечности на экзопротезе при фиксированном темпе ходьбы проведен [2] с участием пациентов с ампутацией на уровне бедра и на уровне голени, использующих серийно выпускаемые протезы нижней конечности. Оценка ходьбы у испытуемых проводилась на аппарате Walkway в произвольном темпе и в двух фиксированных темпах – 80 шагов в минуту (0,8 м/с) и 50 шагов в минуту (0,4 м/с). Были проанализированы наиболее информативные биомеханические показатели ходьбы и выявлены изменения пространственно-временных и динамических показателей у пациентов с различным уровнем ампутации нижней конечности на экзопротезе. Определенный коридор «условной нормы» показателей ходьбы на протезе бедра в большей степени отличался от коридора нормы биомеханических показателей ходьбы для здоровых людей, чем коридор «условной нормы» показателей ходьбы на протезе голени. Следовательно, для пациентов, пользующихся протезами бедра и голени, оптимальной в отношении энергетических затрат на поддержание вертикальной позы является ходьба в произвольном темпе и в приближенном к произвольному темпу [2].

Большому расходу энергии при ходьбе на протезе способствует множество факторов. Например, при опоре на протез с выпрямленным коленом центр тяжести тела во время

фазы опоры поднимается выше, чем при естественной походке, что требует выполнения дополнительной механической работы [13]. Для оценки эффективности протезирования нижних конечностей пациентов и инструментального обеспечения универсальной измерительно-информационной системы Л.М. Смирновой (2017) проанализированы возможности производства такой системы и особенности ее программного обеспечения [16].

Используя методы структурного и функционального анализа основных положений теории автоматического управления, Г.А. Солодимова и А.Н. Спиркин (2018) предложили схему системы управления бионическим протезом, отличающуюся простотой настройки, повышенной надежностью, удобством использования, что позволяет максимально заменить утраченную в результате ампутации конечность при значительно меньших по сравнению с зарубежными образцами затратах [19].

Для конструирования активного экзоскелета нижних конечностей теоретическая база позволяет провести анализ механических и бионических процессов ходьбы человека, описание конструкции прототипа экзоскелета и схемы, которая представляет собой человека, интегрированного с экзоскелетом. В работе [1] описаны основные электрические компоненты системы: микроконтроллер, электроприводы и их платы управления, аккумулятор, датчики углов и бионические сенсоры. С точки зрения решаемой проблемы в статье отражена информация по обзору основных групп мышц таза и бедра, их функции при сгибании и разгибании суставов; введен критерий качества алгоритма управления, который основан на бионических особенностях работы мускулатуры человека, а также предложены идеи практической модернизации механической, электрической и вычислительной систем экзоскелета. Обзор подходов к созданию биоуправляемых протезов, их классификация по системе управления и механизм распознавания движения, лежащий в основе интерфейса «человек – протез», был представлен в [7], а также предложен вариант развития технологий биоуправляемых протезов в будущем.

Классические методы теории механизмов и машин использовались для решения задачи конструирования механизма искусственной стопы с подвижным шарниром [18]. Управление стопой протеза должно быть строго коррелировано с управлением в коленном и тазо-

бедренном суставе и адаптивным к текущей моторной ситуации в различных режимах стояния и ходьбы. Авторами предложена конструкция искусственной стопы, выполняющей тыльное сгибание (подгибание) в достаточном объёме для формирования должного клиренса переноса и уменьшения хромоты. В структуру системы управления стопой протеза при ампутациях в нижней и средней трети голени введен блок детектирования и функционального преобразования с использованием широтно-импульсной модуляции, что обеспечивает формирование «гладкого» однополярного сигнала для её привода с максимальной защитой от помех. Разработанная комбинированная система автоматизированного управления стопой протеза голени с позиционной обратной связью от встроенного в шарнир датчика обеспечивает плавность движений, а подкосоустойчивость в опоре осуществляется активацией муфты самоторможения [18]. Предложенная авторами конструкция адаптивной управляемой стопы отвечает требованиям удобства и простоты использования протеза, надёжности, технического мониторинга и доступности цены.

В данном направлении выполняется ряд оригинальных научных исследований, нацеленных на реализацию комплексного подхода к решению проблемы. Разработана и исследована механическая конструкция макета модульного бионического протеза ноги и системы управления протезом, а также предложена реализация человеко-машинного интерфейса [4]. В основе выполненного исследования – анализ ЭМГ-сигналов с поверхности крупных мышц нижней конечности с использованием двух видов миоэлектрических датчиков при выполнении основных двигательных действий при ходьбе. Предложенная модульная механическая конструкция протеза (голеностопный модуль может использоваться отдельно), система управления которой позволяет пользователю комфортно передвигаться как по ровной поверхности, так и в условиях различных препятствий.

Проведена сравнительная оценка кинематики движений испытуемых со схожими антропометрическими данными, в частности здорового человека и амputанта левой нижней конечности на уровне верхней 1/3 бедра с использованием компьютерного комплекса захвата движений Xsens. Ходьба со скоростью 3 км/ч на расстояние 100 м проводилась на

беговой дорожке Life Fitness. Для косвенного определения энергетической стоимости ходьбы проводилось измерение ЧСС до ходьбы и сразу после. В ходе анализа данных по кинематике движений были выявлены биомеханические особенности и энергетические затраты у испытуемых при ходьбе. Так, у испытуемого с протезом при ходьбе на тредбане со скоростью 3 км/ч были зафиксированы большие вертикальные колебания таза на 28,5 %, большая вариация вертикальных ускорений таза, увеличение ЧСС на 29,7 %, что в совокупности с кинематическими параметрами ходьбы свидетельствует о существенно большем количестве энергии, затрачиваемой на движение. Поскольку центр тяжести расположен в зоне таза, то для повышения оперативности отмеченных выше измерений для будущих исследований предлагается использовать тазовый сенсор (pelvis). В этом случае не потребуются численное дифференцирование, так как система Xsens это делает на аппаратном уровне для всех сегментов тела человека [20]. Используя данные по биомеханике ходьбы и энергозатрат амputанта, авторский коллектив спроектировал элементы протеза коленного сустава из композитных материалов [12]. Была разработана новая конструкция четырёхзвенного механического протеза коленного сустава из тканевого стеклопластика на основе эпоксидной смолы, который был основным материалом стержневых элементов протеза. В пакете SolidWorks была создана трёхмерная модель протеза коленного сустава Total Knee 1000/2000 фирмы Össur (Исландия). Механические испытания образца стержневого элемента были проведены на машине Instron 5900R. С использованием метода конечных элементов (пакет ANSYS) был проведен анализ напряжённо-деформированного состояния модельного образца и трёхмерной модели протеза коленного сустава. На основе анализа кинезиметрии ходьбы при скорости 3 км/ч на комплексе Xsens получено, что протез испытывает существенные сжимающие нагрузки лишь в фазе перекачивания с пятки на носок. При этом нагрузки на протез могут в два раза превосходить вес человека. Новая конструкция коленного протеза предполагает использование в стержневых элементах высокопрочного стеклопластика вместо дорогих титановых и алюминиевых сплавов аналогичного протеза фирмы Össur (Исландия). Расчёт нагрузок в элементах протеза и эксперименты

на модельных образцах показали, что новые стержневые элементы могут иметь вес в 2–3 раза меньший, чем у аналога. Это позволяет рассматривать композитные материалы в качестве перспективных при изготовлении новых образцов коленных протезов [12].

Ко второй группе критериев следует отнести медико-биологические и социальные факторы – обеспечение безопасности и повышение качества жизни для потребителей ортопедических изделий, в том числе протезов нижних конечностей.

В процессе полноценной реабилитации после ампутации конечности и медицинского восстановления следуют этапы подготовки к протезированию, протезирования, развития физических качеств ампутантов, каждый из которых имеет специальную направленность и способствует, в первую очередь, улучшению функциональности, а также повышению качества жизни ампутантов [10]. Важным фактором является и установленная высокая частота встречаемости симптомов и факторов риска остеоартрита коленного сустава у инвалидов с односторонней транстибиальной ампутацией, что указывает на необходимость индивидуального подхода к реабилитации данного контингента для профилактики прогрессирования патологического состояния [3].

По мнению Л.М. Смирновой (2022), при протезировании не уделяется должного внимания необходимости снижения перегрузок на здоровую конечность, не учитывается, что при ходьбе на протезе сохранная конечность, компенсируя нарушения статодинамической функции протезированной конечности, испытывает значительные перегрузки, повышающие риск заболеваний суставов конечности и деформаций стопы. В исследовании на основе программно-аппаратного комплекса с матричными измерителями давления в форме стелек была установлена связь между уровнем ампутации конечности и показателями биомеханики ходьбы в опорном контуре стоп. Наиболее чувствительными биомеханическими показателями перегрузки сохранной стопы при ходьбе на протезе оказались билатеральная асимметрия продолжительности переката через стопы и билатеральная асимметрия условной работы переката через стопы, а также гиперпрессия в области носка или латерального края плантарной поверхности [17]. Для своевременного и грамотного снижения риска перегрузки сохранной конечности

необходимо использование ортопедической стельки.

Реализуемый в настоящее время переход к высокотехнологичному здравоохранению, персонифицированной медицине и повышению качества жизни пациентов, нуждающихся в протезах, обуславливает необходимость учета компенсаторной повышенной функциональной нагрузки на здоровую часть организма ампутанта.

Заключение. Фактически проблема разработки новых технологий ортопедических изделий, в том числе протезов нижних конечностей, остается весьма актуальной и требует дальнейшей как научно-теоретической, так и практической реализации. Известно, что измененная биомеханика походки при односторонней ампутации приводит к негативным результатам процесса реабилитации [22], что походка на протезе становится несимметричной, а длительная асимметрия сопровождается изменениями в мышечно-скелетном аппарате дегенеративной направленности [21]. Эти негативные последствия в процессе реабилитации должны учитываться и снижаться на основе адекватных технологических решений, в том числе за счет использования новых композитных материалов при моделировании протезов.

По мнению Р.А. Прокопенко, эффективная ходьба на протезе будет отличаться от ходьбы здорового человека и попытки максимально приблизить биомеханику ходьбы на протезе к биомеханике ходьбы здорового человека оправданы лишь частично. В большинстве исследований предпринимаются попытки имитировать ходьбу здорового человека, тогда как необходимо решать комплексную задачу ходьбы на протезе. Другая перспектива связана с развитием интерфейса управления протезом, т. е. имитации эфферентных и афферентных сигналов ноги [13]. Эффективное управление полностью приводимых в действие устройств может устранить текущие ограничения протезных устройств, потенциально улучшая равновесие, комфорт и симметрию ходьбы у людей с ампутацией нижних конечностей [8]. Представлен концепт остеointеграционной системы экзопротеза бедра с нейромышечным интерфейсом. Перспективным и более эффективным способом организации биологического управления является применение инвазивных электродов, использование которых обеспечивает более точный и гибкий

контроль, что обеспечивается независимостью сигнала от положения конечности и условий окружающей среды, низкой зашумленностью сигнала, распознаванием отдельных мышц, четким сигналом даже при небольшом мышечном усилии, снижающем утомляемость пациента. Разработанный концепт имеет практическое значение и может стать ориентиром для инженеров и исследователей в области киберпротезирования [15].

Повышение функциональности протеза, в том числе за счет использования композитных материалов, значительно снизит затраты метаболической энергии пользователя и существенно отразится на качестве его жизни. Наряду с этим современные технологии проектирования ориентируются на численные методы при

назначении размеров деталей, что позволяет снизить цену конечного изделия.

Таким образом, выполненное исследование показывает, что теоретико-методологическим обоснованием новых технологий производства протезов должен стать системный подход, который обеспечит решение трех взаимосвязанных задач: технологической (повышение функциональности протезов, в том числе за счет композитных материалов), биомеханической (снижение энергетических ресурсов организма и повышение комфортности выполнения сложных видов двигательных действий), социальной (повышение качества жизни потребителя и адекватности стоимости медицинского реабилитационного изделия).

Список литературы

1. Барынкин, И.С. Проектирование и исследование новой конструкции активного экзоскелета нижних конечностей / И.С. Барынкин, А.С. Смирнов // *Экстремальная робототехника*. – 2022. – № 1 (33). – С. 505–521.
2. Влияние темпа на параметры ходьбы здоровых и пациентов с разным уровнем ампутации конечности / Н.Н. Рукина, А.Н. Белова, А.Н. Кузнецов, В.В. Борзиков // *Рос. журнал биомеханики*. – 2016. – Т. 20, № 1. – С. 58–69. DOI: 10.15593/RZhBiomeh/2016.1.05
3. Встречаемость симптомов остеоартрита у инвалидов с односторонней трансбибиальной ампутацией на этапе первичного протезирования / О.И. Хохлова, Е.М. Васильченко, А.М. Берман, О.В. Жатько // *Реабилитация – XXI век: традиции и инновации: сб. ст. IV Нац. конгресса с междунар. участием (08–09 сент. 2021 г.)*. – СПб.: ООО «ЦИАЦАН», 2021. – С. 277–284.
4. Гладышев, А.Р. Разработка и исследование механической конструкции макета модульного бионического протеза ноги и системы управления / А.Р. Гладышев, А.В. Гладышева // *Фундамент. и приклад. проблемы техники и технологии*. – 2018. – № 1 (327). – С. 139–145.
5. Гойдина, Т.А. Исследование рынка систем управления биоэлектрическими протезами верхних конечностей / Т.А. Гойдина, А.В. Кобелев, А.В. Писарева // *Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии – ФРЭМЭ'2020: тр. XIV Междунар. науч. конф. с науч. молодежной школой им. И.Н. Спиридонова (01–03 июля 2020 г.)*. Т. 1: Владимир-Суздаль: Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых. – 2020. – С. 218–226.
6. ГОСТ Р 53869-2021. Протезы нижних конечностей. Технические требования. – М.: Стандартинформ, 2021. – 12 с.
7. Завьялов, С.А. Технологии биоуправляемых протезов сегодня и завтра / С.А. Завьялов, А.Ю. Мейгал // *Journal of Biomedical Technologies*. – 2015. – № 2. – С. 36–42.
8. Исаева, Е.К. Разработка бионического протеза для нижних конечностей / Е.К. Исаева // *Студенческая научная весна: тез. докл. Всерос. студенческой конф., посвящ. 175-летию Н.Е. Жуковского (01–30 апр. 2022 г.)*. – М.: Издат. дом «Научная библиотека», 2022. – С. 182–183.
9. Министр промышленности РФ Денис Мантуров провёл совещание по развитию производства протезно-ортопедических изделий в России // *INFOLine, ИА (по материалам Правительства РФ)*. 2023. – https://advis.ru/php/view_news_ajax.php?id=FF293EA7-1C24-904B-AD2B-E7B64550830B (дата обращения: 07.04.2024).
10. Образцов, М.С. Физические упражнения в реабилитации после ампутации конечности / М.С. Образцов, О.А. Савченко, И.А. Бебко // *Актуальные вопросы физического воспитания и адаптивной физической культуры в системе образования: сб. материалов VI Всерос. с междунар. участием науч.-практич. конф. (18–19 апр. 2024 г.)*. – Волгоград: Волгоград. гос. академия, 2024. – С. 94–98.

11. Проект методических рекомендаций (приложение к Письму ФБМСЭ от 14.06.2023 № 35221.ФБ.77/2023) Ч. 15.2. Протезы нижних конечностей. – https://www.invalidnost.com/MSE/FB/2023/TSR/Projekt_MR_po_proteзам_NK.pdf (дата обращения: 04.04.2024).
12. Проектирование элементов протеза коленного сустава из композитов / С.Б. Сапожников, А.В. Безмельницын, М.В. Жихарев и др. // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2023. – Т. 23, № 4. – С. 163–171. DOI: 10.14529/hsm230420
13. Прокопенко, Р.А. Протез коленного сустава при ампутации на уровне бедра / Р.А. Прокопенко // *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация*. – 2016. – Т. 15, № 1. – С. 43–48. DOI: 10.18821/1681-3456-2016-15-1-43-48
14. Резник, И. Части тела: как рынок протезов в России пошел на взлет / И. Резник // *Мед. технологии*. 05.02.2024. – <https://www.rbc.ru/industries/news/65377d919a7947c1f7a2dd21> (дата обращения: 04.04.2024).
15. Синегуб, А.В. Концепт остеointеграционной системы экзопротеза бедра с нейромышечным интерфейсом / А.В. Синегуб, М.В. Черникова, Е.В. Фогт // *Системы. Методы. Технологии*. – 2023. – № 3 (59). – С. 31–37. DOI: 10.18324/2077-5415-2023-3-31-37.
16. Смирнова Л.М. Инструментальное обеспечение универсальной измерительно-информационной системы для оценки эффективности протезирования и ортезирования нижних конечностей / Л. М. Смирнова // *Биотехносфера*. – 2017. – № 5 (53). – С. 10–16.
17. Смирнова Л.М. Перегрузка сохранной стопы как показатель необходимости ортопедического обеспечения пациентов после ампутации нижней конечности // *Физ. и реабилитац. медицина*. – 2022. – Т. 4, № 4. – С. 34–43. DOI: 10.26211/2658-4522-2022-4-4-34-43
18. Создание системы автоматического управления бионическим роботизированным протезом голени / Г.Н. Буров, О.Л. Белянин, В.А. Большаков, А.С. Дробаха // *Физ. и реабилитац. медицина*. – 2022. – Т. 4, № 4. – С. 44–50. DOI: 10.26211/2658-4522-2022-4-4-44-50
19. Солодимова, Г.А. Информационно-измерительная система бионического протеза нижней конечности / Г.А. Солодимова, А.Н. Спиркин // *Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль*. – 2018. – № 1 (23). – С. 57–65. DOI: 10.21685/2307-5538-2018-1-9
20. Эрлих, В.В. Биомеханика ходьбы в норме и при наличии протеза ноги с использованием комплекса Xsens / В.В. Эрлих, В.В. Епишев, С.Б. Сапожников // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2023. – Т. 23, № 4. – С. 145–154. – DOI: 10.14529/hsm230418
21. Kaufman, K.R. Gait asymmetry of transfemoral amputees using mechanical and microprocessor-controlled prosthetic knees / K.R. Kaufman, S. Frittoli, C.A. Frigo // *Clinical Biomechanics*. – 2012. – Vol. 27 (5). – P. 460–465. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2011.11.011
22. Morgenroth, D.C. Osteoarthritis in the disabled population: a mechanical perspective / D.C. Morgenroth, A.C. Gellhorn, P. Suri // *Physical medicine and rehabilitation*. – 2012. – Vol. 4 (5). – P. S20–S27. – DOI: 10.1016/j.pmrj.2012.01.003

References

1. Barynkin I.S., Smirnov A.S. [Design and Research of a New Construction of the Lower Limb Active Exoskeleton]. *Ekstremal'naya robototekhnika* [Extreme Robotics], 2022, no. 1 (33), pp. 505–521. (in Russ.)
2. Rukina N.N., Belova A.N., Kuznetsov A.N., Borzikov V.V. [The Influence of Walking Tempo on Biomechanical Parameters of Healthy Individuals and Patients with Different Levels of Lower Extremity Amputation]. *Rossiyskiy zhurnal biomekhaniki* [Russian Journal of Biomechanics], 2016, vol. 20, no. 1, pp. 58–69. (in Russ.) DOI: 10.15593/RZhBiomeh/2016.1.05
3. Khokhlova O.I., Vasil'chenko E.M., Berman A.M., Zhat'ko O.V. [The Occurrence of Osteoarthritis Symptoms in People with Disabilities with Unilateral Transtibial Amputation at the Stage of Primary Prosthetics]. *Reabilitatsiya – XXI vek: traditsii i innovatsii. IV Natsional'nyi kongress s mezhdunarodnym uchastiem* [Rehabilitation – XXI Century. Traditions and Innovations. IV National Congress with International Participation], 2021, pp. 277–284. (in Russ.)
4. Gladyshev A.R., Gladysheva A.V. [Development and Research of Mechanical Design Layout Modularbionic Leg Prosthesis and Control System]. *Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii* [Fundamental and Applied Problems of Engineering and Technology], 2018, no. 1 (327), pp. 139–145. (in Russ.)

5. Goidina T.A., Kobelev A.V., Pisareva A.V. [Market Research of Control Systems for Bioelectric Upper Limb Prostheses]. *Fizika i radioelektronika v meditsine i ekologii – FREME'2020. XIV Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya s nauchnoi molodezhnoi shkoloj im. I.N. Spiridonova* [XIV International Scientific Conference with I.N. Spiridonov Scientific Youth School], 2020, vol. 1, pp. 218–226. (in Russ.)

6. GOST 53869-2021. *Protezy nizhnikh konechnostey. Tekhnicheskiye trebovaniya* [Lower Limb Prostheses. Technical Requirements]. Moscow, Standartinform Publ., 2021. 12 p.

7. Zavyalov S.A., Meigal A.Yu. The Bio-controlled Prosthesis Technologies Today and Tomorrow. *Journal of Biomedical Technologies*, 2015, no. 2, pp. 36–42.

8. Isaeva E.K. [Development of a Bionic Prosthesis for the Lower Extremities]. *Vserossiyskaya studencheskaya konferentsiya, posvyashchennaya 175-letiyu N.E. Zhukovskogo* [Student Scientific Spring. All-Russian Student Conference dedicated to the 175th anniversary of N.E. Zhukovsky], 2022, pp. 182–183. (in Russ.)

9. *Ministr promyshlennosti RF Denis Manturov provel soveshchanie po razvitiyu proizvodstva protezno-ortopedicheskikh izdelij v Rossii* [Denis Manturov, Minister of Industry of the Russian Federation, held a Meeting on the Development of the Production of Prosthetic and Orthopedic Products in Russia], INFOLine, IA (Based on Materials from the Government of the Russian Federation). 2023. Available at: https://advis.ru/php/view_news_ajax.php?id=FF293EA7-1C24-904B-AD2B-E7B64550830B (accessed 07.04.2024). (in Russ.)

10. Obratsov M.S., Savchenko O.A., Bebko I.A. [Physical Exercises in Rehabilitation After Limb Amputation]. *Aktual'nye voprosy fizicheskogo vospitaniya i adaptivnoy fizicheskoy kul'tury v sisteme obrazovaniya. VI Vserossiyskaya s mezhdunarodnym uchastiem nauchno-prakticheskaya konferentsiya* [Topical Issues of Physical Education and Adaptive Physical Culture in the Education System. VI All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation], 2024, pp. 94–98. (in Russ.)

11. *Proekt metodicheskikh rekomendatsii (prilozhenie k Pis'mu FBMSE ot 14.06.2023 № 35221.FB.77/2023) Chast' 15.2. Protezy nizhnikh konechnostei* [Draft Methodological Recommendations (Annex to the Letter of the ITU FB dated 06.14.2023 no. 35221.FB.77/2023) Part 15.2. Lower Limb Prostheses]. Available at: https://www.invalidnost.com/MSE/FB/2023/TSR/Proekt_MR_po_protezam_NK.pdf (accessed 04.04.2024). (in Russ.)

12. Sapozhnikov S.B., Bezmelnitsyn A.V., Zhikharev M.V. et al. Design of knee Joint Prosthetic Elements Made of Composites. *Human. Sport. Medicine*, 2023, vol. 23 (4), pp. 163–171. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm230420

13. Prokopenko R.A. [The Use of the knee Joint Replacement Prosthesis After the Amputation at the Level between Hip and knee]. *Fizioterapiya, bal'neologiya i reabilitatsiya* [Russian Journal of Physiotherapy, Balneology and Rehabilitation], 2016, vol. 15, no. 1, pp. 43–48. (in Russ.) DOI: 10.18821/1681-3456-2016-15-1-43-48

14. Reznik I. [Body Parts. How the Prosthetics Market in Russia Took Off]. *Meditsinskiye tekhnologii* [Medical Technologies]. Available at: <https://www.rbc.ru/industries/news/65377d919a7947c1f7a2dd21> (accessed 04.04.2024)

15. Sinegub A.V., Chernikova M.V., Fogt E.V. [Concept of an Osteointegration System for a hip Exoprosthesis with a Neuromuscular Interface]. *Sistemy. Metody. Tekhnologii* [Systems. Methods. Technologies], 2023, no. 3 (59), pp. 31–37. (in Russ.) DOI: 10.18324/2077-5415-2023-3-31-37

16. Smirnova L.M. [Instrumental Support of a Universal Measuring and Information System for Evaluating the Effectiveness of Prosthetics and Orthotics of the Lower Extremities]. *Biotekhnosfera* [Biotechnosphere], 2017, no. 5 (53), pp. 10–16. (in Russ.)

17. Smirnova L.M. [Overloading of the Intact Foot as an Indicator of the Need for Orthopedic Support for Patients After Amputation of the Lower Limb]. *Fizicheskaya i reabilitacionnaya medicina* [Physical and Rehabilitation Medicine], 2022, vol. 4(4), pp. 34–43. (in Russ.) DOI: 10.26211/2658-4522-2022-4-4-34-43

18. Burov G.N., Belyanin O.L., Bolshakov V.A., Drobakha A.S. [Creation of Automatic Control System for Bionic Robotic Below Knee Prosthesis]. *Fizicheskaya i reabilitacionnaya medicina* [Physical and Rehabilitation Medicine], 2022, vol. 4 (4), pp. 44–50. (in Russ.) DOI: 10.26211/2658-4522-2022-4-4-44-50

19. Solodimova G.A., Spirkin A.N. [The Information-measuring System Bionic Prosthesis of the Lower Limb]. *Izmerenie. Monitoring. Upravlenie. Kontrol'* [Measuring. Monitoring. Management. Control], 2018, no. 1 (23), pp. 57–65. (in Russ.) DOI: 10.21685/2307-5538-2018-1-9

20. Erlikh V.V., Epishev V.V., Sapozhnikov S.B. Gait Biomechanics in Normal Conditions and with a Lower-extremity Prosthesis Captured by the Xsens System. *Human. Sport. Medicine*, 2023, vol. 23 (4), pp. 145–154. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm230418

21. Kaufman K.R., Frittoli S., Frigo C.A. Gait Asymmetry of Transfemoral Amputees Using Mechanical and Microprocessor-controlled Prosthetic knees. *Clinical Biomechanics*, 2012, vol. 27 (5), pp. 460–465. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2011.11.011

22. Morgenroth D.C., Gellhorn A.C., Suri P. Osteoarthritis in the Disabled Population: a Mechanical Perspective. *Physical Medicine and Rehabilitation*, 2012, vol. 4 (5), pp. 20–27. DOI: 10.1016/j.pmtj.2012.01.003

Информация об авторах

Шибкова Дарья Захаровна, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник научно-исследовательского центра спортивной науки, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Эрлих Вадим Викторович, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Information about the authors

Daria Z. Shibkova, Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Researcher, Research Center for Sports Science, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Vadim V. Erlikh, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Theory and Methods of Physical Education and Sport, Chelyabinsk, Russia

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 05.06.2024

The article was submitted 05.06.2024

ТРЕБОВАНИЯ К ПУБЛИКАЦИИ МАТЕРИАЛОВ

1. В редакцию предоставляется печатный вариант статьи и ее электронная версия (документ Microsoft Word), экспертное заключение о возможности опубликования работы в открытой печати, сведения об авторах (Ф.И.О., место работы, звание и должность – для всех авторов статьи, сроки обучения в аспирантуре – для аспирантов, контактная информация (адрес, телефон, e-mail)).

2. Структура статьи: УДК, название, список авторов, аннотация (от 100 до 250 слов), список ключевых слов, текст работы, литература (ГОСТ 7.1–2003). На отдельной странице приводятся название, аннотация, список ключевых слов и сведения об авторах на английском языке.

3. Параметры набора. Поля: зеркальные, верхнее – 23, нижнее – 23, левое – 22, правое – 25 мм. Шрифт – Times New Roman, кегль – 14. Отступ красной строки 0,7 см, интервал между абзацами 0 пт, межстрочный интервал – полуторный. Рисунки и схемы должны быть сгруппированы и иметь названия.

4. Адрес редколлегии журнала «Человек. Спорт. Медицина / Human. Sport. Medicine»: Россия, 454080, г. Челябинск, ул. Сони Кривой, 60, Южно-Уральский государственный университет, Институт спорта, туризма и сервиса, кафедра ТиМФКиС, заместителю главного редактора, профессору Ненашевой Анне Валерьевне.

5. Полную версию правил подготовки рукописей и пример оформления можно загрузить с сайта журнала HSM.susu.ru.

6. Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗДАНИИ

Серия основана в 2001 году. С 2016 года журнал «Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура» издается под наименованием «Человек. Спорт. Медицина / Human. Sport. Medicine».

Учредитель – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

Главный редактор – д.б.н., профессор В.В. Эрлих.

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-67381 выдано 5 октября 2016 г. Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ. Сведения о журнале ежегодно публикуются в международном справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Ulrich's Periodicals Directory». С 2017 г. журнал входит в базу данных Web of Science (Emerging Sources Citation Index), с октября 2018 г. – в базу данных Scopus.

Решением Президиума Высшей аттестационной комиссии Министерства науки и высшего образования Российской Федерации журнал включен в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук» по следующим научным специальностям и соответствующим им отраслям науки: 1.5.5. Физиология человека и животных (медицинские науки), 3.1.33. Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия (биологические 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).

Подписной индекс 43295 в объединенном каталоге «Пресса России».

Периодичность выхода – 6 номеров в год (№ 1–4 и специальные выпуски S1, S2).

Адрес редакции, издателя: 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76, Издательский центр ЮУрГУ, каб. 32.

ЧЕЛОВЕК. СПОРТ. МЕДИЦИНА / HUMAN. SPORT. MEDICINE

Том 24, № 4

2024

16+

Редакторы: *С.И. Уварова, К.Р. Ризванова*

Компьютерная верстка *И.А. Захаровой*

Издательский центр Южно-Уральского государственного университета

Подписано в печать 23.12.2024. Дата выхода в свет 27.12.2024. Формат 60×84 1/8. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 21,39. Тираж 500 экз. Заказ 328/449. Цена свободная.

Отпечатано в типографии Издательского центра ЮУрГУ.

454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76.