

ЧЕЛОВЕК СПОРТ



МЕДИЦИНА 2023 Т.23 № 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);

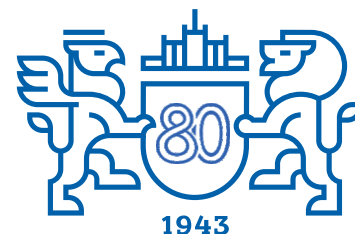
Гладун Е.Ф., к.ю.н. (Тюмень);

Трофименко Е.Ю., к.э.н. (Челябинск);

Руденко М.Н., д.э.н. (Пермь);

Савельева И.П., д.э.н. (Челябинск)

HUMAN SPORT



MEDICINE 2023 Vol.23 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;

Poznyakovsky 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

ФИШЕР Т.А., БОБРЕШОВА С.С., ЯРКИН А.В. Динамика психофизиологического состояния и силы нервных процессов у спортсменов, занимающихся зимним плаванием, во время участия в эстафете протяжённостью 555 км	7
СПИРИН Т.С., ПРОКОПЬЕВА Е.Л. Сравнение скорости бега на лактатном анаэробном пороге, установленном различными методами у бегунов-любителей со средней соревновательной скоростью на дистанциях 10 и 21,1 км	14
БОЛДЫРЕВА Ю.В., ГУБИН Д.Г. Влияние физической активности на состояние иммунной системы организма	23
ШАРЫКИН А.С., БАДТИЕВА В.А., ПАВЛОВ В.И., ИВАНОВА Ю.М., УСМАНОВ Д.М. Морфофункциональные основы высоких функциональных возможностей спортсменов в свете упрощенной зарубежной классификации спорта. Часть 2	31
ТРУШИНА Э.Н., МУСТАФИНА О.К. Об эффективности применения лейкоцитарных индексов в диагностике иммунных нарушений у спортсменов (обзор литературы)	40
СИВАКОВ В.И., ПАВЛОВА В.И., КАМСКОВА Ю.Г., САРАЙКИН Д.А. Развитие нервно-мышечной системы студентов в процессе формирования двигательного умения и навыка высшего порядка	47
ШАЙХЕЛИСЛАМОВА М.В., ДИКОПОЛЬСКАЯ Н.Б., БИЛАЛОВА Г.А., ЗОТОВА Ф.Р., ЗЕФИРОВ Т.Л. Участие симпато-адреналовой системы в регуляции вегетативного тонуса у детей	54

СПОРТИВНАЯ ТРЕНИРОВКА

LI TIE, WANG JUN, V.S TIMOFEEV, XIAO QI. Comparison, statistics and analysis of the techniques used in table tennis	63
КОЛОТИЛЬЩИКОВА С.В. Методика обучения баскетболистов работе с разными формами информации в лимите времени	74
ЗАГОРОДНИКОВА Д.М., КАПИЛЕВИЧ Л.В. Психокогнитивные тренировки для спортсменов-ориентировщиков: методика и эффективность	80
ВОРОНЦОВА О.И., УДОЧКИНА Л.А. Кинематический анализ суставов нижних конечностей у гимнасток в возрасте 12–14 лет	87
СТЕПАНОВ Д.С., ЧЕРЕПАНОВ В.С., ИЛЬИНЫХ В.И., НЕНАШЕВ А.И. Разработка мобильного приложения «Дневник учета силовой подготовки»	95
МАКАРОВА Э.В., ЖЕЛЕЗНЯКОВА М.В., ЧЕРКАСОВА Е.В., ЩЕРБАКОВА Е.Е. Программирование физкультурно-оздоровительных занятий аэробикой со студентками различного уровня физического состояния	102
БЕЛЯКОВА А.С., ГОРСКАЯ И.Ю., КРАВЧУК Т.А., КРАВЧУК А.И. Показатели психомоторных способностей спортсменов разного возраста и уровня квалификации в легкой атлетике	109
ДЕРЯБИНА М.А., ВОРОБЬЕВА Е.С., ПОПОВ В.Д. Стрессоустойчивость в прыжках с шестом у девушек 14–15 лет в соревновательный период на этапе начальной специализации	117

ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ И СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА

КОРКМАЗОВ М.Ю., А.А. КРИВОПАЛОВ, ТАЛИБОВ А.Х., КОРНОВА Н.В., ХЛЕСТОВА А.А. Мотивация к повышению результативности в спорте и коррекция воз- можных неудач, связанных со здоровьем на примере заболеваний верхних дыхательных путей	124
ЯНЧИК Е.М., ЩЕЛГАЧЕВА К.Б., УШАКОВ А.С., ВЕДЕРНИКОВА О.Б., ЗАХАРЕЦ А.А. Технология проведения занятий по физической культуре со студентами специальной меди- цинской группы	135
ЭРЛИХ В.В., ЕПИШЕВ В.В., САПОЖНИКОВ С.Б. Биомеханика ходьбы в норме и при нали- чии протеза ноги с использованием комплекса Xsens	145
САШЕНКОВ С.Л., ПАНАСЕНКО А.Н., ЕПИШЕВА А.А., МЕРКУЛЬЕВ Ф.В., БУРНАШОВ Я.В., ПИСКАЕВ А.А. Анализ перспективных направлений в проектировании протезов стопы нового поколения	155
САПОЖНИКОВ С.Б., БЕЗМЕЛЬНИЦЫН А.В., ЖИХАРЕВ М.В., ЕПИШЕВ В.В., ЭРЛИХ В.В. Проектирование элементов протеза коленного сустава из композитов	163
МАКАРОВА Э.В., ДУБАТОВКИН В.И., КОСИХИН В.П., АВЕРЬЯНОВ И.В. Анализ состояния опорно-двигательного аппарата юных спортсменов-тяжелоатлетов с функцио- нальными нарушениями позвоночника	172
РЯБОВА И.В., ЧЕРНОГОРОВ Д.Н., СОБОЛЕВСКАЯ Т.А., ФИЛИППОВА С.Н., АЛЕКСЕЕВА С.И. Улучшение осанки младшего школьника на уроках физкультуры	179
ШУМИХИНА И.И., ГУШТУРОВА И.В., АЛАБУЖЕВ А.Е., АЛАБУЖЕВ С.А. Влияние мио- фасциального релиза на восстановительные процессы у бегуний на средние дистанции	187
РЕЦЕНЗИИ	
БОЙКО Е.Р., ДЕРНОВОЙ Б.Ф. Письмо в редакцию	194

CONTENTS

PHYSIOLOGY

FISHER T.A., BOBRESHOVA S.S., YARKIN A.V. Psychophysiological state and nervous processes in winter swimmers during a 555 km relay swimming	7
SPIRIN T.S., PROKOPJEVA E.L. Comparison running speed at lactate anaerobic threshold assessed by various methods in recreational runners with an average competitive speed at distances 10 and 21.1 km	14
BOLDYREVA Yu.V., GUBIN D.G. The effect of physical activity on the immune system	23
SHARYKIN A.S., BADTIEVA V.A., PAVLOV V.I., IVANOVA Yu.M., USMANOV D.M. Morphofunctional basis of high functional capabilities of athletes in the light of a simplified foreign classification of sports. Part 2	31
TRUSHINA E.N., MUSTAFINA O.K. On the efficiency of leukocyte indices in the diagnosis of immune disorders in athletes (a review of foreign literature)	40
SIVAKOV V.I., PAVLOVA V.I., KAMSKOVA Yu.G., SARAYKIN D.A. Development of the neuromuscular system in university students during the formation of motor skills	47
SHAYKHELISLAMOVA M.V., DIKOPOLSKAYA N.B., BILALOVA G.A., ZOTOVA F.R., ZEFIROV T.L. The role of the sympathoadrenal system in modulating autonomic tone in children	54

SPORTS TRAINING

ЛИ ТЕ, ДЗИОН ВАНГ, ТИМОФЕЕВ В.С., СЯО ЧИ. Comparison, statistics and analysis of the techniques used in table tennis	63
KOLOTILSHCHIKOVA S.V. A methodology for training basketball players to work with different forms of information in a limited time	74
ZAGORODNIKOVA D.M., KAPILEVICH L.V. Psycho-cognitive training for orienteers: a methodology and its efficiency	80
VORONTSOVA O.I., UDOCHKINA L.A. Lower limb joint kinematics in female gymnasts ages 12–14	87
STEPANOV D.S., CHEREPANOV V.S., ILINYKH V.I., NENASHEV A.I. Development of the ‘strength training records’ mobile application	95
MAKAROVA E.V., ZHELEZNYAKOVA M.V., CHERKASOVA E.V., SHCHERBAKOVA E.E. Physical and health promotion activities in female university students with different health levels .	102
BELYAKOVA A.S., GORSKAY I.Yu., KRAVCHUK T.A., KRAVCHUK A.I. Psychomotor abilities of athletes of different ages and skill levels in track and field athletes	109
DERIABINA M.A., VOROBYEVA E.S., POPOV V.D. Stress resistance in female pole vaulters ages 14–15 during the competitive period at early sports specialization	117

REHABILITATION AND SPORT MEDICINE

KORKMAZOV M.Yu., KRIVOPALOV A.A., TALIBOV A.Kh., KORNOVA N.V., KHLESTOVA A.A. Motivation for athletic performance enhancement and correction of possible health-related failures on the example of upper respiratory diseases	124
YANCHIK E.M., SHCHELGACHEVA K.B., USHAKOV A.S., VEDERNIKOVA O.B., ZAKHARETS A.A. Physical education for university students with health conditions	135

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	145
SASHENKOV S.L., PANASENKO A.N., EPISHEVA A.A., MERKULYEV F.V., BURNASHOV Ya.V., PISKAEV A.A. Analysis of opportunities for the development of a brand-new prosthetic foot	155
SAPOZHNIKOV S.B., BEZMELNITSYN A.V., ZHIKHAREV M.V., EPISHEV V.V., ERLIKH V.V. Design of knee joint prosthetic elements made of composites	163
MAKAROVA E.V., DUBATOVKIN V.I., KOSIKHIN V.P., AVERYANOV I.V. Musculo-skeletal system in young weightlifters with functional spinal disorders	172
RYABOVA I.V., CHERNOGOROV D.N., SOBOLEVSKAYA T.A., FILIPPOVA S.N., ALEKSEEVA S.I. Improvement of posture in primary schoolchildren at PE lessons	179
SHUMIKHINA I.I., GUSHTUROVA I.V., ALABUZHEV A.E., ALABUZHEV S.A. Effect of myofascial release on recovery in female middle-distance runners	187
REVIEWS	
BOYKO E.R., DERNOVOY B.F. Letter to the editor	194

ДИНАМИКА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И СИЛЫ НЕРВНЫХ ПРОЦЕССОВ У СПОРТСМЕНОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ЗИМНИМ ПЛАВАНИЕМ, ВО ВРЕМЯ УЧАСТИЯ В ЭСТАФЕТЕ ПРОТЯЖЁННОСТЬЮ 555 км

Т.А. Фишер¹, fitan72@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9614-9907>

С.С. Бобрешова^{2,3}, kolyvanova93@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0579-081X>

А.В. Яркин³, ayarkin@yandex.ru, <http://orcid.org/0009-0005-3581-1617>

¹ Тюменское высшее военно-инженерное командное училище

им. маршала инженерных войск А.И. Прошлякова, Тюмень, Россия

² Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, Тюмень, Россия

³ Научно-образовательный центр «Регион здоровья», Тюмень, Россия

Аннотация. Цель: изучить динамику психофизиологического состояния и силу нервных процессов у спортсменов, занимающихся зимним плаванием, во время прохождения длительной дистанции вплавь в акватории Черного моря от города Новороссийска до города Севастополя. **Материалы и методы.** Оценка нейродинамических процессов осуществлялась по теппинг-тесту, психофизиологические характеристики оценивали по методу Люшера (расчет интегральных показателей), по вегетативному индексу Кердо определялись соматотипологические особенности. Замеры проводили в три этапа: первый «Старт» – до начала эстафеты. Второй «Середина эстафеты» 7–9-е сутки, третий «Финиш» – 15–17-е сутки. **Результаты.** У спортсменов по данным теппинг-тестирования наблюдается преобладание слабого типа нервной системы. Относительно показателей ВИК на «Старте» – преобладание тонуса парасимпатического отдела ВНС, на последующих этапах – уравновешенность симпатических и парасимпатических влияний ВНС. С помощью теста Люшера установлено, что перед началом эстафеты спортсмены были автономны, независимы, активны, к середине дистанции отмечалась пассивность, склонность к зависимому положению от окружающих, спонтанному поведению, на финише – относительное равновесие между показателями «Гетерономность» и «Автономность». Показатель «Баланс личностных свойств» до заплыва характеризовался противоречивой и неустойчивой личностью, на этапе «Финиш» личностные качества сбалансированы и образуют целостный комплекс. Показатель «Баланс вегетативной НС» свидетельствовал о преобладании тонуса парасимпатической НС и на протяжении всего эстафетного заплыва практически не менялся, как и показатель «Работоспособность». Наличие стрессового состояния нарастало ко второму этапу и снижалось к финишу. **Заключение.** Во время организованного заплыва у спортсменов, занимающихся зимним плаванием, при прохождении длительной дистанции вплавь в акватории Черного моря на фоне преобладания слабого типа нервной системы изменяются психофизиологические параметры, в частности поведение, которое включено в категорию «мотивированного» поведения.

Ключевые слова: психофизиологические показатели, акваторическое воздействие, теппинг-тест, сила нервной системы, вегетативный индекс Кердо, тест Люшера, интегральные показатели, физкультурно-патриотическое мероприятие «Черноморская эстафета Победы»

Благодарности. Исследование финансировалось в рамках проекта № 121042000078-9.

Для цитирования: Фишер Т.А., Бобрешова С.С., Яркин А.В. Динамика психофизиологического состояния и силы нервных процессов у спортсменов, занимающихся зимним плаванием, во время участия в эстафете протяжённостью 555 км // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 4. С. 7–13. DOI: 10.14529/hsm230401

PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATE AND NERVOUS PROCESSES IN WINTER SWIMMERS DURING A 555 km RELAY SWIMMING

T.A. Fisher¹, fitan72@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9614-9907>

S.S. Bobreshova^{2,3}, kolyvanova93@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0579-081X>

A.V. Yarkin³, ayarkin@yandex.ru, <http://orcid.org/0009-0005-3581-1617>

¹ Tyumen Higher Military Engineer Command School named after marshal of engineering troops A.I. Proshlyakov, Tyumen, Russia

² Tyumen Scientific Centre, Tyumen, Russia

³ Region Zdorovya (Region of Health) Scientific and Educational Centre, Tyumen, Russia

Abstract. Aim: to identify changes in the psychophysiological state and strength of nervous processes in winter swimmers during a long-distance relay swimming from Novorossiysk to Sevastopol. **Materials and methods.** Neurodynamic processes were assessed with the tapping test, the psychophysiological ones with the Luscher color test (integral data), and somatotypological characteristics were identified with the Kerdo index. Measurements were performed three times: before, on Days 7 and 9, and on Days 15 and 17 after the beginning of a swimming relay. **Results.** The tapping test demonstrates a predominance of a weak nervous system. The Kerdo index shows a predominance of the parasympathetic system, followed by a balance between sympathetic and parasympathetic influences at the beginning of a swimming relay and at its further stages, respectively. The Luscher color test demonstrates that before this swimming relay, students were autonomous, independent, and active; in the middle of the swimming relay, they showed inactivity and a tendency toward dependency on other people. By the end of the swimming relay, a balance between heteronomy and autonomy was achieved. Before the swimming relay, a balance of personal characteristics was typical of a controversial and unstable person. By the end of the relay, personal qualities were balanced and formed an integral structure. The balance of the autonomic nervous system showed a predominance of the parasympathetic nervous system and remained unchanged, as well as system performance. By the middle of the relay, stress increased, with a subsequent decrease at the end of the swimming relay. **Conclusion.** By the end of the swimming relay, a change in the psychophysiological parameters of winter swimmers was recorded against a weak nervous system and involved behavior labeled as motivated.

Keywords: psychophysiological parameters, water and thermal characteristics, tapping test, strength of the nervous system, Kerdo index, Luscher color test, integral parameters

Acknowledgements. The study was financed as part of Project No. 121042000078-9.

For citation: Fisher T.A., Bobreshova S.S., Yarkin A.V. Psychophysiological state and nervous processes in winter swimmers during a 555 km relay swimming. *Human. Sport. Medicine*. 2023;23(4):7–13. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230401

Введение. За последние несколько лет соревнования по зимнему плаванию стали более популярными как в РФ, так и в Европе [2]. Несмотря на риски, связанные с экстремальностью, ледяное, холодное и зимнее плавание развивается. Поэтому длительное нахождение в холодной воде во время тренировочных и соревновательных нагрузок требуют детального изучения [10]. Это связано с тем, что спортсмены, занимающиеся зимним плаванием, имеют физиологические и биохимические особенности [12]. Воздействие холодной воды может приводить к изменениям физиологических реакций ВНС [7]. Также установлено, что психофизиологический и соматический статус спортсмена изменяется

не только от тренированности организма, но и от гендерных признаков [5]. Зимнее плавание становится популярным среди людей разного социального статуса и разных профессий. Становясь зимними пловцами, они участвуют в международных заплывах и устанавливают мировые рекорды. Так, на счету российских спортсменов известные всему миру заплывы, которые зафиксированы в книге рекордов России (агентство «Пари»), книге Европы и Гинеса. Важно отметить, что такие мероприятия практически оставались без серьезного научного сопровождения.

Цель исследования: изучить динамику психофизиологических показателей и функционального состояния ЦНС спортсменов,

занимающихся зимним плаванием, во время прохождения длительной дистанции на открытой воде (акватория Черного моря).

Материалы и методы. Черноморская эстафета Победы проводилась в октябре – ноябре 2020 года. Исследовались мужчины (n = 24, средний возраст $48,2 \pm 4,8$ года), прибывшие из 15 регионов РФ и стран СНГ. Подписаны добровольные согласия на участие в научном исследовании и согласия на обработку персональных данных. Критерии включения: допуск врача-кардиолога, терапевта; справки об отсутствии контактов с инфекционными больными и отсутствии РНК в биологическом материале Covid-19. Критерии невключения: подтверждение наличия антител к Covid-19, наличие в анамнезе хр. заболеваний; варикозное расширение вен; гипертиреоз II–III степени; ИБС, злокачественные новообразования; неврологические заболевания: эпилепсия, в том числе в стадии ремиссии; болезни пищеварения: язвенная болезнь. Допуск к заплывам осуществлялся утром по: оценке общего самочувствия; уровню АД (систолическое 110–155 мм рт. ст., диастолическое 60–90 мм рт. ст.); ЧСС (60–90 уд./мин). Замеры: 1) «Старт» – до начала эстафеты; 2) 7–9-е сутки; 3) 15–17 сутки «Финиш». С помощью теппинг-теста проводилась оценка скоростных возможностей двигательного анализатора [3, 6]. Соматотипологические особенности рассчитывались по индексу Кердо (ВИК) [4]. По тес-

ту Люшера рассчитывались интегральные показатели [8]. Статистическая обработка проводилась «IBM SPSS Statistics 21».

Результаты исследования и их обсуждение. По результатам теппинг-теста (табл. 1) установлено, что у спортсменов на «Старте» наблюдался снисходящий характер темпа максимальных движений обеих рук уже со второго 5-секундного отрезка, что может свидетельствовать о слабости НС. На 2-м этапе отмечалось увеличение среднего темпа движений левой кистью, которое сохранилось до этапа «Финиш». На «Старте» коэффициент силы НС при максимальном движении правой кистью показал, что у большинства спортсменов она была приближена к диапазону значений сильной НС разной выраженности. Со 2-го этапа коэффициент силы НС сместился в сторону слабой, а коэффициент силы НС при максимальном движении левой кистью находился в разряде «слабая НС» с высокой степенью выраженности.

По расчётным показателям индекса Кердо (табл. 2) установлено, что на старте у спортсменов наблюдалось преобладание тонуса парасимпатического отдела ВНС (-15,3[-33,1; -9,1]). В середине эстафеты (-2,5[-17,6; 3,8]) и на финише (2,4[-24,5; 8,5]) происходило смещение симпатических и парасимпатических влияний ВНС в сторону уравновешенности. Рассматривая психофизиологические характеристики (см. табл. 2) установили, что на

Таблица 1
Table 1

Динамика показателей теппинг-теста у спортсменов-участников заплыва (Me [Q1; Q3]) (n = 24)
Results of the tapping test among winter swimmers (Me [Q1; Q3]) (n = 24)

Показатель Parameter	1-й замер Measurement 1	2-й замер Measurement 2	3-й замер Measurement 3
Коэффициент функциональной асимметрии Coefficient of functional asymmetry	1,5 [-0,9; 5,5]	-0,5 [-0,9; 4,4]	3,2 [0,3; 6,2]
Правая рука / Right hand			
Динамика темпа движений (скорость) Changes in speed of movement	5,4 [4,9; 5,9]	5,6 [5,4; 6,1]	5,6 [5,2; 6,2]
Коэффициент силы нервной системы Strength coefficient of nervous system	9,1 [-27,8; 45]	-10,3 [-33,3; 22,7]	-9,4 [-37,6; 26,5]
Левая рука / Left hand			
Динамика темпа движений (скорость) Changes in speed of movement	5,0 [4,7; 5,8]	5,5 [5,1; 5,9]*	5,4 [4,9; 5,8]
Коэффициент силы нервной системы Strength coefficient of nervous system	-45,5 [-65,3; -22,1]	-35,5 [-65,4; -17,4]	-50,0 [-72,7; -8,2]

Примечание. Здесь и в табл. 2 * – $p < 0,05$ – изменения достоверны относительно показателя в 1-м замере.
Note. Here and in the table. 2 * – $p < 0.05$ – changes are significant with respect to measurement 1.

Динамика показателей вегетативного индекса Кердо и теста Люшера у спортсменов-участников заплыва (Me [Q1; Q3]) (n = 24)
Results of the Kerdo index and the Luscher color test among winter swimmers (Me [Q1; Q3]) (n = 24)

Показатель Parameter	1-й замер Measurement 1	2-й замер Measurement 2	3-й замер Measurement 3
ВИК Kerdo index	-15,3 [-33,1; -9,1]	-2,5 [-17,6; 3,8]*	-2,4 [-24,5; 8,5]
Гетерономность – автономность Heteronomy – autonomy	0,0 [-4,0; 2,5]	0,0 [-0,5; 1,5]	0,0 [-4,0; 4,0]
Концентричность – эксцентричность Concentricity – eccentricity	0,0 [-1,0; 3,5]	2,0 [-2,0; 3,5]	0,0 [-4,0; 2,0]
Баланс личностных свойств Balance of personal characteristics	0,0 [-2,0; 2,0]	-1,0 [-2,5; 3,5]	-2,0 [-3,5; 1,5]
Баланс ВНС Balance of autonomic nervous system	0,0 [-3,0; 3,5]	-1,0 [-4,0; 1,5]	-1,0 [-4,0; 2,0]
Работоспособность Performance	10,0 [7; 11]	9,0 [8,0; 10,0]	9,0 [8,0; 11,0]
Наличие стрессового состояния Stress	6,8 [0,0; 6,8]	6,8 [0,0; 10,1]	6,0 [0,0; 10,1]
Вегетативный коэффициент Coefficient of autonomy	0,9 [0,8; 1,1]	1,0 [0,7; 1,1]	1,0 [0,9; 1,3]
Суммарное отклонение от аутогенной нормы Total deviation from reference values	8,0 [6,0; 16,0]	10,0 [7,0; 16,0]	10,0 [8,0; 17,0]

1-м этапе по показателю «Гетерономность – автономность» пловцы были автономны, независимы, активны. На 2-м этапе у них отмечается пассивность, склонность к зависимому положению от окружающих, спонтанному поведению, тогда как на 3-м этапе отмечалось относительное равновесие между этими показателями. По показателю «Концентричность – эксцентричность» сосредоточенность на собственных проблемах нарастает к середине пройденного пути и к завершению эстафеты идет поиск источника получения помощи. Показатель «Баланс личностных свойств» до заплыва характеризовался противоречивой и неустойчивой личностью, тогда как к окончанию эстафеты наблюдается противоположная динамика. Личностные качества сбалансированы. Показатель «Баланс вегетативной НС» свидетельствует о преобладании тонуса парасимпатической НС. Показатель «Работоспособность» на протяжении эстафетного заплыва практически не менялся. Спортсмены сохраняли способность поддержания организма в оптимальном рабочем состоянии. Показатель «Наличие стрессового состояния» показывает максимальное значение стресса к середине эстафеты, к финишу наблюдается снижение стресса. Показатель «Вегетативный коэффициент» свидетельствует о высокой мобилизации физических и психических ресур-

сов, высокой скорости ориентировки принятия решений и успешности действий. Показатель «Суммарное отклонение» показывает незначительный уровень непродуктивной нервно-психической напряженности. У спортсменов преобладала установка на активную деятельность, но при этом к острым ощущениям они не стремились.

Полученные данные свидетельствуют о том, что у спортсменов, занимающихся зимним плаванием и участвовавших в физкультурно-патриотическом мероприятии, – слабый тип нервной системы. В таком случае возникает вопрос, почему у людей, занимающихся зимним плаванием, преобладает слабый тип нервной системы? Возможно, при регулярном и систематическом воздействии холодной воды у спортсменов-«моржей» выработалось торможение нервных процессов, снижающих возбуждение, необходимое для того, чтобы переносить сверхсильные температурные перепады. Во-вторых, это можно связать с влиянием психологических установок, которые являются специфическим настроением психики, обеспечивающим синхронизацию личностных усилий, направленность сознания на выполнение требуемых действий [9]. А.Г. Асмолов характеризует понятие установки как многоуровневое образование, «стабилизатор деятельности», «фактор инерции поведения».

По его мнению, субъект сам создает в себе установку определенной деятельности, а объективный фактор установки – ситуация, созданная не извне, а как воображаемая, мысленная ситуация, представляющая собой продукт активности субъекта [1].

Полученные результаты психофизиологических характеристик свидетельствуют о том, что перед стартом спортсмены обладали большей автономностью, но при этом были сосредоточены на собственных проблемах. Личностные качества спортсменов на старте соответствовали противоречивой и неустойчивой личности. При этом наблюдалось преобладание тонуса парасимпатической НС. Можно предположить, что такое состояние способствовало предохранению организма от перенапряжения и стресса и давало возможность решить трудновыполнимую задачу – проплыть 555 км. На 2-м этапе отмечается пассивность, склонность к зависимому положению от окружающих и высокая вероятность к спонтанному поведению, нарастала сосредоточенность на собственных проблемах, но при этом баланс личностных качеств менялся на устойчивый. Вероятно, что у людей, занимающихся зимним плаванием, включаются механизмы саморегуляции и самоорганизации, сформированные в процессе регулярных тренировок в холодной воде, что позволяет личности оставаться более стабильной, сохранять свой потенциал в стрессовой ситуации. К финишу наблюдалась тенденция к восстановлению автономии, независимости и активности. Повышалось стремление к самоутверждению и успеху. Но вместе с тем появилась эксцентричность как способность проявлять вызывающую оригинальность. Личностные качества были в балансе и образовывали целостный комплекс. Наблюдалось смещение тонуса ВНС от парасимпатического регулирования в сторону вегетативного равновесия. Уровень работоспособности повышался, а уровень высокой мобилизации физических и психических ресурсов, высокой скорости ориентировки принятия решений и успешности действий – сохранялся.

При определении индекса ВИК наблюдалась смена вегетативных реакций с парасимпатической регуляцией на уравновешенность симпатических и парасимпатических влияний ВНС. Вероятно, все это связано с распределением адаптивных ресурсов организма. Известно, что ВНС включает два функционально

отличающихся отдела: симпатический и парасимпатический. Первый обеспечивает эрготропную регуляцию приспособления (способ, связанный с энергозатратами, принимает участие в процессах возбуждения), второй обеспечивает трофотропную регуляцию (накопление энергии, обеспечивает чувствительность).

Заключение. Проведенное исследование свидетельствует о том, что психофизиологические показатели спортсменов, с одной стороны, не выходили за пределы нормальных значений, с другой – на фоне слабого типа нервной системы наблюдались изменения субъективных характеристик личности и некоторых поведенческих реакций: смена показателей «концентричность» на «Экцентричность», «Автономность» на «Гетерономность», «Баланс личностных свойств» сменялся с личностной неустойчивости на сбалансированность личностных качеств. Такой тип поведения можно отнести к «мотивированному». Именно этот тип поведения поддерживается и регулируется лимбической системой [11]. При этом напряжение механизмов адаптации на длительное акватермическое воздействие на психофизиологическом уровне системы жизнеобеспечения не выходило за пределы нормальных значений даже на фоне высокого уровня заболеваемости спортсменов во время участия в эстафете, особенно на 2-м этапе. Следовательно, приспособительная способность организма к условиям нового географического региона, физических и психологических нагрузок, связанных с преодолением трудностей разного характера, способствовала не снижению, а, наоборот, оптимизации функционального состояния ВНС. По показателям «Вегетативный коэффициент» и «Суммарное отклонение» у спортсменов наблюдалась высокая мобилизация физических и психических ресурсов. Высокая скорость ориентировки, принятия решений и успешность действий показывают, что участники имеют высокие адаптационные возможности. Это подтверждается незначительным снижением показателя «Наличие стрессового состояния» на 2-м и 3-м этапах эстафетной дистанции.

Научная группа благодарит организаторов физкультурного мероприятия, Агаркова Андрея Александровича, а также Салмина Алексея Павловича – председателя Тюменской областной общественной организации «Федерация зимнего плавания» – за оказанную помощь в организации данного исследования.

Список литературы

1. Асмолов, А.Г. Установки личности и противоправное поведение / А.Г. Асмолов, В.Н. Иванченко, С.Н. Ениколопов // *Вопросы психологии*. – 1991. – № 2. – С. 45–55.
2. Динамика эмоционального состояния и физиологических параметров организма при длительном аква-термальном воздействии / Т.А. Фишер, С.А. Петров, Е.Л. Доценко, Ю.Г. Суховой // *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физ. культуры*. – 2018. – Т. 95. – № 3. – С. 57–62. DOI: 10.17116/kurort2018953557
3. Елисеев, О.П. Определение коэффициента функциональной асимметрии и свойств НС по психомоторным показателям. Практикум по психологии личности / О.П. Елисеев. – СПб., 2003. – С. 200–202.
4. Ермолаева, А.И. Вегетативная нервная система и вегетативные нарушения: учеб. пособие / А.И. Ермолаева, Г.А. Баранова. – Пенза: Пенз. гос. ун-т, 2015. – 39 с.
5. Психофизиологический и соматический статус спортсменов – участников кубка мира по зимнему плаванию / С.С. Колыванова, М.А. Пушникова, С.И. Литвиненко, Т.А. Фишер // *Личность в экстрем. условиях и кризис. ситуациях жизнедеятельности*. – 2020. – № 10. – С. 87–96.
6. Райгородский, Д.Я. Методика экспресс-диагностики свойств нервной системы по психомоторным показателям Е.П. Ильина (Теппинг-тест). Практическая психодиагностика. Методики и тесты / Д.Я. Райгородский. – Самара, 2001. – С. 528–530.
7. Сравнительная характеристика социально-психологического и психофизиологического статуса спортсменов и лиц, не занимающихся спортом / А.Б. Мулик, М.В. Постнова, Н.О. Назаров и др. // *Теория и практика физ. культуры*. – 2019. – № 9. – С. 41–43.
8. Тимофеев, В. Психодиагностика цветомпредпочтением. Краткое руководство практическому психологу по использованию цветового теста М. Люшера / В. Тимофеев, Ю. Филимоненко. – СПб.: Имятон, 1995. – 29 с.
9. Фишер, И.В. Роль психологических установок при обучении женщин стрельбе из табельного оружия / И.В. Фишер, Т.А. Фишер // *Психопедагогика в правоохранительных органах*. – 2020. – Т. 25, № 4 (83). – С. 446–451. DOI: 10.24411/1999-6241-2020-14012
10. Cold Water Swimming – Benefits and Risks: A Narrative Review / B. Knechtle, Z. Waśkiewicz, C.V. Souza et al. // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. – 2020. – № 17 (23). – P. 8984. DOI: 10.3390/ijerph17238984
11. Morrison, S.F. Central neural control of thermoregulation and brown adipose tissue / S.F. Morrison // *Autonomic Neuroscience*. – 2016. – Vol. 196. – P. 14–24.
12. Regular cold water swimming during winter time affects resting hematological parameters and serum erythropoietin / Chęcinska-Maciejewska Z., Niepolski L., Chęcinska A. et al. // *Journal of Physiology and Pharmacology*. – 2019. – No. 70 (5). – P. 747–756. DOI: 10.26402/jpp.2019.5.10

References

1. Asmolov A.G., Ivanchenko V.N., Enikolopov S.N. [Personal Attitudes and Misconduct]. *Voprosy psichologii* [Psychology Issues], 1991, no. 2, pp. 45–55. (in Russ.)
2. Fisher T.A., Petrov S.A., Dotsenko E.L., Suhovei Yu.G. [Dynamics of the Emotional State and Physiological Parameters of the Organism during Long-term Aqua-thermal Impact]. *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoy fizicheskoy kul'tury* [Problems of Balneology, Physiotherapy, and Exercise Therapy], 2018, no. 95 (3), pp. 57–62. (in Russ.) DOI: 10.17116/kurort2018953557
3. Eliseev O.P. *Opredelenie koefficienta funktsional'noy asimmetrii i svoystv nervnoy sistemy po psihomotornym pokazatelyam. Praktikum po psichologii lichnosti* [Determination of the Coefficient of Functional Asymmetry and Properties of the Nervous System by Psychomotor Indicators. Workshop on Personality Psychology]. St. Petersburg, 2003, pp. 200–202.
4. Ermolaeva A.I., Baranova G.A. *Vegetativnaya nervnaya sistema i vegetativnye narusheniya* [Autonomic Nervous System and Autonomic Disorders]. Penza, Penza State University Publ., 2015. 39 p.
5. Kolyvanova S.S., Pushnikova M.A., Litvinenko S.I., Fisher T.A. [Psychophysiological and Somatic Status of Athletes – Participants of Winter Swimming World Cup]. *Lichnost' v ekstremal'nykh usloviyakh i krizisnykh situatsiyakh zhiznedeyatel'nosti* [Personality in Extreme Conditions and Crisis Situations of Life], 2020, no. 10, pp. 87–96. (in Russ.)

6. Raygorodskiy D.Ya. *Metodika ekspress-diagnosticski svoystv nervnoy sistemy po psihomotornym pokazatelyam E.P.Ilyina (Tepping-test). Prakticheskaya psihodiagnostika. Metodiki i testy* [The Method of Express Diagnostics of the Properties of the Nervous System According to the Psychomotor Indicators by E.P. Ilyin (Tapping Test) Practical Psychodiagnosics. Techniques and Tests]. Samara, 2001, pp. 528–530.

7. Mulik A.B., Postnova M.V., Nazarov N.O. et al. [Gender-Specific Socio-Psychological and Psychophysical Profiles of Indigenous Sporting Versus Non-Sporting Groups]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2019, no. 9, pp. 41–43. (in Russ.)

8. Timofeev V., Filimonenko Yu. *Psihodiagnostika cvetopredpochteniem. Kratkoe rukovodstvo prakticheskomu psihologu po ispol'zovaniyu cvetovogo testa M. Lyushera* [Psychodiagnosics of Color Preference. A Short Guide to a Practical Psychologist on the Use of M. Luscher's Color Test]. St. Petersburg, Imaton Publ., 1995. 29 p.

9. Fisher I.V., Fisher T.A. [The Role of Psychological Attitudes in Teaching Women Firing Service Weapon]. *Psihopedagogika v pravoohranitel'nyh organah* [Psychopedagogy in Law Enforcement], 2020, vol. 25, no. 4 (83), pp. 446–451. (in Russ.) DOI: 10.24411/1999-6241-2020-14012

10. Knechtle B., Waśkiewicz Z., Coyza C.V. et al. Cold Water Swimming—Benefits and Risks: A Narrative Review. *International Journal Environment Research Public Health*, 2020, no. 17 (23), p. 8984. DOI: 10.3390/ijerph17238984

11. Morrison S.F. Central Neural Control of Thermoregulation and Brown Adipose Tissue. *Autonomic Neuroscience*, 2016, vol. 196, pp. 14–24.

12. Checinska-Maciejewska Z., Niepolski L., Checinska A. et al. Regular Cold Water Swimming During Winter Time Affects Resting Hematological Parameters and Serum Erythropoietin. *Journal of Physiology and Pharmacology*, 2019, no. 70 (5), pp. 747–756. DOI: 10.26402/jpp.2019.5.10

Информация об авторах

Фишер Татьяна Александровна, кандидат биологических наук, научный сотрудник, научная лаборатория, Тюменское высшее военно-инженерное командное училище им. маршала инженерных войск А.И. Прошлякова, Тюмень, Россия.

Бобрешова Светлана Сергеевна, младший научный сотрудник отдела методологии междисциплинарных исследований криосферы, Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, Тюмень, Россия; Научно-образовательный центр «Регион здоровья», Тюмень, Россия.

Яркин Антон Викторович, кандидат технических наук, директор, Научно-образовательный центр «Регион здоровья», Тюмень, Россия.

Information about the authors

Tatiana A. Fisher, Candidate of Biological Sciences, Researcher, scientific laboratory, Tyumen Higher Military Engineer Command School named after marshal of engineering troops A.I. Proshlyakov, Tyumen, Russia.

Svetlana S. Bobreshova, Junior Researcher, Department of Methodology for Interdisciplinary Research of the Cryosphere, Tyumen Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; Region Zdorovya (Region of Health) Scientific and Educational Centre, Tyumen, Russia.

Anton V. Yarkin, Candidate of Technical Sciences, Director of Region Zdorovya (Region of Health) Scientific and Educational Centre, Tyumen, Russia.

Статья поступила в редакцию 22.08.2023

The article was submitted 22.08.2023

СРАВНЕНИЕ СКОРОСТИ БЕГА НА ЛАКТАТНОМ АНАЭРОБНОМ ПОРОГЕ, УСТАНОВЛЕННОМ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ У БЕГУНОВ-ЛЮБИТЕЛЕЙ СО СРЕДНЕЙ СОРЕВНОВАТЕЛЬНОЙ СКОРОСТЬЮ НА ДИСТАНЦИЯХ 10 И 21,1 км

Т.С. Спирин, TSpirin@sfu-kras.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6904-9767>

Е.Л. Прокопьева, evgenia-prokopjeva@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6818-5780>

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Цель: выявить методы определения лактатного анаэробного порога (АнП), скорость бега на котором имеет наименьшее отличие от средних соревновательных скоростей бега на дистанциях 10 и 21,1 км у бегунов-любителей. **Материалы и методы.** В исследовании принимали участие 24 бегуна-любителя, которые прошли ступенчатый тест с возрастанием скорости бега до отказа испытуемого от продолжения работы. АнП определен по динамике накопления лактата тремя методами (Dmax, модифицированный Dmax (Dmod) и по фиксированному значению концентрации лактата 4 ммоль/л). Через 1–4 месяца после тестирования спортсмены принимали участие в забегах на дистанциях 10 и 21,1 км, где определялись средние соревновательные скорости. **Результаты.** У бегунов-любителей между значениями скорости бега на АнП, установленными различными методами, значениями скорости бега на отказе от продолжения тестирования и значениями соревновательной скорости на дистанциях 10 и 21,1 км установлена очень сильная взаимосвязь. **Заключение.** Скорость бега на АнП, установленная методом Dmax в тесте с повышением скорости до отказа испытуемого, имеет наименьшее отличие ($0,04 \pm 0,86$ км/ч, $n = 15$) от средней соревновательной скорости бега на дистанции 21,1 км. Скорость бега на АнП, установленная методом Dmod, имеет наименьшее отличие ($-0,42 \pm 0,53$ км/ч, $n = 11$) от средней соревновательной скорости бега на дистанции 10 км.

Ключевые слова: анаэробный порог, порог анаэробного обмена, бег на выносливость, ПАНО

Для цитирования: Спирин Т.С., Прокопьева Е.Л. Сравнение скорости бега на лактатном анаэробном пороге, установленном различными методами у бегунов-любителей со средней соревновательной скоростью на дистанциях 10 и 21,1 км // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 4. С. 14–22. DOI: 10.14529/hsm230402

Original article
DOI: 10.14529/hsm230402

COMPARISON RUNNING SPEED AT LACTATE ANAEROBIC THRESHOLD ASSESSED BY VARIOUS METHODS IN RECREATIONAL RUNNERS WITH AN AVERAGE COMPETITIVE SPEED AT DISTANCES 10 AND 21.1 km

T.S. Spirin, TSpirin@sfu-kras.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6904-9767>

E.L. Prokopjeva, evgenia-prokopjeva@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6818-5780>

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

Abstract. Aim. To identify methods for determining anaerobic threshold (AnT), the running speed at which has the smallest difference from the average competitive running speeds at distances of 10 and 21.1 km among recreational runners. **Materials and methods.** The study involved 24 recreational runners after an incremental test until exhaustion. The AnT was measured by lactate levels using three methods (Dmax, modified Dmax (Dmod), and a lactate concentration of 4 mmol/L). 1–4 months after the test, athletes performed at distances of 10 and 21.1 km, where average competitive speeds were obtained. **Results.** For recreational runners, there is a very strong correlation between the running speed at AnT values determined by

various methods, the speed values on refusal to continue testing, and the competitive speed values at distances of 10 and 21.1 km. **Conclusion.** Running speed at AnT assessed by Dmax method in test with an increase speed to failure of subject has the smallest difference (0.04 ± 0.86 km/h, $n = 15$) from average competitive running speed of 21.1 km. Running speed at AnT did entification by modified Dmax (Dmod) method has the smallest difference (-0.42 ± 0.53 km/h, $n = 11$) from average competitive running speed of 10 km.

Keywords: anaerobic threshold, lactate threshold, Dmax, endurance running

For citation: Spirin T.S., Prokopjeva E.L. Comparison running speed at lactate anaerobic threshold assessed by various methods in recreational runners with an average competitive speed at distances 10 and 21.1 km. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(4):14–22. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230402

Введение. Аэробная выносливость в беге характеризуется несколькими показателями, среди которых важное значение имеет скорость бега на анаэробном пороге (АнП) [7]. АнП известен в отечественной литературе как порог анаэробного обмена (ПАНО) [1–4].

В настоящее время относительно доступным методом определения АнП без дорогостоящего и сложного в обслуживании газометрического оборудования является тест с повышающейся нагрузкой с определением концентрации лактата в крови [1, 7].

Самый простой способ определения АнП по достижении концентрации лактата 4 ммоль/л (LT4) во время тестирования с повышением скорости/мощности, получивший широкое распространение в практике спорта, не обеспечивает должную точность в индивидуальных случаях [7, 13]. Одним из наиболее ранних свидетельств этого является исследование Н. Stegmann и W. Kindermann (1982), в котором на 19 тренированных гребцах было показано, что попытка выполнить упражнение продолжительностью 50 минут с мощностью, соответствующей концентрации лактата 4 ммоль/л, в ступенчатом тесте была удачной лишь в 4 случаях, в 15 случаях испытуемые смогли удержать данную мощность от 5 до 25 мин [13].

Среди более чем двух десятков способов определения АнП по динамике накопления лактата можно выделить метод Dmax [5], а также его модифицированную версию – Dmod [8, 10, 14]. Данные методы позволяют объективно определить момент времени (и соответствующую интенсивность нагрузки), после которого начинается быстрая фаза роста концентрации лактата. Методы Dmax и Dmod имеют широкое применение в практике тестирования аэробных возможностей спортсменов [6, 8–10, 12, 14].

Определение уровня АнП позволяет определить границу по интенсивности упраж-

нения между зонами с медленным и быстрым ростом вклада анаэробной гликолитической энергосистемы в общую энергопродукцию организма. Это позволяет нормировать направленность тренировок, выделяя преимущественно аэробные или смешанные аэробно-анаэробные виды тренировок [2, 4].

В обзоре О. Faude и соавт. (2009) на основании десятков экспериментальных исследований продемонстрировано, что существует сильная или очень сильная взаимосвязь между интенсивностью АнП и результатами соревнований на средние и длинные дистанции [7]. Однако не удалось найти сведений о сравнении соревновательных скоростей бега и скорости АнП, определённой методами Dmax и Dmod. Кроме того, зачастую существует запрос со стороны спортсменов и тренеров на прогнозирование результатов забегов по данным тестирования аэробных возможностей бегуна. По нашему мнению, существует необходимость сравнить соревновательные скорости бегунов и значения скорости бега на АнП, установленной различными методами, с целью приблизительного прогнозирования соревновательных скоростей бега по данным тестирования аэробных возможностей.

Цель: выявить методы определения лактатного АнП, скорость бега на котором имеет наименьшее отличие от средних соревновательных скоростей бега на дистанциях 10 и 21,1 км у бегунов-любителей.

Материалы и методы. В исследовании участвовали 24 бегуна-любителя: 9 женщин (средний возраст $32,3 \pm 3,9$ года, средняя масса тела $56,9 \pm 3,8$ кг) и 15 мужчин (средний возраст $34,1 \pm 3,8$ года, средняя масса тела $74,6 \pm 15,1$ кг). Все испытуемые на момент прохождения тестирования имели опыт регулярных беговых тренировок не менее 1,5 лет. Испытуемые прошли тест со ступенчато возрастающей скоростью бега на беговой дорожке Pro-Form Power 995i с уклоном 1 %, бег

продолжался до отказа испытуемого от продолжения работы. Начальная скорость – 6 км/ч, скорость повышалась каждые 4 минуты на 2 км/ч. В случае если испытуемый не мог пробежать последнюю ступень 4 минуты, скорость бега на отказе от продолжения тестирования (v_{max}) рассчитывалась по зависимости [3]:

$$v_{max} = v_{n-1} + \frac{(v_n - v_{n-1})t_n}{k},$$

где v_n – скорость бега на последней ступени, км/ч; v_{n-1} – скорость бега на предпоследней ступени теста, км/ч; t_n – время бега на последней ступени, с; k – планируемая продолжительность ступени в тесте, с (240 с). В случае если АНП фиксировался не точно в момент окончания ступени, значение скорости АНП, рассчитывалось таким же образом.

Образец капиллярной крови анализировался при помощи анализатора Nova Lactate plus (sport) (США). Кровь для анализа получали непосредственно перед тестированием, каждый раз перед повышением скорости и сразу после завершения работы из дистальной фаланги безымянного пальца.

В результате тестирования были рассчитаны следующие показатели аэробных возможностей: скорость бега на АНП, установленная методом Dmax; скорость бега на АНП, установленная методом Dmod; скорость бега на АНП, установленная методом LT4; ско-

рость бега на отказе от продолжения тестирования v_{max} .

Образец расчёта АНП различными методами по динамике лактата приведён на (рис. 1).

Метод Dmax заключается в том, что уровень АНП определяется графически или аналитически по абсциссе точки пересечения полинома третьей степени, аппроксимирующего лактатные измерения, с наиболее длинным перпендикуляром, проведенным от прямой, соединяющей начальную и конечную точку лактатной кривой [5]. Модифицированный метод Dmax (Dmod) отличается от метода Dmax тем, что в качестве начальной точки прямой используется точка, после которой концентрация лактата возрастает на 0,4 ммоль/л или больше [12]. Скорость бега на АНП методом LT4 определялась по абсциссе точки с концентрацией лактата 4 ммоль/л.

Через 1–4 месяца после тестирования спортсмены принимали участие в забегах на дистанциях 10 км ($n = 11$) и 21,1 км ($n = 15$), на которых определялись средние соревновательные скорости бега v_{10} и v_{21} , соответственно. Соревнования проводились на шоссе, перепад высот на дистанции не превышал 10 м. Двое из 24 спортсменов участвовали в забегах на обеих дистанциях.

Визуальное представление отличия скоростей бега на АНП, определённых различными методами, от средних соревновательных

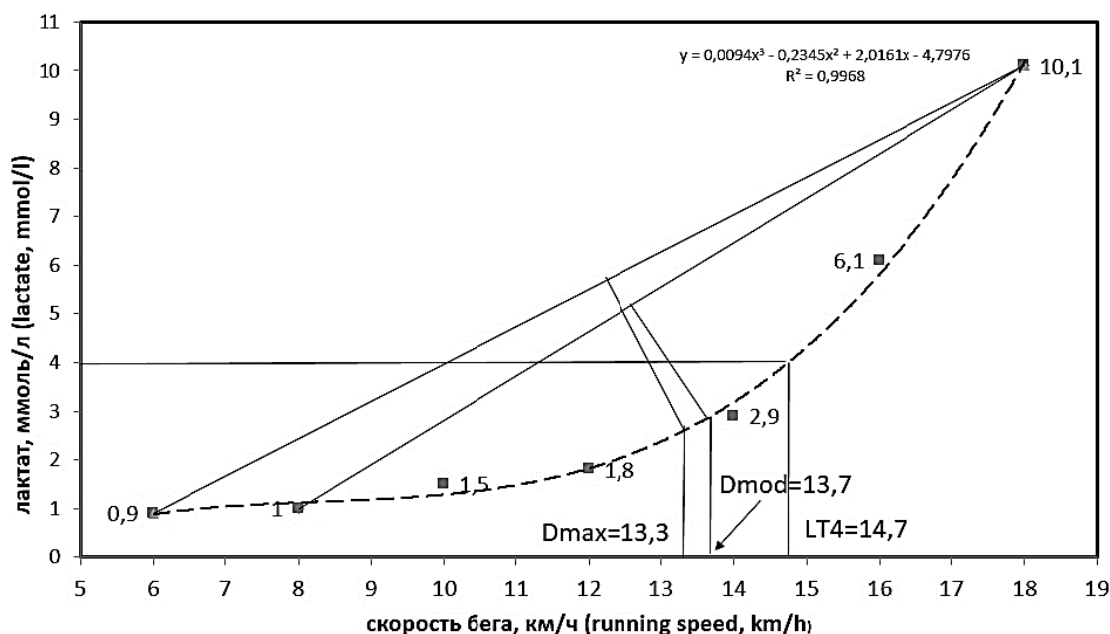


Рис. 1. Пример определения АНП различными методами по динамике лактата
Fig. 1. An example of the determination of AnT by various lactate methods

скоростей на дистанциях 10 и 21,1 км рассчитывалось методом Блэнда – Алтмана. Диаграмма Блэнда – Алтмана в нашем случае представляет зависимость *разности* между значениями скорости бега на АнП и соревновательной скорости от среднего арифметического значения между скоростью бега на АнП и соревновательной скоростью. На диаграммах Блэнда – Алтмана представлена средняя разность между значениями скоростей бега на АнП и значениями средних соревновательных скоростей, а также границы 95 % доверительного интервала разброса значений этой разности. Дополнительно на диаграммах были построены линии тренда, показывающие тенденцию изменения разности между значением скорости бега на АнП и значением средней соревновательной скорости в зависимости от среднего значения этих скоростей.

Метод определения скорости бега на АнП, имеющий наименьшее отличие от средних соревновательных скоростей, выявлялся по наименьшей средней разности, а также по наименьшему стандартному отклонению *разности* этих скоростей.

Ввиду малых размеров выборок коэффициенты корреляции определялись по Спирмену, статистическая значимость отличий определялась при помощи U-критерия Манна – Уитни. Все расчёты и графические построения выполнены в MS Excel.

Результаты. Результаты тестирования и соревновательных забегов участников нашего исследования представлены в табл. 1, 2.

Наши результаты (см. табл. 2) согласуются с данными исследования I. Arratibel-Imaz и соавт. (2015) на тренированных спортсменах ($n = 162$) различных методов определения АнП, в котором показано, что метод LT4 статистически значимо превышает уровень АнП относительно 10 других методов определения АнП (в том числе Dmax) [9]. Однако в нашем случае отличия между различными методами определения АнП статистически не значимы, вероятно, из-за сильно различающегося уровня спортивной подготовленности в выборке бегунов-любителей.

В табл. 3 представлены коэффициенты корреляции между скоростями бега на различных дистанциях и показателями аэробной выносливости, полученными в результате тестирования аэробных возможностей бегунов.

В табл. 3 показано: у бегунов-любителей между значениями скорости бега на АнП, установленной различными методами, значениями скорости бега на отказе от продолжения работы и значениями соревновательной скорости на дистанциях 10 и 21,1 км установлена очень сильная взаимосвязь.

Наши расчёты, показанные в табл. 3, согласуются с данными исследования К. Roesser и соавт. (1998) на 427 бегунах [11],

Таблица 1
Table 1

Скорость бега на АнП ($M \pm SD$), установленная различными методами (Dmod, Dmax, LT4), скорость бега на отказе от продолжения тестирования v_{max} и средняя скорость на дистанции 10 км v_{10} , км/ч ($n = 11$)
Running speed at AnT ($M \pm SD$) obtained with various methods (Dmod, Dmax, LT4), running speed at exhaustion (v_{max}), and average competitive speed at 10 km (v_{10}), km/h ($n = 11$)

Dmod, км/ч (km/h)	Dmax, км/ч (km/h)	LT4, км/ч (km/h)	v_{max} , км/ч (km/h)	v_{10} , км/ч (km/h)
13,2 ± 2,4	12,8 ± 2,3	13,0 ± 3,0	15,6 ± 2,6*	13,6 ± 2,7

Примечание. Здесь и в табл. 2 * – статистически значимое отличие от остальных рядов ($p < 0,05$).
Note. Here and in the table 2 * – significant difference ($p < 0.05$).

Таблица 2
Table 2

Скорость бега на АнП ($M \pm SD$), установленная различными методами (Dmod, Dmax, LT4), скорость бега на отказе от продолжения тестирования v_{max} и средняя скорость на дистанции 21,1 км v_{21} , км/ч ($n = 15$)
Running speed at AnT ($M \pm SD$) obtained with various methods (Dmod, Dmax, LT4), running speed at exhaustion (v_{max}), and average competitive speed at 21 km (v_{21}), km/h ($n = 15$)

Dmod, км/ч (km/h)	Dmax, км/ч (km/h)	LT4, км/ч (km/h)	v_{max} , км/ч (km/h)	v_{21} , км/ч (km/h)
13,4 ± 2,4	12,9 ± 2,3	14,0 ± 2,5	15,9 ± 2,9*	12,9 ± 2,7

Кoeffициенты корреляции ($p < 0,01$) между средней соревновательной скоростью и скоростью бега на АНП, установленной различными методами (Dmax, Dmod, LT4), а также скоростью бега на отказе от продолжения тестирования v_{max}
Correlation coefficients ($p < 0.01$) between the average competitive speed and the running speed of AnT obtained with various methods (Dmax, Dmod, LT4) or running speed at exhaustion (v_{max})

	Средняя скорость на дистанции Average competitive speed	Dmod	Dmax	LT4	v_{max}
11	v_{10}	0,98	0,91	0,96	0,96
15	v_{21}	0,97	0,98	0,98	0,97

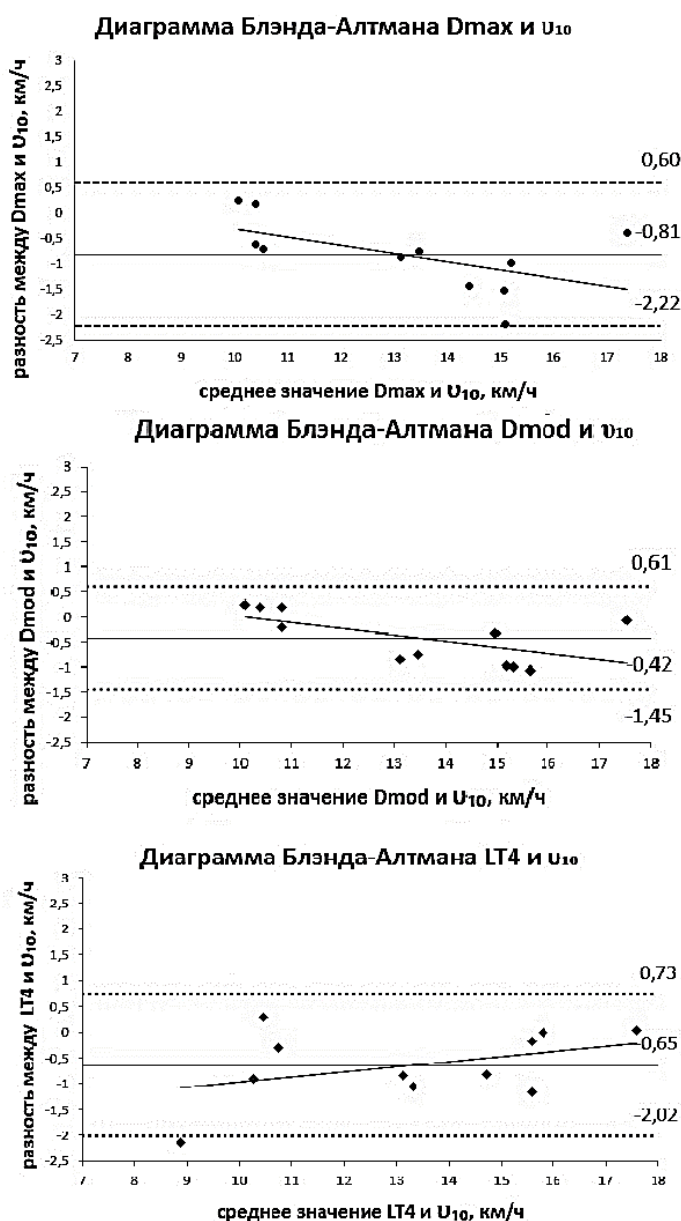


Рис. 2. Диаграммы Блэнда – Алтмана для АНП, установленного различными методами и средней соревновательной скорости бега на дистанции 10 км ($n = 11$)

Fig. 2. Bland – Altman plots for AnT values obtained with various methods and the average competitive speed at 10 km ($n = 11$)

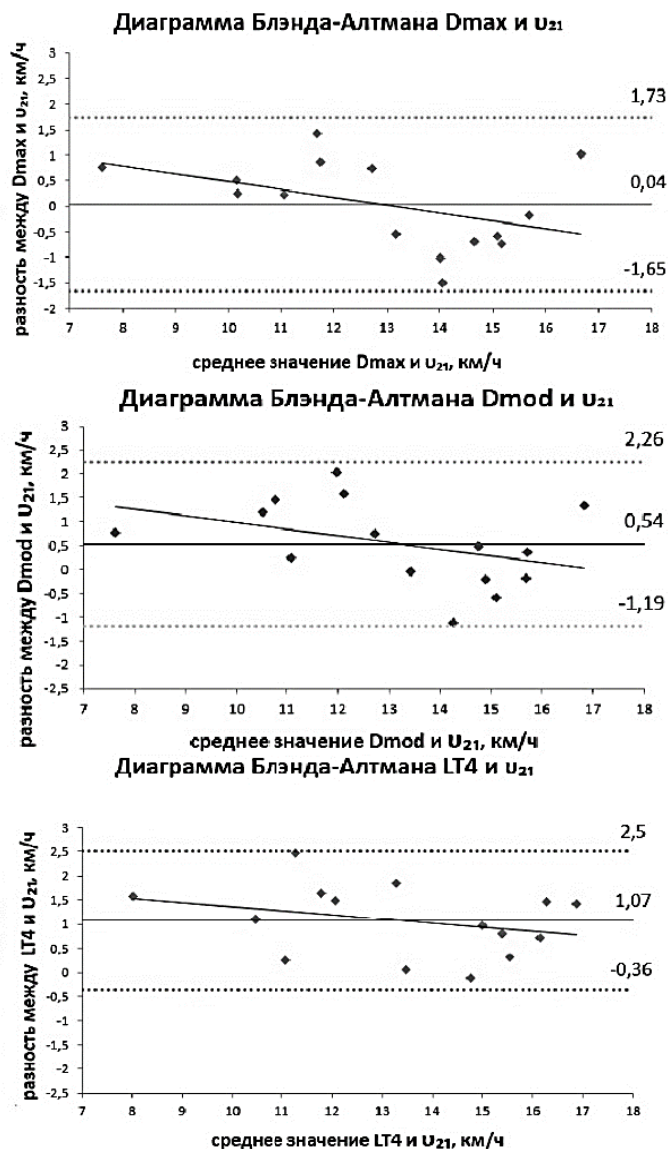


Рис. 3 Диаграммы Блэнда – Алтмана для АнП, установленного различными методами и средней соревновательной скорости бега на дистанции 21,1 км (n = 15)
Fig. 3. Bland – Altman plots for AnT values obtained with various methods and the average competitive speed at 21.1 km (n = 15)

данными обзора O. Faude и соавт. (2009) [7], а также исследованием S.P. Tokmakidis и соавт. (1998) [15].

По нашему мнению, для ранжирования спортсменов по предполагаемому результату достаточно определения только показателя скорости бега на отказе от продолжения тестирования v_{\max} , что не требует лактатных измерений, но требует проведения максимального теста.

Для того чтобы сравнить среднюю соревновательную скорость на дистанциях 10 и 21,1 км со значением скорости АнП, нами были построены диаграммы Блэнда – Алтмана. Результаты представлены на рис. 2, 3.

На рис. 2 видно, что скорость бега на АнП, установленная методом Dmod, имеет наименьшее отличие ($-0,42 \pm 0,53$ км/ч, $M \pm SD$) от средней соревновательной скорости бега на дистанции 10 км по сравнению со скоростью бега на АнП, установленной другими методами.

На рис. 3 видно, что скорость бега на АнП, установленная методом Dmax, имеет наименьшее отличие ($0,04 \pm 0,86$ км/ч, $M \pm SD$) от средней соревновательной скорости бега на 21,1 км по сравнению со скоростью бега на АнП, установленной другими методами.

Метод LT4 имеет большее отличие скорости бега на АнП от средней соревновательной скорости бега, чем методы Dmax и Dmod

(см. рис. 2 и 3), вероятно, из-за того, что метод LT4 не учитывает индивидуальные особенности динамики накопления лактата [7].

По отрицательному показателю наклона линий тренда (см. рис. 2, 3) можно отметить, что по мере увеличения спортивного уровня бегунов (увеличения значения скорости по оси абсцисс) видна тенденция к уменьшению разности между значением скорости бега на АНП, установленной методами Dmax и Dmod и значением средней соревновательной скорости бега. Аналогичная тенденция по разности между скоростью/мощностью работы на АНП, установленной методом Dmax, и скоростью/мощностью на максимальном устойчи-

вом состоянии по лактату (MLSS) установлена в исследовании L. Zwingmann и соавт. (2019) на 17 велосипедистах и 18 бегунах [10]. Однако данное наблюдение требует проверки на большей выборке данных.

Заключение. Наименьшее отличие ($-0,42 \pm 0,53$ км/ч, $M \pm SD$) от средней соревновательной скорости бега на дистанции 10 км среди бегунов-любителей имеет скорость бега на АНП, установленная методом Dmod. Наименьшее отличие ($0,04 \pm 0,86$ км/ч, $M \pm SD$) от средней соревновательной скорости бега на дистанции 21,1 км среди бегунов-любителей имеет скорость бега на АНП, установленная методом Dmax.

Список литературы

1. Бреслав, И.С. Дыхание и мышечная активность человека в спорте: руководство для изучающих физиологию человека: текст / И.С. Бреслав, Н.И. Волков, Р.В. Тамбовцева. – М.: Совет спорт, 2013. – 336 с.
2. Волков, Н.И. Биоэнергетика спорта: монография / Н.И. Волков, В.И. Олейников. – М.: Совет спорт, 2011. – 160 с.
3. Попов, Д.В. Физиологические основы оценки аэробных возможностей и подбора тренировочных нагрузок в лыжном спорте и биатлоне / Д.В. Попов, А.А. Грушин, О.Л. Виноградова. – М.: Совет спорт, 2014. – 80 с.
4. Тамбовцева, Р.В. Состояние метаболизма при напряженной мышечной деятельности спортсменов циклических видов спорта / Р.В. Тамбовцева, Ю.Л. Войтенко, В.П. Орел. – М.: ТВИ Дивизион, 2017. – 120 с.
5. A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds / B. Cheng, H. Kuipers, A.C. Snyder et al. // *International journal of sports medicine*. – 1992. – No. 13. – P. 518–522. DOI: 10.1055/s-2007-1021309
6. Comparison of maximal lactate steady state with anaerobic threshold determined various methods based on graded exercise test with 3-min stages in elite cyclists / K. Ploszczyca, D. Jazic, Z. Piotrowicz et al. // *BMC sports science, medicine and rehabilitation*. – 2020. – No. 12. – P. 70. DOI: 10.1186/s13102-020-00219-3
7. Faude, O. Lactate threshold concepts, how valid are they? / O. Faude, W. Kindermann, T. Meyer // *Sports medicine*. – 2009. – Vol. 39, No 6. – P. 469–490. DOI: 10.2165/00007256-200939060-00003
8. Fell, J.W. The modified D-max is a valid lactate threshold measurement in veteran cyclists / J.W. Fell // *Journal of science and medicine in sport*. – 2008. – No. 11. – P. 460–463. DOI: 10.1016/j.jsams.2007.07.012
9. Lack of concordance amongst measurements of individual anaerobic threshold and maximal lactate steady state on a cycle ergometer / I. Arratibel-Imaz, J.C. Gonzalez, J.I. Emparanza, N. Terrados // *The physician and sportsmedicine*. – 2015. – No. 44 (1). – P. 34–45. DOI: 10.1080/00913847.2016.1122501
10. Modifications of the Dmax method in comparison to the maximal lactate steady state in young male athletes / L. Zwingmann, S. Strutt, A. Martin et al. // *The physician and sportsmedicine*. – 2019. – Vol. 47, No. 2. – P. 174–181. DOI: 10.1080/00913847.2018.1546103
11. Predicting competition performance in long-distance running by means of a treadmill test / K. Roecker, O. Schotte, A.M. Niess et al. // *Medicine & Science in Sports & Exercise*. – 1998. – Vol. 30, No. 12. – P. 1750. DOI: 10.1097/00005768-199810000-00014
12. Standardization of the Dmax method for calculating the second lactate threshold / S. Chalmers, A. Esterman, R. Eston, K. Norton // *International journal of sports physiology and performance*. – 2015. – No. 10 (7). – P. 921–926. DOI: 10.1123/ijsp.2014-0537

13. Stegmann H. Comparison of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ lactate / H. Stegmann, W. Kindermann // *International journal of sports medicine*. – 1982. – No. 3. – P. 105–110. DOI: 10.1055/s-2008-1026072

14. The modified Dmax method is reliable to predict the second ventilatory threshold in elite cross-country skiers / N. Fabre, F. Balestreri, B. Pellegrini, F. Schena // *Journal of strength and conditioning research*. – 2010. – Vol. 24, No. 6. – P. 1546–1552. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181dc450a.

15. Tokmakidis, S.P. Failure to obtain a unique threshold on the blood lactate concentration curve during exercise / S.P. Tokmakidis, L.A. Léger, T.C. Piliandis // *European journal of applied physiology*. – 1998. – Vol. 77, No. 4. – P. 333–342. DOI: 10.1007/s004210050342

References

1. Breslav I.S., Volkov N.I., Tambovtseva R.V. *Dykhaniye i myshechnaya aktivnost' cheloveka v sporte: rukovodstvo dlya izuchayushchikh fiziologiyu cheloveka* [Breathing and Human Muscular Activity in Sports. A Guide for Students of Human Physiology]. Moscow, Soviet Sport Publ., 2013. 336 p.

2. Volkov N.I., Oleynikov V.I. *Bioenergetika sporta: monografiya* [Bioenergy of Sports]. Moscow, Soviet Sport Publ., 2011. 160 p.

3. Popov D.V., Grushin A.A., Vinogradova O.L. *Fiziologicheskiye osnovy otsenki aerobnykh vozmozhnostey i podbora trenirovochnykh nagruzok v lyzhnom sporte i biatlone* [Physiological Foundations for Assessing Aerobic Capabilities and Selecting Training Loads in Skiing and Biathlon]. Moscow, Soviet Sport Publ., 2014. 80 p.

4. Tambovtseva R.V., Voytenko Yu.L., Orel V.R. *Sostoyaniye metabolizma pri napryazhennoy myshechnoy deyatel'nosti sportsmenov tsiklicheskih vidov sporta* [The State of Metabolism During Intense Muscular Activity of Athletes of Cyclic Sports]. Moscow, TVT Divizion Publ., 2017. 120 p.

5. Cheng B., Kuipers H., Snyder A.C. et al. A New Approach for the Determination of Ventilatory and Lactate Thresholds. *International Journal of Sports Medicine*, 1992, no. 13, pp. 518–522. DOI: 10.1055/s-2007-1021309

6. Ploszczyca K., Jazic D., Piotrowicz Z. et al. Comparison of Maximal Lactate Steady State with Anaerobic Threshold Determined Various Methods Based on Graded Exercise Test with 3-min Stages in Elite Cyclists. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 2020, no. 12, p. 70. DOI: 10.1186/s13102-020-00219-3

7. Faude O., Kindermann W., Meyer T. Lactate Threshold Concepts, how Valid are They? *Sports Medicine*, 2009, vol. 39, no. 6, pp. 469–490. DOI: 10.2165/00007256-200939060-00003

8. Fell J.W. The Modified D-max is a Valid Lactate Threshold Measurement in Veteran Cyclists. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2008, no. 11, pp. 460–463. DOI: 10.1016/j.jsams.2007.07.012

9. Arratibel-Imaz I., Gonzalez J.C., Emparanza J.I., Terrados N. Lack of Concordance Amongst Measurements of Individual Anaerobic Threshold and Maximal Lactate Steady State on a Cycle Ergometer. *The Physician and Sports Medicine*, 2015, no. 44 (1), pp. 34–45. DOI: 10.1080/00913847.2016.1122501

10. Zwingmann L., Strutt S., Martin A. et al. Modifications of the Dmax Method in Comparison to the Maximal Lactate Steady State in Young Male Athletes. *The Physician and Sports Medicine*, 2019, vol. 47, no. 2, pp. 174–181. DOI: 10.1080/00913847.2018.1546103

11. Roecker K., Schotte O., Niess A.M. et al. Predicting Competition Performance in Long-Distance Running by Means of a Treadmill Test. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1998, vol. 30, no. 12, p. 1750. DOI: 10.1097/00005768-199810000-00014

12. Chalmers S., Esterman A., Eston R., Norton K. Standardization of the Dmax Method for Calculating the Second Lactate Threshold. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2015, no. 10 (7), pp. 921–926. DOI: 10.1123/ijspp.2014-0537

13. Stegmann H., Kindermann W. Comparison of Prolonged Exercise Tests at the Individual Anaerobic Threshold and the Fixed Anaerobic Threshold of $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ Lactate. *International Journal of Sports Medicine*, 1982, no. 3, pp. 105–110. DOI: 10.1055/s-2008-1026072

14. Fabre N., Balestreri F., Pellegrini B., Schena F. The Modified Dmax Method is Reliable to Predict the Second Ventilatory Threshold in Elite Cross-Country Skiers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2010, vol. 24, no. 6, pp. 1546–1552. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181dc450a

15. Tokmakidis S.P., Léger L.A., Piliandis T.C. Failure to Obtain a Unique Threshold on the Blood Lactate Concentration Curve During Exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 1998, vol. 77, no. 4, pp. 333–342. DOI: 10.1007/s004210050342

Информация об авторах

Спирин Тимур Сергеевич, магистрант Института физической культуры, спорта и туризма, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия.

Прокопьева Евгения Леонидовна, доктор экономических наук, профессор кафедры финансов и управления рисками, Институт экономики, государственного управления и финансов, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия.

Information about the authors

Timur S. Spirin, Master's student, Department of Theoretical Foundations and Management of Physical Education and Tourism, School of Physical Education, Sport and Tourism, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.

Evgenija L. Prokopjeva, Doctor of Economic Sciences, Professor of the Department of Finances and Risk Management, School of Economics, Finance and Public Administration, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.

Вклад авторов:

Спирин Т.С. – проведение тестов в Красноярске и Абакане, написание первоначального варианта статьи, работа с источниками информации;

Прокопьева Е.Л. – организация тестирований в Абакане, статистические расчёты.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

Spirin T.S. – conducting tests in Krasnoyarsk and Abakan, writing the initial version of the article, literature review;

Prokopjeva E.L. – organization of testing in Abakan, statistical calculations.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 29.08.2023

The article was submitted 29.08.2023

Научная статья
УДК 612.017:796.12.6
DOI: 10.14529/hsm230403

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НА СОСТОЯНИЕ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗМА

Ю.В. Болдырева, tgma.06@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3276-7615>

Д.Г. Губин, dgubin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2028-1033>

Тюменский государственный медицинский университет, Тюмень, Россия

Аннотация. Цель: установить влияние физической активности на состояние иммунной системы организма. **Материалы и методы.** Выполнен ретроспективный анализ отечественной и зарубежной научной литературы, предоставленной в электронных базах данных PubMed, Google scholar, CyberLeninka, eLibrary, посвященной влиянию физической активности на состояние иммунной системы организма. Полученные данные проанализированы, систематизированы, обобщены. **Результаты.** Установлено, что регулярная средней степени интенсивности физическая нагрузка поддерживает и улучшает функциональное состояние иммунной системы. Физическую активность стоит рассматривать как фактор, предупреждающий развитие ряда соматических заболеваний. **Заключение.** Физическая активность является биологическим стимулом, который способствует морфофункциональному развитию органов и систем организма человека.

Ключевые слова: физическая активность, физическая нагрузка, аэробные нагрузки, анаэробные нагрузки, гиподинамия, иммунная система, иммунитет

Для цитирования: Болдырева Ю.В., Губин Д.Г. Влияние физической активности на состояние иммунной системы организма // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 4. С. 23–30. DOI: 10.14529/hsm230403

Original article
DOI: 10.14529/hsm230403

THE EFFECT OF PHYSICAL ACTIVITY ON THE IMMUNE SYSTEM

Yu.V. Boldyreva, tgma.06@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3276-7615>

D.G. Gubin, dgubin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2028-1033>

Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia

Abstract. Aim. To establish the effect of physical activity on the immune system. **Materials and methods:** the study provides a retrospective review of Russian and foreign scientific publications from electronic databases, namely PubMed, Google scholar, Cyberleninka, and eLibrary, about the effect of physical activity on the immune system. The results obtained were subject to analysis, systemic representation, and summary. **Results.** The study shows that regular, moderate-intensity physical activity maintains and enhances the performance of the immune system. Physical activity should be considered to prevent the development of a number of somatic diseases. **Conclusion.** Physical activity is a biological stimulus that contributes to the morphofunctional development of organs and systems in the human body.

Keywords: physical activity, exercise, aerobic exercise, anaerobic exercise, physical inactivity, immune system, immunity

For citation: Boldyreva Yu.V., Gubin D.G. The effect of physical activity on the immune system. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(4):23–30. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230403

Введение. Термины «общая физическая активность» и «физические упражнения» часто употребляют как синонимы. Однако это не совсем так. Под общей физической активностью понимают любое перемещение в пространстве, продуцирующее активность скелетной мускулатуры и расход энергии, в то время как упражнения являются спланированной, структурированной и регулярно повторяющейся физической активностью [2]. Гиподинамия представляет собой ослабление мышечной деятельности, обусловленное сидячим образом жизни и ограничением двигательной активности. По данным ВОЗ принято выделять 3 основных вида источников гиподинамии: индивидуальные факторы, факторы микросреды и факторы макросреды. Особенно опасным считается комбинация всех трех групп факторов.

В настоящее время проблема гиподинамии очень актуальна. Необходимо повышать мотивацию населения к увеличению физической активности, поясняя ее влияние на функцию органов и систем организма. В связи с этим представленная работа является актуальной.

Цель: установить влияние физической активности на состояние иммунной системы организма.

Материалы и методы. Выполнен ретроспективный анализ отечественной и зарубежной научной литературы, предоставленной в электронных базах данных PubMed, Google scholar, CyberLeninka, eLibrary, посвященной влиянию физической активности на состояние иммунной системы организма. Полученные данные проанализированы, систематизированы, обобщены.

Результаты и обсуждение. Гиподинамия – болезнь современного человека. Гиподинамию еще называют оборотной стороной прогресса. Считается, что наиболее пагубны последствия гиподинамии для детей [1]. В работах по возрастной физиологии сказано, что с приходом ребенка в школу наблюдается снижение двигательной активности практически в 2 раза. При отсутствии адекватной организации режима дня, включающего физические упражнения, это приводит не только к отставанию в развитии от своих сверстников, но и к более частым заболеваниям, нарушениям осанки и опорно-двигательной функции. По данным А.Г. Сухарева, в период обучения в школе дефицит двигательной активности

приводит к ухудшению адаптации сердечно-сосудистой системы учащихся к стандартной физической нагрузке, снижению показателей жизненной емкости легких, становой силы, появлению избыточной массы тела за счет накопления жировой массы, повышению уровня холестерина в крови, снижению общей неспецифической резистентности организма.

Однако прежде чем говорить об уменьшении двигательной активности у конкретного индивида, следует установить ее наличие. С этой целью используют следующие методы:

- 1) оценка данных хронометража, выполненного за сутки работы;
- 2) оценка показателей затрат энергии (непрямая калориметрия);
- 3) подсчет энергетического баланса.

После того как доказано наличие гиподинамии, решается вопрос о повышении уровня двигательной активности. Активизация двигательного режима различными физическими упражнениями совершенствует функции систем, регулирующих кровообращение, улучшает сократительную способность миокарда и кровообращение, снижает гипоксию, т. е. предупреждает и устраняет проявления большинства факторов риска различных соматических заболеваний.

У нетренированного человека сердце изнашивается быстрее, так как оно в минуту совершает большее число сокращений, тем самым потребляя больше питательных веществ. У спортсменов число сердечных сокращений достигает 50, 40, а то и меньше при норме 60–80 уд./мин. Следовательно, изнашивается такое сердце гораздо медленнее. У тренированного организма метаболизм протекает медленнее обычного, организм работает экономичнее, тем самым это способствует увеличению продолжительности жизни и в целом тормозит процесс старения.

При выполнении физических упражнений важным фактором является выполнение комплекса релаксирующих мероприятий, который будет способствовать не только оптимизации церебрального кровообращения, но и профилактике развития артериальной гипертензии. Подобное было продемонстрировано в исследовании с участием студентов. После учебных занятий обучающимися были выполнены упражнения релаксирующего комплекса (дыхательные упражнения, мышечная релаксация), это способствовало немедикаментозной профилактике развития артериаль-

ной гипертензии, поскольку физические нагрузки обладают сильным антистрессовым действием [3]. В ответ на физическую активность в организме развиваются две стадии, которые обусловлены действием катехоламинов и основного гормона стресса – кортизола. При этом лейкоциты в первой фазе проявляют более высокую функциональную активность. Во вторую фазу эти клетки менее активны, особенно если есть контакт с патогенной микрофлорой [6, 8].

Большой интерес представляют результаты исследования, описывающие влияние острой физической нагрузки на функцию зрелых макрофагов, свидетельствующие о снижении экспрессии главного комплекса гистосовместимости и, как следствие, о снижении антигенпрезентирующей функции этой популяции клеток.

Наряду с этим о влиянии острых аэробных нагрузок на дендритные клетки практически ничего неизвестно. Есть немногочисленные работы, указывающие на численное снижение этого типа клеток при нагрузке.

Оценке воздействия острых аэробных нагрузок на NK-клетки и их цитотоксические свойства посвящено большее число научных работ. Показано, что в ответ на острые нагрузки NK-клетки массово мобилизуются, их количество в кровотоке резко возрастает, причем эта мобилизация протекает по-разному в зависимости от конкретного фенотипа клетки. Под действием острых аэробных нагрузок отмечается повышение соотношения $CD56^{+bright}/CD56^{+dim}$ -NK-клеток. При этом лимфоциты фенотипа $CD56^{+bright}$ характеризуются пониженными цитотоксическими свойствами. С.А. Калинин и соавт., изучая физические нагрузки различного происхождения и их влияние на иммунную систему человека и животных, пришли к выводу, что острые аэробные нагрузки снижают эффективность иммунных реакций. Данная концепция основана на колебаниях цитотоксической активности NK-клеток после аэробных нагрузок. Так, после краткосрочного периода физической активности наблюдалось двукратное повышение цитотоксической активности, ассоциированное с увеличением численности NK-клеток, однако при нарастании интенсивности или продолжительности аэробной нагрузки цитотоксическая активность естественных киллеров резко снижалась. Продолжительность этого снижения оценивалась

в интервале от нескольких часов до нескольких суток. Авторы статьи заключают, что количественные изменения внутри популяции NK-клеток, вызываемые чрезмерными как по длительности, так и по интенсивности аэробными нагрузками, связаны со снижением эффективности иммунного ответа, что, в свою очередь, объясняет высокую заболеваемость респираторными инфекционными заболеваниями у профессиональных спортсменов после интенсивных физических тренировок [4].

Также в этой статье исследуется влияние аэробных нагрузок на другие популяции лейкоцитов, в частности, на нейтрофилы и моноциты. Влияние на нейтрофилы и моноциты оценивается как малое, а высокие и сверхвысокие по интенсивности нагрузки, физические упражнения, по-видимому, схожи с однократным острым действием на количественно-функциональные характеристики нейтрофилов. У лиц, регулярно проявляющих физическую активность, снижается интенсивность воспалительного ответа на липополисахариды за счет понижения количества экспрессируемого TL4. Вместе с этим у данных лиц снижается количество моноцитов с фенотипом $CD14^{+}/CD16^{+}$ в общей популяции моноцитов.

По мнению авторов, в научном сообществе существуют некоторые противоречия относительно вопроса влияния регулярных аэробных тренировок на NK-клетки. Так, по результатам ряда ранних работ умеренные аэробные тренировки повышают цитотоксические свойства NK-клеток, однако уже в более поздних публикациях данная позиция ставится под сомнение, и на основании результатов рандомизированных контролируемых исследований, проведенных на большой выборке пациентов, Fairley и соавт. дают противоречивый ответ на данный вопрос: цитотоксическая активность NK-клеток либо повышается (при наличии регулярных аэробных нагрузок в течение 15 недель), либо не изменяется (при тренировках в течение года) [19].

Помимо этого, активно исследуется роль интенсивных аэробных нагрузок на гуморальное звено иммунитета. Первая научная работа, посвященная данной теме, была опубликована в *Journal of Clinical Immunology* в 1982 году. Авторы изучали влияние интенсивных физических нагрузок на уровни иммуноглобулинов в слезистых у спортсменов-лыжников после кросс-кантри соревнований, проведенных в феврале 1981 года. При исследовании

уровней IgA было выяснено, что данный показатель был значительно ниже у спортсменов, регулярно принимавших участие в забеге, тогда как у спортсменов из запасной команды уровень IgA в слюне был выше, авторами отмечалась корреляционная связь между концентрацией IgA и сложностью гонки [14]. Степень снижения Ig коррелировала со степенью сложности гонки. Последующие исследования спортсменов также подтвердили связь снижения концентрации IgA в слюне с увеличением длительности и/или мощности физической нагрузки. Однако имеются и противоположные данные, свидетельствующие об увеличении количества антител подтипа A в слюне бегунов-марафонцев после дистанции в 42 км и у спортсменов командных видов спорта, таких как баскетбол. Несмотря на то, что полученные результаты весьма неоднозначны, большинство исследователей склонны считать, что умеренные физические нагрузки практически не влияют на изменение уровня IgA в слюне. Таким образом, особенности воздействия длительных регулярных тренировок на секрецию антител слизистых поверхностей (в частности, слюны) требуют дальнейшего изучения.

Доказано, что регулярные физические нагрузки средней интенсивности оказывают положительное влияние и на иммунный комплекс слизистых кишечника: увеличивается секреция противовоспалительных цитокинов, соотношение Th_1/Th_2 смещается в сторону последних. Физические нагрузки оказывают существенное влияние на состав микробиоты. Так, у грызунов после 5 недель умеренных аэробных нагрузок наблюдалось двукратное увеличение популяции бактерий, производящих бутират, – основной энергетический источник клеток эпителия кишечника, которые участвуют в регуляции воспалительных процессов.

В работе [9] показано, что мыши, в течение 6 недель подвергающиеся умеренной аэробной физической нагрузке, намного легче переносят воздействие токсического полихлорированного бифенила на желудочно-кишечный тракт. При этом только у тренирующихся мышей в микробиоте наблюдалось большое количество лактобацилл, являющихся важным компонентом поддержки иммунной системы слизистой кишечника. Дополнительно такого рода нагрузки снижают количество бактерий *Erysipelotrichaceae* и *Turicici-*

bacteraceae, связанных с ожирением и воспалением слизистой кишечника, а также с иммунодефицитом по В-, Т-лимфоцитам [2].

Согласно исследованию [8], в котором приняли участие 116 пожилых добровольцев, благодаря физической активности наблюдали снижение уровней интерлейкина-6 (ИЛ) и увеличение экспрессии ИЛ-10 у физически активных людей. Наряду с этим отмечали снижение уровня циркулирующих провоспалительных цитокинов и увеличение количества противовоспалительных цитокинов.

Проведенное исследование [9] показало, что физическая активность благотворно влияет на реакцию вакцинации против вируса гриппа у физически подготовленных пожилых людей. Это связано со снижением уровня специфичных к цитомегаловирусу (ЦМВ) иммуноглобулинов (Ig), а также улучшением профиля воспалительных и $CD8^+$ Т-клеток. Установлено, что среди пожилых лиц, имеющих хроническую форму ЦМВ-инфекции, отмечалось улучшение реакции на вакцину при систематических физических нагрузках. Результаты работы доказали, что при регулярной практике комбинированных режимов упражнений в течение 12 месяцев нарастал IgA-специфический ответ на вакцинацию против вируса гриппа, что происходило параллельно с более высоким соотношением ИЛ-10/ИЛ-6 в сыворотке крови и снижением отношения эффекта к $CD8^+$ Т-клеткам. При гиподинамии, напротив, все анализируемые показатели характеризовали снижение активности системы иммунитета.

В целом, физические нагрузки в настоящее время рассматриваются как важный вспомогательный фактор иммунной системы, стимулирующий постоянный обмен лейкоцитов между кровообращением и тканями [12, 13, 25]. Дополнительным преимуществом интенсивных физических нагрузок является то, что они могут служить для обогащения кровеносного компартмента высокоцитотоксичными подмножествами Т-клеток и НК-клеток. С метаболической точки зрения умеренная физическая нагрузка вызывает небольшое, но резкое повышение уровня ИЛ-6, который оказывает прямое противовоспалительное действие, улучшая метаболизм глюкозы и липидов с течением времени [5, 10, 17, 18].

В свою очередь, ослабление иммунитета определяется как нарушение иммунной регуляции с возрастом и связано с повышенной

восприимчивостью к инфекциям, аутоиммунным заболеваниям, неоплазиям, нарушениям обмена веществ, остеопорозу и неврологическим расстройствам [18, 24]. Недавние данные подтверждают, что иммунитет может перестраиваться в процессе старения в результате взаимодействия с окружающей средой и образом жизни, что играет важную роль в формировании иммунного статуса в дальнейшей жизни. Взаимодействие иммунной системы с патогенами, микробиомом хозяина, влиянием питания и физических упражнений, психическим стрессом и многими другими внешними факторами рассматриваются как важнейшие модуляторы процесса иммунорегуляции [16, 21–23].

Ранние перекрестные исследования сравнивали иммунную функцию у пожилых мужчин и женщин с хорошей физической подготовкой и малоподвижным образом жизни [7, 26]. В одном исследовании [15] сравнивалась иммунная функция у 30 пожилых женщин, ведущих малоподвижный образ жизни, и 12 пожилых женщин соответствующего возраста с хорошей физической подготовкой, которые принимали активное участие в сорев-

нованиях на выносливость. У пожилых женщин с хорошей физической подготовкой были значительно более высокие уровни НК-клеток и функции Т-лимфоцитов, а также снижены показатели заболеваемости по сравнению с 30 пожилыми женщинами, ведущими сидячий образ жизни.

Заключение. Итак, регулярная и умеренная физическая активность улучшает состояние иммунной системы и способствует профилактике многих соматических заболеваний. Физическая активность является одним из биологических стимулов, который способствует морфофункциональному развитию организма, его совершенствованию и улучшению психоэмоционального состояния. Установлено, что тренировки на протяжении всей жизни влияют на базовые уровни про- и противовоспалительных цитокинов. Таким образом, физическая активность может служить эффективной стратегией против развития воспалительных процессов, связанных с повышенным риском возрастных заболеваний, таких как сердечно-сосудистые, диабет 2-го типа и аутоиммунные заболевания.

Список литературы

1. Изучение низкой физической активности детей младшего школьного возраста как фактора формирования повышенной массы тела (Результаты пилотного исследования) / Ж.Е. Баттакова, Г.Ж. Токмурзиева, Т.И. Слажнева и др. // *Международ. науч.-исследоват. журнал.* – 2015. – № 8 (39). – С. 89–92.
2. Радковец, А.И. Проблема гиподинамии студенческой молодежи / А.И. Радковец // *Современные проблемы формирования здорового образа жизни у студенческой молодежи: материалы Международ. науч.-практ. интернет-конференции, 16–17 мая 2018 г. Минск, Беларусь.* – Минск: БГУ. – 2018. – С. 234–237.
3. Состояние системы иммунитета человека и животных при физических нагрузках различного генеза / С.А. Калинин, С.М. Шульгина, Е.Н. Антропова и др. // *Иммунология.* – 2019. – № 40(3). – С. 72–82. DOI: 10.24411/0206-4952-2019-13008
4. Хрыков, И.С. Некоторые аспекты влияния двигательной активности на здоровье человека в современном обществе / И.С. Хрыков // *Наука-2020.* – 2022. – № 5 (59). – С. 140–144.
5. Associations of Muscle Mass and Strength with All-Cause Mortality among US Older Adults / R. Li, J. Xia, X.I. Zhang et al. // *Med Sci Sports Exerc.* – 2018. – No. 50 (3). – P. 458–467. DOI: 10.1249/MSS.0000000000001448
6. Circadian Characteristics of Older Adults and Aerobic Capacity / D.S. Rocher, N. Bessot, B. Sesboüé et al. // *J of Gerontology: Medical Sciences cite as: J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* – 2016. – Vol. 71. – No. 6. – P. 817–822. DOI: 10.1093/gerona/glv195
7. Circadian rhythm phase shifts caused by timed exercise vary with chronotype / J.M. Thomas, P.A. Kern, H.M. Bush et al. // *JCI Insight.* – 2020. – No. 5. – P. 1–12. DOI: 10.1172/jci.insight.134270
8. de Souza Teixeira A.A. Aging with rhythmicity. Is it possible? Physical exercise as a pacemaker / A.A. de Souza Teixeira, F.S. Lira, J.C. Rosa-Neto // *Life Sciences.* – 2020. – No. 261. – P. 1–9. DOI: 10.1016/j.lfs.2020.118453
9. Exercise attenuates PCB-induced changes in the mouse gut microbiome / J.J. Choi, S.Y. Eum, E. Rampersaud et al. // *Environmental health perspectives.* – 2013. – No. 121 (6). – P. 725–730. DOI: 10.1289/ehp.1306534

10. Exercise time cues (zeitgebers) for human circadian systems can foster health and improve performance: A systematic review / P. Lewis, H.W. Korf, L. Kuffer et al. // *BMJ Open Sport Exerc Med.* – 2018. – No. 4. – P. 1–8. DOI: 10.1136/bmjsem-2018-000443
11. Greenwood, B.N. Exercise learned helplessness, and the stress-resistant brain / B.N. Greenwood, M. Fleshner // *Neuromol Med.* – 2008. – No. 10. – P. 81–98. DOI: 10.1007/s12017-008-8029-y
12. How does physical activity and different models of exercise training affect oxidative parameters and memory? / N. Feter, R.M. Spanevello, M.S.P. Soares et al. // *Physiol Behav.* – 2019. – No. 201. – P. 42–52. DOI: 10.1016/j.physbeh.2018.12.002
13. Huang, T. Sleep Irregularity and Risk of Cardiovascular Events / T. Huang, S. Mariani, S. Redline // *J Am Coll Cardiol.* – 2020. – No. 75. – P. 991–999. DOI: 10.1016/j.jacc.2019.12.054
14. Immune parameters in athletes before and after strenuous exercise / T.B. Tomasi, F.B. Trudeau, D. Czerwinski et al. // *J. Clin. Immunol.* – 1982. – No. 2 (3). – P. 173–178. DOI: 10.1007/BF00915219
15. Metabolic recovery from heavy exertion following banana compared to sugar beverage or water only ingestion: a randomized, crossover trial / D.C. Nieman, N.D. Gillitt, W. Sha et al. // *PLOS One.* – 2018. – No. 13. – P. 1–25. DOI: 10.1371/journal.pone.0194843
16. Obesity and Outcomes in Covid-19: When an Epidemic and Pandemic Collide / F. Sanchis-Gomar, C.J. Lavie, M.R. Mehra et al. // *Clin Proc.* – 2020. – No. 95 (7). – P. 1445–1453. DOI: 10.1016/j.mayocp.2020.05.006
17. Outdoor daylight exposure and longer sleep promote wellbeing under Covid-19 mandated restrictions / M. Korman, V. Tkachev, C. Reis et al. // *J Sleep Res.* – 2022. – No. 31. – P. 1–11. DOI: 10.1111/jsr.13471
18. Physical exercise as a tool to help the immune system against Covid-19: an integrative review of the current literature / M.P. da Silveira, K.K. da Silva Fagundes, M.R. Bizuti et al. // *Clinical and Experimental Medicine.* – 2021. – No. 21. – P. 15–28. DOI: 10.1007/s10238-020-00650-3
19. Randomized controlled trial of exercise and blood immune function in postmenopausal breast cancer survivors / A.S. Fairey, K.S. Courneya, C.J. Field et al. // *J. Appl. Physiol.* – 2005. – No. 98 (4). – P. 1534–1540. DOI: 10.1152/jappphysiol.00566.2004
20. Rest-activity rhythms in emerging adults: Implications for cardiometabolic health / E.K. Hoopes, M.A. Witman, M.N. D'Agata et al. // *Chronobiol Int.* – 2021. – No. 38. – P. 543–556. DOI: 10.1080/07420528.2020.1868490
21. Scheffer D.D.L. Exercise-induced immune system response: Anti-inflammatory status on peripheral and central organs / D.D.L. Scheffer, A. Latini // *Biochimica et biophysica acta. Molecular basis of disease.* – 2020. – No. 10. – P. 1–16. DOI: 10.1016/j.bbadis.2020.165823
22. Schuch F.B. Physical activity, exercise and mental disorders: it is time to move on / F.B. Schuch, D. Vancampfort. // *Trends Psychiatry Psychother.* – 2021. – No. 43 (3). – P. 177–184. DOI: 10.47626/2237-6089-2021-0237
23. Simpson R.J. The immunological case for staying active during the Covid-19 pandemic / R. Simpson, E. Katsanis // *Brain, behavior, and immunity.* – 2020. – No. 87. – P. 6–7. DOI: 10.1016/j.bbi.2020.04.041
24. Voluntary exercise impact on cognitive impairments in sleep-deprived intact female rats / M.A. Rajizadeh, K. Esmailpour, Y. Masoumi-Ardakani et al. // *Physiol Behav.* – 2018. – No. 188. – P. 58–66. DOI: 10.1016/j.physbeh.2017.12.030
25. Voluntary exercise increases resilience to social defeat stress in Syrian hamsters / R.C. Kingston, M. Smith, T. Lacey et al. // *Physiol Behav.* – 2018. – No. 188. – P. 194–198. DOI: 10.1016/j.physbeh.2018.02.003
26. Weinert D. The Impact of Physical Activity on the Circadian System: Benefits for Health, Performance and Wellbeing / D. Weinert, D. Gubin. // *Appl Sci.* – 2022. – No. 12. – P. 1–12. DOI: 10.3390/APP12189220.

References

1. Battakova Zh.E., Tokmurzieva G.Zh., Slazhneva T.I. et al. [Study of Low Physical Activity in Children of Primary School Age as a Factor in the Formation of Increased Body Weight (Results of a Pilot Study)]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* [International Scientific Research Journal], 2015, no. 8 (39), pp. 89–92. (in Russ.)

2. Kalinin S.A., Shul'gina S.M., Antropova E.N. et al. [The State of the Immune System of Humans and Animals During Physical Activity of Various Origins]. *Immunologiya* [Immunology], 2019, no. 40 (3), pp. 72–82. (in Russ.) DOI: 10.24411/0206-4952-2019-13008
3. Radkovets A.I. [The Problem of Physical Inactivity Among Students]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii* [Modern Problems of Developing a Healthy Lifestyle Among Students. Materials of the International Scientific and Practical Internet Conference], 2018, pp. 234–237. (in Russ.)
4. Khrykov I.S. [Some Aspects of the Influence of Physical Activity on Human Health in Modern Society]. *Nauka-2020* [Science-2020], 2022, no. 5 (59), pp. 140–144. (in Russ.)
5. Li R., Xia J., Zhang X.I. et al. Associations of Muscle Mass and Strength with All-Cause Mortality among US Older Adults. *Medicine Science Sports Exercise*, 2018, no. 50 (3), pp. 458–467. DOI: 10.1249/MSS.0000000000001448
6. Rocher D.S., Bessot N., Sesboüé B. et al. Circadian Characteristics of Older Adults and Aerobic Capacity. *Journals of Gerontology: Medical Sciences* Cite as: *Journal Gerontology A Biology Science Medical Science*, 2016, vol. 71, no. 6, pp. 817–822.
7. Thomas J.M., Kern P.A., Bush H.M. et al. Circadian Rhythm Phase Shifts Caused by Timed Exercise Vary with Chronotype. *JCI Insight*, 2020, no. 5, pp. 1–12. DOI: 10.1172/jci.insight.134270
8. de Souza Teixeira A.A., Lira F.S., Rosa-Neto J.C. Aging with Rhythmicity. Is it Possible? Physical Exercise as a Pacemaker. *Life Sciences*, 2020, no. 261, pp. 1–9. DOI: 10.1016/j.lfs.2020.118453
9. Choi J.J., Eum S.Y., Rampersaud E. et al. Exercise Attenuates PCB-induced Changes in the Mouse Gut Microbiome. *Environmental Health Perspectives*, 2013, no. 121 (6), pp. 725–730. DOI: 10.1289/ehp.1306534
10. Lewis P., Korf H.W., Kuffer L. et al. Exercise Time Cues (Zeitgebers) for Human Circadian Systems can Foster Health and Improve Performance: A Systematic Review. *BMJ Open Sport Exercise Medicine*, 2018, no. 4, pp. 1–8. DOI: 10.1136/bmjsem-2018-000443
11. Greenwood B.N., Fleshner M. Exercise Learned Helplessness, and the Stress-Resistant Brain. *Neuromol Medicine*, 2008, no. 10, pp. 81–98. DOI: 10.1007/s12017-008-8029-y
12. Feter N., Spanevello R.M., Soares M.S.P. et al. How Does Physical Activity and Different Models of Exercise Training Affect Oxidative Parameters and Memory? *Physiology Behavior*, 2019, no. 201, pp. 42–52. DOI: 10.1016/j.physbeh.2018.12.002
13. Huang T., Mariani S., Redline S. Sleep Irregularity and Risk of Cardiovascular Events. *Journal American Collection Cardiology*, 2020, no. 75, pp. 991–999. DOI: 10.1016/j.jacc.2019.12.054
14. Tomasi T.B., Trudeau F.B., Czerwinski D. et al. Immune Parameters in Athletes before and After Strenuous Exercise. *Journal Clinic Immunology*, 1982, no. 2 (3), pp. 173–178. DOI: 10.1007/BF00915219
15. Nieman D.C., Gillitt N.D., Sha W. et al. Metabolic Recovery from Heavy Exertion Following Banana Compared to Sugar Beverage or Water Only Ingestion: a Randomized, Crossover Trial. *PLOS One*, 2018, no. 13, pp. 1–25. DOI: 10.1371/journal.pone.0194843
16. Sanchis-Gomar F., Lavie C.J., Mehra M.R. et al. Obesity and Outcomes in Covid-19: When an Epidemic and Pandemic Collide. *Clin Proc.*, 2020, no. 95 (7), pp. 1445–1453. DOI: 10.1016/j.mayocp.2020.05.006
17. Korman M., Tkachev V., Reis C. et al. Outdoor Daylight Exposure and Longer Sleep Promote Wellbeing Under Covid-19 Mandated Restrictions. *Journal Sleep Research*, 2022, no. 31, pp. 1–11. DOI: 10.1111/jsr.13471
18. da Silveira M.P., da Silva Fagundes K.K., Bizuti M.R. et al. Physical Exercise as a Tool to Help the Immune System Against Covid-19: an Integrative Review of the Current Literature. *Clinical and Experimental Medicine*, 2021, no. 21, pp. 15–28. DOI: 10.1007/s10238-020-00650-3
19. Fairey A.S., Courneya K.S., Field C.J. et al. Randomized Controlled Trial of Exercise and Blood Immune Function in Postmenopausal Breast Cancer Survivors. *Journal Applied Physiology*, 2005, no. 98 (4), pp. 1534–1540. DOI: 10.1152/jappphysiol.00566.2004
20. Hoopes E.K., Witman M.A., D'Agata M.N. et al. Rest-activity Rhythms in Emerging Adults: Implications for Cardiometabolic Health. *Chronobiology International*, 2021, no. 38, pp. 543–556. DOI: 10.1080/07420528.2020.1868490

21. Scheffer D.D.L., Latini A. Exercise-induced Immune System Response: Anti-inflammatory Status on Peripheral and Central Organs. *Biochimica et Biophysica Acta. Molecular Basis of Disease*, 2020, no. 10, pp. 1–16. DOI: 10.1016/j.bbadis.2020.165823

22. Schuch F.B., Vancampfort D. Physical Activity, Exercise and Mental Disorders: it is Time to Move on. *Trends Psychiatry Psychother*, 2021, no. 43 (3), pp. 177–184. DOI: 10.47626/2237-6089-2021-0237

23. Simpson R., Katsanis E. The Immunological Case for Staying Active During the Covid-19 Pandemic. *Brain, Behavior, and Immunity*, 2020, no. 87, pp. 6–7. DOI: 10.1016/j.bbi.2020.04.041

24. Rajizadeh M.A., Esmailpour K., Masoumi-Ardakani Y. et al. Voluntary Exercise Impact on Cognitive Impairments in Sleep-deprived Intact Female Rats. *Physiology Behavior*, 2018, no. 188, pp. 58–66. DOI: 10.1016/j.physbeh.2017.12.030

25. Kingston R.C., Smith M., Lacey T. et al. Voluntary Exercise Increases Resilience to Social Defeat Stress in Syrian Hamsters. *Physiology Behavior*, 2018, no. 188, pp. 194–198. DOI: 10.1016/j.physbeh.2018.02.003

26. Weinert D., Gubin D. The Impact of Physical Activity on the Circadian System: Benefits for Health, Performance and Wellbeing. *Appl Science*, 2022, no. 12, pp. 1–12. DOI: 10.3390/APP12189220

Информация об авторах

Болдырева Юлия Викторовна, кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры биологической химии, Тюменский государственный медицинский университет, Тюмень, Россия.

Губин Денис Геннадьевич, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры биологии, Тюменский государственный медицинский университет, Тюмень, Россия.

Information about the authors

Yulia V. Boldyreva, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Biological Chemistry, Tyumen State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Tyumen, Russia.

Denis G. Gubin, Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of Biology, Tyumen State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Tyumen, Russia.

Статья поступила в редакцию 15.08.2023

The article was submitted 15.08.2023

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ВЫСОКИХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СПОРТСМЕНОВ В СВЕТЕ УПРОЩЕННОЙ ЗАРУБЕЖНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ СПОРТА. Часть 2

А.С. Шарыкин^{1,2}, sharykin1947@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5378-7316>
В.А. Бадтиева^{1,3}, vbadtieva@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-4291-679X>
В.И. Павлов¹, mnpdsm@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5131-7401>
Ю.М. Иванова¹, ivanovaum@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4616-8322>
Д.М. Усманов^{1,2}, damirmed@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1129-8271>

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

² Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия

³ Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, Москва, Россия

Аннотация. Цель. Определить связь морфологических изменений сердца с физиологическими возможностями спортсменов в разных группах СД. **Материалы и методы.** Всего обследованы 2647 спортсменов национального уровня. У 1917 из них эхокардиографические данные сопоставлены с результатами кардиопульмонального теста. **Результаты.** Основным трендом было увеличение частоты и величины эксцентрической гипертрофии ЛЖ, а также VO_2 Peak, VO_2 ПАНО и мощности работы от первой к четвертой группе. В разных группах количество лиц с признаками ремоделирования ЛЖ различалось от 14,4 до 45 %. Наибольшую корреляцию с функциональными показателями спортсменов ($0,43$, $p = 0,000$) демонстрировали не линейные, а объемные характеристики ЛЖ, индексированные по ППТ. **Заключение.** Классификация А. Pelliccia отражает общие закономерности ремоделирования сердца в видах спорта, однако их количественное выражение подвержено значительным колебаниям, в связи с чем применение к спортсменам ниже международного уровня должно быть ограничено. Оценку размеров сердца целесообразно проводить по центильным показателям, полученным для каждой из классификационных групп.

Ключевые слова: спортсмены, классификация А. Pelliccia, ремоделирование сердца, гипертрофия миокарда левого желудочка, пиковое потребление кислорода

Для цитирования: Морфофункциональные основы высоких функциональных возможностей спортсменов в свете упрощенной зарубежной классификации спорта. Часть 2 / А.С. Шарыкин, В.А. Бадтиева, В.И. Павлов и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 4. С. 31–39. DOI: 10.14529/hsm230404

MORPHOFUNCTIONAL BASIS OF HIGH FUNCTIONAL CAPABILITIES OF ATHLETES IN THE LIGHT OF A SIMPLIFIED FOREIGN CLASSIFICATION OF SPORTS. Part 2

A.S. Sharykin^{1,2}, sharykin1947@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5378-7316>

V.A. Badtieva^{1,3}, vbadtieva@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-4291-679X>

V.I. Pavlov¹, mnpcsm@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5131-7401>

Yu.M. Ivanova¹, ivanovaum@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4616-8322>

D.M. Usmanov^{1,2}, damirmed@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1129-8271>

¹ Moscow Research and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Health Care Department, Moscow, Russia

² Federal Research and Clinical Center for Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia

³ I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

Abstract. Aim. To identify morphological changes of the heart and physiological capabilities of athletes in different sports. **Materials and methods.** The sample involved 2647 national-level athletes. In 1917 of them, echocardiographic data were compared with the results of a cardiopulmonary test. **Results.** The main trend was increased frequency and magnitude of eccentric LV hypertrophy, as well as increased VO₂ peak, VO₂ anaerobic threshold, and performance capacity values from the first to the fourth group. The proportion of people with signs of left ventricular remodeling varied between groups, ranging from 14.4 to 45%. The greatest correlation with functional parameters was associated not with the linear characteristics of the left ventricle but with the volume ones indexed by the BSA. **Conclusion.** The A. Pelliccia classification reflects general patterns of heart remodeling in athletes. However, their quantitative expression is subject to significant fluctuations, and therefore, its application to athletes below the international level should be limited. It is advisable to evaluate the dimensions of the heart according to the centile values obtained for each of the classification groups.

Keywords: athletes, A. Pelliccia classification, heart remodeling, left ventricular myocardial hypertrophy, VO₂ Peak

For citation: Sharykin A.S., Badtieva V.A., Pavlov V.I., Ivanova Yu.M., Usmanov D.M. Morphofunctional basis of high functional capabilities of athletes in the light of a simplified foreign classification of sports. Part 2. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(4):31–39. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230404

Введение. В первой части статьи («Человек. Спорт. Медицина», 2022, Т. 22, № 4) были проанализированы изменения морфологических показателей сердца спортсменов в зависимости от видов спорта, классифицированных по А. Pelliccia: (1) требующие преимущественно сложно-координационных навыков (англ. skill), (2) требующие силы (англ. power), (3) требующие смешанных качеств (англ. mixt), (4) требующие выносливости (англ. Endurance). В настоящем разделе анализируются характеристики сердца, обеспечивающие оптимальное функциональное состояние спортсменов.

Важнейшими детерминантами гипертрофии левого желудочка (ЛЖ) спортсменов считаются виды спортивных дисциплин (СД). Среди их классификаций используется клас-

сификация, предложенная учеными под руководством А. Pelliccia, основанная на величине статических или гемодинамических нагрузок. Однако ремоделирование, различия в морфологии сердца между выделенными группами и их связь с функциональными возможностями оцениваются недостаточно и только у олимпийских спортсменов.

Функциональные характеристики групп и связь с ремоделированием сердца. В наших наблюдениях фракция выброса ЛЖ от группы к группе существенно не менялась и ее 5-й центиль не опускался ниже 53 %. В то же время различия по ударному индексу (УИ) покоя несколько возрастали к 4-й группе (в пределах 1,5–4,4 мл/м²).

Полноценные результаты кардиопульмонального тестирования, полученные у 1917

спортсменов, показали ожидаемую корреляцию средней силы между абсолютной величиной потребления кислорода, КДР ЛЖ, КДО ЛЖ и массой миокарда спортсменов ($r = 0,42-0,45$, $p < 0,05$). Группа № 4 превосходила все остальные по абсолютным и индексированным показателям аэробных возможностей (табл. 1). Особый потенциал этой группы дополнительно подтверждался наиболее высоким потреблением кислорода на уровне ПАНО. Разница между группами № 2 и № 3 по VO_2 Peak и VO_2 ПАНО была незначительной.

Наличие высокой корреляции между VO_2 Peak и W Peak (r средняя для всех групп = $0,74$, $p < 0,05$) свидетельствовало, что выполнение работы обеспечивалось в основном аэробным путем.

Очевидно, что увеличение габаритов спортсменов должно было сопровождаться ростом потребления O_2 . Однако при этом абсолютные размеры КДР ЛЖ, ЛП и ИММ крайне слабо отражали функциональные возможности обследованных и определенные корреляции появлялись только при рассмотрении показателей, индексированных по ППТ. Наиболее важными из них оказались объемные показатели ЛЖ: корреляция между потреблением кислорода и КДО/ППТ заметно превышала

таковую корреляцию с КДР/ППТ ($p = 0,0000$), что было особенно заметно на уровне ПАНО (см. рисунок).

Функциональные характеристики отдельных групп имели следующие особенности.

Группа № 1. Характеризовалась относительно низкими значениями VO_2 Peak, в том числе наименьшим VO_2 на уровне ПАНО ($30,8 \pm 5,9$ мл/мин/кг). УО и УИ являлись наиболее низкими ($77,5 \pm 15,4$ мл и $41,7 \pm 7,5$ мл/м²).

Группа № 2. Характеризовалась достоверным увеличением по сравнению с гр. № 1 как VO_2 Peak, так и VO_2 на уровне ПАНО, а также уровнями УО и УИ в покое ($p < 0,05$). Однако мощность работы не различалась.

Группа № 3. Изменения VO_2 Peak, VO_2 ПАНО и ударного выброса покоя по сравнению с предыдущей группой были незначительными, однако мощность выполненной работы достоверно возросла ($p < 0,05$). УО повысился, но изменения УИ были несущественными.

Группа № 4. Характеризовалась существенным ростом VO_2 Peak, VO_2 ПАНО и мощностью работы по сравнению со всеми остальными группами (для всех $p < 0,05$). УИ покоя существенно превышал соответствующие величины во всех группах ($p < 0,05$).

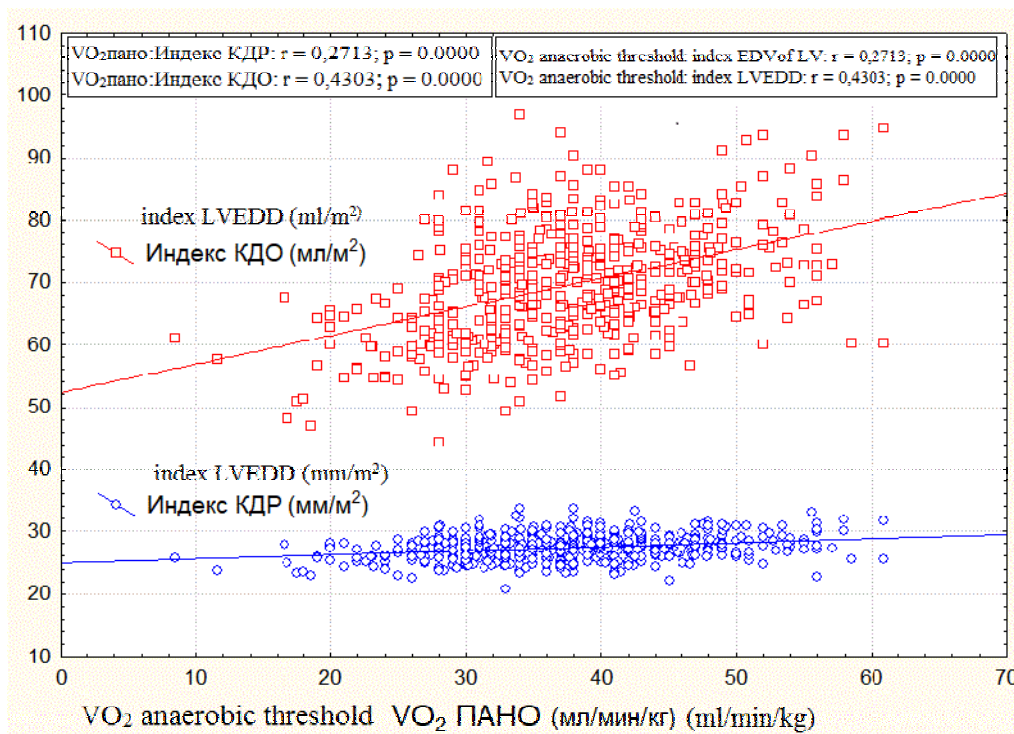
Таблица 1
Table 1

Показатели кардиопульмонального тестирования мужчин в различных группах ($M \pm SD$) (всего 1917)
Cardiopulmonary measurements in men in various groups ($M \pm SD$) (n = 1917)

Показатель Parameter	Виды спорта Sport			
	Сложно-координационные Complex coordination skills	Тренирующие силу Strength training	Смешанные Mixed qualities	Тренирующие выносливость Endurance training
Количество спортсменов, n Number of athletes, n	442	675	274	526
ЧСС макс, уд./мин HR max, bpm	$166,1 \pm 13,2$	$162,3 \pm 12,7$	$162,0 \pm 13,6$	$164,7 \pm 13,9$
VO_2 Peak, мл/мин/кг, ml/min/kg	$37,3 \pm 6,9$	$38,2 \pm 7,4^*$	$38,5 \pm 7,0^*$	$44,8 \pm 8,6^* \ddagger$
VO_2 ПАНО, мл/мин/кг VO_2 AT, ml/min/kg	$30,8 \pm 5,9$	$32,0 \pm 6,9^*$	$32,2 \pm 6,2^*$	$37,5 \pm 8,4^* \ddagger$
W Peak, Вт/кг, W/kg	$3,15 \pm 0,51$	$3,11 \pm 0,59$	$3,23 \pm 0,57^* \ddagger$	$3,67 \pm 0,69^* \ddagger$

Примечания. ЧСС – частота сердечных сокращений; VO_2 Peak – пиковое потребление кислорода; VO_2 ПАНО – потребление кислорода на уровне анаэробного порога; W Peak – пиковая мощность нагрузки; * $p < 0,01$ по сравнению с гр. 1, † $p < 0,01$ по сравнению с гр. 2, ‡ $p < 0,01$ по сравнению с гр. 3.

Note. HR – heart rate; VO_2 Peak – peak oxygen consumption; VO_2 AT – oxygen consumption at anaerobic threshold; W Peak – peak load power; * $p < 0,01$ compared to group 1, † $p < 0,01$ compared to group 2, ‡ $p < 0,01$ compared to group 3.



Корреляции индексированных КДР и КДО ЛЖ с VO_2 ПАНО.
Разница между r КДР/ППТ и r КДО/ППТ достоверна ($p = 0,0000$)
Correlations of indexed LVEDD and LVEDV with VO_2 AT.
The difference between r LVEDD/BSA and r LVEDV/BSA is significant ($p = 0.0000$)

Исходя из факта, что наиболее функционально подготовленные лица составляли группу, тренирующую выносливость (гр. № 4), именно среди этих спортсменов был проведен дополнительный корреляционный анализ эхокардиографических и аэробных показателей. Нами изучены результаты в подгруппах с пиковым потреблением кислорода ниже и выше среднего уровня, равного VO_2 Peak 50 мл/мин/кг (подгруппы А и В), а также по достигнутой мощности работы (W Peak ≤ 3 Вт vs. $\geq 3,5$ Вт, подгруппы С и D) (табл. 2).

Спортсмены подгрупп А и С (с более низкими VO_2 peak и W peak) имели несколько больший возраст и ППТ по сравнению с подгруппами В и D соответственно, у них был достоверно больший КДР ЛЖ. Однако остальные параметры по абсолютной величине существенно не отличались. В то же время индексированные показатели (КДР/ППТ, КДО/ППТ, ЛП/ППТ, УИ) достоверно преобладали в группах с высоким пиковым потреблением O_2 ($p < 0,05$). Любопытно, что средние величины указанных параметров тем не менее находились в пределах популяционных норм. Сходная картина выявлена при

сравнении групп с различной мощностью выполненной работы.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что более высокие аэробные и мощностные показатели тестов обеспечивались большими «удельными» емкостями и выбросом ЛЖ. В отличие от этого индекс массы миокарда не оказывал существенного влияния на аэробные показатели ни по абсолютной, ни по индексированной величине. Коэффициент корреляции (r) для ИММ с одной стороны, и VO_2 Peak и W Peak, с другой, равнялся лишь 0,10 и 0,09 ($p > 0,05$) соответственно. Указанные тренды сохранялись также во всех исследуемых классификационных группах, несколько варьируя по измеренным величинам.

Обсуждение. Длительные наблюдения за спортсменами показывают, что рост их профессионального уровня сопряжен с прогрессирующим ремоделированием сердца. Высокоинтенсивные статические упражнения повышают нагрузку на сердце из-за увеличения артериального давления и сократительного состояния ЛЖ и приводят к его гипертрофии. А высокоинтенсивные динамические упражнения требуют увеличения ударного объема

Таблица 2
Table 2
Демографические и эхокардиографические показатели спортсменов с различным уровнем функциональных показателей в группе № 4
Demographic and echocardiographic measurements of athletes with different functional results in group 4

Группы сравнения Comparison groups	Показатели Parameter	Возраст, лет Age, years	ПШТ, м ² BSA, m ²	КДР, мм LVEDD, mm	КДР/ПШТ, мм/м ² LVEDD/BSA, mm/m ²	КДО, мл LVEDV, ml	КДО/ПШТ, мл/м ² LVEDV/BSA, ml/m ²	ММ, г MM, g	ИММ, г/м ² IMI, g/m ²	ЛП, мм LA, mm	ЛП/ПШТ, мм/м ² LA/BSA, mm/m ²	УО покоя, мл SV at rest, ml	УИ покоя, мл/м ² SI at rest, ml/m ²
A n = 396	VO ₂ peak ≤50, мл/мин/кг ml/min/kg (ср./mean 43,7 ± 7,7)	18,7 ± 3,0 *	1,94 ± 0,14 *	52,9 ± 5,3 *	27,4 ± 2,0	134,4 ± 19,3	69,5 ± 8,9	187,9 ± 33,1	96,5 ± 14,6	33,2 ± 3,4	17,2 ± 1,8	88,2 ± 16,1	45,6 ± 7,8
B n = 130	VO ₂ peak >50, мл/мин/кг ml/min/kg (ср./mean 56,4 ± 4,5)	17,8 ± 2,6	1,86 ± 0,13	51,8 ± 5,1	27,8 ± 1,9 *	136,3 ± 18,3	73,1 ± 8,1 *	182,5 ± 30,0	98,2 ± 14,1	33,1 ± 3,2	17,8 ± 1,7 *	87,9 ± 16,2	47,2 ± 8,0 *
C n = 80	W peak <3,0, Вт/кг W/kg (ср./mean 2,55 ± 0,31)	19,1 ± 3,1	2,04 ± 0,14 *	56,3 ± 5,0 *	27,6 ± 2,1	144,6 ± 21,0	70,0 ± 10,7	190,2 ± 42,2	94,7 ± 17,0	33,8 ± 3,8	16,6 ± 2,0	91,4 ± 16,0	44,8 ± 7,3
D n = 318	W peak >3,5, Вт/кг W/kg (ср./mean 4,19 ± 0,49)	18,6 ± 3,1	1,90 ± 0,15	53,0 ± 5,6	27,9 ± 2,2	138,5 ± 21,9	72,8 ± 10,1 *	192,2 ± 35,5	98,3 ± 14,8	33,3 ± 3,3	17,6 ± 1,7 *	89,4 ± 16,9	47,0 ± 8,3 *

Примечания. * Величины, достоверно большие при парном сравнении групп. Остальные сокращения – как в табл. 1.
Note. * Significant values in the pair group comparison. The rest as in table 1.

и приводят к дилатации ЛЖ. При этом основной детерминантой сердечного выброса является потребление кислорода организмом: на каждый 1 л/мин увеличения потребления кислорода существует обязательное увеличение сердечного выброса на 5–6 л/мин. [4].

Формирующиеся дилатация и гипертрофия сердца у спортсменов требуют дифференциальной диагностики с различными врожденными заболеваниями, прежде всего с кардиомиопатиями – гипертрофической (ГКМП), дилатационной (ДКМП), аритмогенной (АКМП), некомпактным ЛЖ. Подобные заболевания сопровождаются повышенным риском внезапной сердечной смерти в соревновательных дисциплинах [3, 6]. Все они имеют свои особенности при визуализации сердца: изменение его размеров, структуры и функции. Для точной диагностики дополнительно можно использовать трехмерную (3D) ЭХО-КГ, отслеживание спеклов, МРТ, КТ с контрастированием и т. п. Однако необходима более простая скрининговая методика, на основании которой спортсмена направляют на более технологичную диагностику. Для этих целей возможно использовать нормализованные показатели, полученные при стандартной двухмерной ЭХО-КГ. Основу для определения границ сердца, еще являющихся следствием физиологической адаптации к нагрузкам, обеспечивают различные классификации спорта. Однако их создание затрудняется тем, что рост массы и объема ЛЖ при физических упражнениях определяется разнообразием природных качеств человека, генетическими особенностями и свойствами, приобретенными при длительных занятиях, а не только самими нагрузками. Это проявляется, например, при сравнении групп спортсменов, выступающих на национальном, международном студенческом или олимпийском уровне.

Сложности регламентации размеров сердца у спортсменов связаны также с их изменчивостью с течением времени или количеством включаемых в исследование лиц. К примеру, КДР ЛЖ у атлетов олимпийского уровня, обследованных одними и теми же группами авторов, колебались в разных сообщениях от $54,6 \pm 4,4$ до $52,9 \pm 4,6$ мм ($p = 0,0000$), а ТЗС ЛЖ – от $10,2 \pm 1,3$ до $9,7 \pm 1,2$ мм ($p = 0,0000$) [1, 2]. Известны также случаи экстремального увеличения сердца без нарушения его функции [5, 7]. Таким образом, нет четко доказанных максимально допустимых

границ сердца по объемным или весовым характеристикам. В связи с этим для формальной оценки их нередко сравнивают с популяционными нормами.

Поскольку статические и динамические нагрузки в спорте встречаются в самых разнообразных и мало предсказуемых сочетаниях, рубрикации, основанные только на интенсивности спортивной деятельности, всегда будут оставаться скорее качественными, чем количественными. Тем не менее они позволяют описать фенотип сердца, характерный для каждого вида спорта, и попытки их совершенствования регулярно предпринимаются. Одним из последних вариантов является классификация, используемая группой спортивных кардиологов под руководством А. Pelliccia и оценивающая варианты ремоделирования левых отделов сердца. Однако точные параметры, приводящие к тем или иным изменениям сердца, авторами не указываются и представлены только качественными характеристиками (в виде количества «плюсов», табл. 1, часть 1 данной статьи). В то же время для исключения возможной патологии необходимо определить, насколько возникшие изменения являются физиологичными, обеспечивающими необходимый рост сердечного выброса и доставки кислорода к работающим мышцам в условиях повышенных нагрузок. В связи с этим нами предпринято кардиопульмональное тестирование, которое показало, что для формирования различий между группами ключевой является величина потребляемого O_2 на пике нагрузки, которая, в свою очередь, обеспечивается величиной тренировок на выносливость. Группы, включающие данный компонент (№ 3 и № 4), имели большие объемы камер и массу миокарда ЛЖ по сравнению с группами № 1 и № 2.

Наличие большого разброса сердец со сверхнормативными показателями в группах подчеркивает недостаточность деления видов спорта только по аэробному принципу. Тем не менее можно констатировать, что размеры сердца определенным образом соотносятся с эффективностью спортсменов. При этом наиболее информативными являются объемные показатели, индексированные по ППТ, а не абсолютные. При таком подходе становится доказанной связь «удельных» объемов ЛЖ и ЛП с показателями аэробного и анаэробного обеспечения нагрузок. Эти закономерности сохраняются, несмотря на высокую

разнородность спортивных дисциплин в группах, а также одновременное присутствие спортсменов с нормальными границами сердца или имеющими его эксцентрическую гипертрофию.

Дополнительную информацию по размерам сердца дает центильная оценка рассматриваемых величин. Однако предпринятое нами исследование показало, что в стандартизированных по демографическим показателям больших группах профессиональных спортсменов национального уровня даже при высоких функциональных показателях размеры ЛЖ в большинстве случаев оставались в пределах нормальных референсных значений. Вероятно, наиболее объективной будет оценка ремоделирования сердца в конкретных спортивных дисциплинах, а не в формально объединенных группах. Это подтверждается и существованием множества переходных состояний между группами. Так, например, у спортсменов, занимающихся горными лыжами, средняя величина КДР/ППТ попадает в диапазон как группы № 1, так и группы № 2. Однако КДО ЛЖ/ППТ и ИММ соответствуют только группе № 1. В то же время нагрузочное тестирование показывает, что эти спортсмены обладают хорошей аэробной подготовкой, соответствующей группе № 2. Таким образом, при оценке функциональных требований к спортсменам следует ориентироваться на показатели группы № 2, а при оценке ремоделирования сердца – на показатели группы № 1. Приведенные данные указывают на опреде-

ленную ограниченность классификации и необходимость дальнейшего ее совершенствования.

Заключение. Рассматриваемая классификация отражает общие биологические и функциональные закономерности ремоделирования сердца при изменении вида спортивных нагрузок, однако их количественное выражение подвержено значительным колебаниям.

Применение рассматриваемой классификации к спортсменам ниже международного уровня должно быть ограничено, так как в каждой из групп количество лиц с признаками гипертрофии и ремоделирования ЛЖ носит переменный характер.

Наиболее достоверные различия существуют только между группами № 1 и № 4 (14,4 % vs. 45,0 % сверхнормативных показателей, $p < 0,001$). В группах № 2 и № 3 имеются промежуточные значения размеров сердца, нередко мало отличающиеся между собой.

Для выявления достоверных трендов для КДР ЛЖ, КДО ЛЖ, ММ, ЛП между группами необходима индексация этих показателей по ППТ.

Основные различия между группами определяются пиковым потреблением O_2 и VO_2 ПАНО, которые в наибольшей степени коррелируют с индексированными по ППТ величинами объема ЛЖ.

Максимально допустимые размеры сердца для каждой из групп целесообразно оценивать по центильным показателям, вычисленным для здоровых спортсменов.

Список литературы / References

1. Caselli S., Di Paolo F.M., Pisicchio C. et al. Patterns of Left Ventricular Diastolic Function in Olympic Athletes. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 2015, vol. 28, no. 2, pp. 236–244. DOI: 10.1016/j.echo.2014.09.013
2. Caselli S., Di Pietro R., Di Paolo F.M. et al. Left Ventricular Systolic Performance is Improved in Elite Athletes. *European Journal of Echocardiography*, 2011, vol. 12, no. 7, pp. 514–519. DOI: 10.1093/ejechocard/jer071
3. Harmon K.G., Asif I.M., Maleszewski J.J. et al. Incidence and Etiology of Sudden Cardiac Arrest and Death in High School Athletes in the United States. *Mayo Clinic Proceedings*, 2016, vol. 91, no. 11, pp. 1493–1502. DOI: 10.1016/j.mayocp.2016.07.021
4. Levine B.D., Baggish A.L., Kovacs R.J. et al. Eligibility and Disqualification Recommendations for Competitive Athletes with Cardiovascular Abnormalities: Task Force 1: Classification of Sports: Dynamic, Static, and Impact: a Scientific Statement from the American Heart Association and American College of Cardiology. *Journal of the American College of Cardiology*, 2015, no. 66, pp. 2350–2355. DOI: 10.1016/j.jacc.2015.09.033
5. Pelliccia A., Culasso F., Di Paolo F.M., Maron B.J. Physiologic Left Ventricular Cavity Dilatation in Elite Athletes. *Annals of Internal Medicine*, 1999, vol. 130, no. 1, pp. 23–31. DOI: 10.7326/0003-4819-130-1-199901050-00005

6. Peterson D.F., Kucera K., Thomas L.C. et al. Aetiology and Incidence of Sudden Cardiac Arrest and Death in Young Competitive Athletes in the USA: a 4-year Prospective Study. *British Journal of Sports Medicine*, 2021, vol. 55, no. 21, pp. 1196–1203. DOI: 10.1136/bjsports-2020-102666

7. Riding N.R., Salah O., Sharma S. et al. Do Big Athletes have Big Hearts? Impact of Extreme Anthropometry upon Cardiac Hypertrophy in Professional Male Athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 2012, no. 46, suppl. 1, pp. 90–97. DOI: 10.1136/bjsports-2012-091258

Информация об авторах

Шарыкин Александр Сергеевич, доктор медицинских наук, 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.

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

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

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

Усманов Дамир Мунирович, аспирант, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины, Москва, Россия; врач по спортивной медицине, Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия.

Information about the authors

Alexander S. Sharykin, Doctor of Medical Sciences, Cardiologist, Moscow Research and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Health Care Department, Moscow, Russia; Leading Researcher, Federal Research and Clinical Center for Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia.

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

Vladimir I. Pavlov, Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Functional Diagnostics, Moscow Research and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Health Care Department, Moscow, Russia.

Yulia M. Ivanova, Candidate of Medical Sciences, Doctor of the Department of Functional Diagnostics and Sports Medicine, Moscow Research and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Health Care Department, Moscow, Russia.

Damir M. Usmanov, Postgraduate Student, Moscow Research and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Health Care Department, Moscow, Russia; Sports Medicine Doctor, Federal Research and Clinical Center for Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia.

Вклад авторов:

Шарыкин А.С. – проведение исследования, разработка материалов для исследования, анализ и интерпретация полученных данных, написание исходного текста, итоговые выводы, утверждение окончательного варианта.

Бадтиева В.А. – научное руководство, концепция исследования, формулировка ключевых целей и задач.

Павлов В.И. – проведение исследования, анализ материала, участие в научном дизайне.

Иванова Ю.М. – проведение исследований, сбор данных, обработка материала.

Усманов Д.М. – сбор и анализ данных, участие в исследовании, обработка текста.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

Sharykin A.S. – conducting research, developing research materials, analyzing and interpreting the data obtained, writing the original text, providing final conclusions, and approving the final version.

Badtieva V.A. – scientific leadership, developing research concept, formulating key objectives.

Pavlov V.I. – conducting research, analyzing the data obtained, participating in design development.

Ivanova Yu.M. – conducting research, collecting data, processing the data obtained.

Usmanov D.M. – collecting and analyzing the data obtained, participating in research, text processing.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 09.08.2023

The article was submitted 09.08.2023

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЛЕЙКОЦИТАРНЫХ ИНДЕКСОВ В ДИАГНОСТИКЕ ИММУННЫХ НАРУШЕНИЙ У СПОРТСМЕНОВ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Э.Н. Трушина, trushina@ion.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0035-3629>

О.К. Мустафина, mustafina@ion.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7231-9377>

Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи,
Москва, Россия

Аннотация. Цель: проанализировать результаты исследований по характеристике лейкоцитарных индексов, используемых в спортивной медицине, и оценить их значимость в качестве маркеров нарушения иммунного статуса и перетренированности у спортсменов. **Материалы и методы.** Поиск литературных источников осуществляли в интернет-ресурсе PubMed, а также использовали базы данных Scopus и Web of Science. Сайты издательств Springer и Elsevier использовали для доступа к полному тексту статей. В обзор включали источники информации (обзоры и оригинальные статьи), в которых освещались вопросы изучения гематологического профиля у спортсменов при различных физических нагрузках. **Результаты.** В обзоре представлены материалы исследований, посвященных определению гематологических маркеров нарушения иммунного статуса спортсменов после интенсивных физических нагрузок. Предложено использование интегративных и информативных по оценке состояния спортсмена в различные периоды тренировочной и соревновательной деятельности лейкоцитарных индексов: соотношение нейтрофилов (гранулоцитов) к лимфоцитам (NLR или GLR), соотношение моноцитов к лимфоцитам (MLR), соотношение тромбоцитов к лимфоцитам (PLR) и системный индекс иммунного воспаления ($SII = NLR \times \text{тромбоциты}$). Системный индекс иммунного воспаления используется в клинической практике в качестве прогностического маркера при воспалительных процессах различной этиологии. **Заключение.** Гематологические лейкоцитарные индексы могут служить маркерами нарушения иммунного статуса и перетренированности у спортсменов и являются эффективным, недорогим и легко воспроизводимым методом оценки.

Ключевые слова: лейкоцитарные индексы, клеточный иммунитет, спортсмены

Для цитирования: Трушина Э.Н., Мустафина О.К. Об эффективности применения лейкоцитарных индексов в диагностике иммунных нарушений у спортсменов (обзор литературы) // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 4. С. 40–46. DOI: 10.14529/hsm230405

Review article
DOI: 10.14529/hsm230405

ON THE EFFICIENCY OF LEUKOCYTE INDICES IN THE DIAGNOSIS OF IMMUNE DISORDERS IN ATHLETES (A REVIEW OF FOREIGN LITERATURE)

E.N. Trushina, trushina@ion.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0035-3629>

O.K. Mustafina, mustafina@ion.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7231-9377>

Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia

Abstract. Aim. To analyze the data from studies on the use of leukocyte indices in sports medicine and evaluate their significance as markers of impaired immune status and overtraining in athletes. **Material and methods.** A literature review was conducted using the following databases: PubMed, Scopus, and Web of Science. Full articles were obtained from the Springer and Elsevier websites. The review included reviews and original articles about the hematological profile of athletes under exercise. **Results.** This review provides data about studies of hematological markers that indicated an impaired immune status in athletes after

intense exercise. The use of integrative and informative leukocyte indices is proposed depending on the periods of training and competitive activity, including the neutrophil-to-lymphocyte ratio, the monocyte-to-lymphocyte ratio, the platelet-to-lymphocyte ratio, and the systemic immune-inflammation index ($SII = NLR \times \text{platelets}$). The systemic immune-inflammation index is used in clinical practice as a prognostic marker of inflammatory processes of various etiologies. **Conclusion.** Hematological leukocyte indices can serve as markers of impaired immune status and overtraining in athletes and are an effective, inexpensive, and easily reproducible assessment method.

Keywords: leukocyte indices, cellular immunity, athletes

For citation: Trushina E.N., Mustafina O.K. On the efficiency of leukocyte indices in the diagnosis of immune disorders in athletes (a review of foreign literature). *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(4):40–46. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230405

Введение. Гематологический контроль в спортивной практике используется для оценки функционального состояния спортсмена, уровня его тренированности, характера изменений метаболизма. Адаптационные реакции спортсмена, обусловленные нейроэндокринными изменениями и психоэмоциональным напряжением, отражаются в морфологическом составе крови¹. Гематологические лейкоцитарные индексы являются интегральными показателями, которые рассчитываются по данным общего анализа крови, они отражают ответную реакцию организма на физиологические (адаптационные) и патологические (воспалительные, аллергические) процессы. В отечественной клинической диагностике предложен целый ряд (около 18) лейкоцитарных индексов, которые представляют собой соотношение содержания различных форм лейкоцитов (миелоциты, юные нейтрофилы палочкоядерные нейтрофилы, сегментоядерные нейтрофилы, моноциты, лимфоциты, эозинофилы): индекс Гаркави, лейкоцитарный индекс интоксикации, ядерный индекс степени эндотоксикоза, ядерный индекс сдвига, индекс иммунореактивности, нейтрофильно-лимфоцитарный коэффициент, лимфоцитарно-гранулоцитарный индекс и т. д. Однако используются они крайне редко и в основном для диагностики и прогноза течения воспалительных и инфекционных заболеваний [1–3]. В доступных литературных источниках обнаружены лишь единичные сообщения о применении лейкоцитарных индексов в спортивной медицине [4, 5].

¹ Оценка и интерпретация биохимических показателей высококвалифицированных спортсменов в ходе тренировочно-спортивной деятельности: метод. рекомендации / под ред. проф. В.В. Уйба. М.: ФМБА России, 2018. 40 с.

Цель работы – проанализировать результаты исследований по характеристике лейкоцитарных индексов, используемых в спортивной медицине, и оценить их значимость в качестве маркеров нарушения иммунного статуса и перетренированности у спортсменов.

Материалы и методы. Поиск литературных источников осуществляли в интернет-ресурсе PubMed, а также использовали базы данных Scopus и Web of Science. Сайты издательств Springer и Elsevier использовали для доступа к полному тексту статей. В обзор включали источники информации (обзоры и оригинальные статьи), в которых освещались вопросы изучения гематологического профиля у спортсменов при различных физических нагрузках.

Результаты. Регулярные физические упражнения умеренной интенсивности оказывают положительное влияние на иммунитет, в то время как интенсивные физические нагрузки, выполняемые профессиональными спортсменами, часто приводят к транзитной иммуносупрессии, при которой повышается риск развития воспалительных и инфекционных заболеваний [15, 24, 26, 32]. Иммунная дисфункция при физических нагрузках обусловлена повышением уровня гормонов, обладающих иммуномодулирующим действием, таких как адреналин, фактор роста, кортизол [9, 19]. При этом происходит повышенное образование свободных радикалов, активация перекисного окисления липидов, высвобождение во внеклеточную среду аларминов – эндогенных молекулярных факторов, которые впоследствии активируют иммунную систему [21, 35].

Наиболее часто определяемым гематологическим параметром при интенсивной физической нагрузке у спортсменов является лейкоцитоз. Лейкоцитоз может быть следствием

не только клеточной пролиферации в костном мозге и лимфоидных органах при воспалении, но и демаргинации лейкоцитов и выхода клеток в кровотоки из депонирующих органов: селезенки, печени, подкожной жировой клетчатки [19, 22]. Усиленная мобилизация лейкоцитов в кровотоки также может быть опосредована катехоламинами, высвобождаемыми при физических нагрузках, которые связываются с β 2-адренорецепторами лейкоцитов [10, 27]. Повышенное содержание лейкоцитов в периферической крови характерно для воспалительных процессов, в то время как изменение процентного соотношения различных видов лейкоцитов (лейкоцитарная формула) может быть связано с физической нагрузкой или недостаточным восстановлением после тренировки [18, 23].

Повышенное содержание лейкоцитов в периферической крови спортсмена обусловлено ростом числа нейтрофилов и лимфоцитов во время физической нагрузки. В начальный период восстановления абсолютное содержание нейтрофилов имеет тенденцию к повышению, в то время как число лимфоцитов снижается [16]. Сроки восстановления иммунной реактивности значительно различаются в зависимости от продолжительности и интенсивности применяемого режима упражнений. После прекращения физической нагрузки через 1–2 часа классическая двухфазная реакция лимфоцитов на физическую нагрузку характеризуется резким снижением их содержания в периферической крови. Абсолютное содержание лимфоцитов в периферической крови обычно возвращается к дотренировочному уровню в течение 24 часов [12]. Лимфопения, вызванная физической нагрузкой, является следствием перераспределения лимфоцитов в потенциальные места воспаления, тем самым усиливается клеточный иммунный ответ и регуляция [14].

Установлено влияние интенсивных физических нагрузок спортсменов на состав и функциональную активность иммунокомпетентных клеток [9, 30]. Лимфоцитоз, развивающийся во время и сразу после окончания физической нагрузки, обусловлен главным образом притоком естественных клеток-киллеров (NK-клеток), количество которых увеличивается в несколько раз, и цитотоксических Т-лимфоцитов CD8+, число которых увеличивается в меньшей, но все же значительной степени [7, 8]. Эта клеточная мобили-

зация зависит от интенсивности упражнений, частично обусловлена повышением артериального давления, гипертермией, гиперемией во время упражнений [29]. Реакция мобилизации лимфоцитов, наблюдаемая во время физической нагрузки, отражает дифференциальную экспрессию бета-2-адренорецепторов на лимфоцитах: NK-клетки > цитотоксические Т-лимфоциты > В-лимфоциты > Т-лимфоциты хелперы > регуляторные Т-лимфоциты [7, 11, 20, 34]. Установлено, что основными патогенетическими факторами, приводящими к нарушению численности и функции NK-клеток в условиях физического перенапряжения, являются повышенная экспрессия провоспалительных цитокинов, повышение уровней гормонов стресса: катехоламинов, кортизола, бета-эндорфинов, а также гипертермия [25]. Транзиторная иммуносупрессия, развивающаяся после физической нагрузки, обусловлена снижением активности клеточного иммунитета, основными эффекторами которого являются Т-хелперы 1-го типа [31]. При этом повышается относительное содержание Т-цитотоксических лимфоцитов, что может быть связано с более высокой плотностью чувствительных к катехоламинам β 2-адренорецепторов на поверхности Т-CD8+ клеток по сравнению с Т-CD4+ лимфоцитами [10, 26].

Методы проточной цитометрии, применяемые для идентификации субпопуляций лимфоцитов, являются дорогостоящими и малодоступными для спортивных лабораторно-диагностических центров. Одним из основных методов оценки состояния спортсмена и его адаптационного потенциала является общий анализ крови. Для идентификации клеточных маркеров воспаления у спортсменов в тренировочный и соревновательный периоды помимо классического общего анализа крови используются интегративные лейкоцитарные индексы [9, 13, 33]. К ним относятся: соотношение нейтрофилов (гранулоцитов) к лимфоцитам (NLR или GLR), соотношение моноцитов к лимфоцитам (MLR), соотношение тромбоцитов к лимфоцитам (PLR) и системный индекс иммунного воспаления ($SII = NLR \times \text{тромбоциты}$). При наличии лейкоцитоза у спортсменов во время и сразу после физической нагрузки кинетика субпопуляций лейкоцитов может значительно различаться. Так, установлено, что число нейтрофилов и лимфоцитов увеличивается во время тренировки (нейтрофилия, лимфоцитоз), но в восстанови-

тельный период эти клеточные популяции показывают разную кинетику. Объединяя численность нейтрофилов и лимфоцитов в один параметр, NLR может характеризоваться как маркер воспаления в условиях физической нагрузки. Лейкоцитарный индекс PLR также может считаться клеточным маркером воспаления. Важно, что этот маркер учитывает не только субпопуляции лейкоцитов, но и количество тромбоцитов. Системный индекс иммунного воспаления SII объединяет кинетику NLR и PLR в один параметр и характеризует три клеточные популяции, рассчитывается путем умножения NLR на количество тромбоцитов. В настоящее время в клинической практике и спортивной медицине SII используется в качестве прогностического маркера при воспалительных процессах [9].

По сравнению с ответом иммунных клеток достоверные изменения в NLR и SII при интенсивной физической нагрузке обнаруживаются только через 1–2 часа после ее прекращения, что свидетельствует об отсроченном ответе этих маркеров [16]. Установлена эффективность определения SII на различных этапах спортивной деятельности и периодов восстановления, поскольку SII учитывает больше популяций иммунных клеток, чем NLR или PLR. В то время как NLR учитывает две основные популяции иммунных клеток, на которые воздействуют упражнения (нейтрофилы и лимфоциты), SII дополнительно учитывает количество тромбоцитов. Эти результаты подтверждают выводы Joisten et al. [12], которые определили NLR и SII как дешевые и эффективные по периодам исследования маркеры воспаления после интенсивных физических нагрузок. По мнению P. Wahl et al. [9] интеграция индуцированной физической нагрузкой нейтрофилии, лимфоцитопении и тромбоцитоза в один параметр создает физиологическую основу для применения SII в качестве универсального и надежного маркера для оценки воспаления, вызванного физической нагрузкой.

В работе T. Podgórski et al. [6] установле-

ны корреляционные взаимосвязи между повреждением мышц и маркерами воспаления у 21 футболиста в период 6-месячного тренировочного цикла. Спортсмены были тестированы четыре раза: в начале тренировочного периода, через 1,5 месяца тренировок, в середине и в конце соревновательного периода. В качестве маркеров повреждения мышц в периферической крови спортсменов изучали содержание креатинкиназы (СК), миоглобина (MGB) и лактатдегидрогеназы (LDH), уровень которых, согласно данным [17, 28], отражает степень повреждения миоцитов при интенсивных физических нагрузках и недостаточном периоде восстановления спортсмена. В исследовании [6] повышение уровней СК, MGB и LDH отмечалось в соревновательный период, который включал наряду с тренировочным процессом и матчи чемпионата. Изучение маркеров воспаления во время контролируемого тренировочного периода показало достоверное увеличение количества тромбоцитов (PLT) и относительного содержания лимфоцитов (LYM) и моноцитов (MON), а также снижение индексов GLR, LMR и относительного содержания гранулоцитов (GRA). Корреляционный анализ показал несколько статистически значимых взаимосвязей между показателями мышечного повреждения и воспаления: положительные корреляции между относительным содержанием LYM и MGB, а также между относительным содержанием MON, MGB и LDH. Кроме того, были обнаружены значимые отрицательные корреляции между MGB и процентом GRA, а также между MGB и GLR. Таким образом, определение корреляционных взаимосвязей между показателями мышечного повреждения и маркерами воспаления может использоваться для мониторинга перетренированности и утомления спортсменов.

Заключение. Гематологические лейкоцитарные индексы могут служить маркерами нарушения иммунного статуса и перетренированности у спортсменов и являются эффективным, недорогим и легко воспроизводимым методом оценки.

Список литературы / References

1. Иванов, Д.О., Шабалов Н.П., Шабалова Н.Н. Лейкоцитарные индексы клеточной реактивности как показатель наличия гипо- и гиперэргического вариантов неонатального сепсиса // Новости Фармакотерапии. 2005. № 3. С. 62–69. [Ivanov D.O., Shabalov N.P., Shabalova N.N. [Leukocyte Indices of Cellular Reactivity as an Indicator of the Presence of Hypo- and Hyperergic Variants of Neonatal Sepsis]. *Novosty Farmacoterapii* [News of Pharmacotherapy], 2005, no. 3, pp. 62–69. (in Russ.)]

2. Сакович А.Р. Гематологические лейкоцитарные индексы при остром гнойном синусите // Мед. журнал. 2012. Т. 42, № 4. С. 88–91. [Sakovich A.R. [Hematological Leukocyte Indices in Acute Purulent Sinusitis]. *Meditinski zhurnal* [Medical Journal], 2012, vol. 42, no. 4, pp. 88–91. (in Russ.)]
3. Сакович А.Р., Перминов А.Б. Гематологические лейкоцитарные индексы при лор-патологии // Мед. журнал. 2014. № 2. С. 29–30. [Sakovich A.R., Perminov A.B. [Hematological Leukocyte Indices in ENT Pathology]. *Meditinski zhurnal* [Medical Journal], 2014, no. 2, pp. 29–30. (in Russ.)]
4. Трищенкова С.Н. Интегральные гематологические показатели у спортсменов с хронической патологией глотки // Рос. оториноларингология. 2012. Т. 56, № 1. С. 166–168. [Trishchenkova S.N. [Integral Hematological Parameters in Athletes with Chronic Pathology of the Pharynx]. *Rossiyskaya otorinolaringologiya* [Russian Otorhinolaryngology], 2012, vol. 56 (1), pp. 166–168. (in Russ.)]
5. Трищенкова С.Н., Екимовских А.В., Егоров Г.Е. Интегральные гематологические показатели у спортсменов // Материалы I Всерос. конгресса «Медицина для спорта», 19–20 сент. 2011 г. – С. 36–38. [Trishchenkova S.N., Ekimovskikh A.V., Egorov G.E. [Integral Hematological Parameters in Athletes]. *Materialy I Vserossiyskogo kongressa "Meditsina dlya sporta"* [Materials of the I All-Russian Congress Medicine for Sports], 2011, pp. 36–38. (in Russ.)]
6. Podgórski T., Kryściak J., Pluta B. et al. A Practical Approach to Monitoring Biomarkers of Inflammation and Muscle Damage in Youth Soccer Players During a 6-Month Training Cycle. *Journal Human Kinet.*, 2021, vol. 80, pp. 185–197. DOI: 10.2478/hukin-2021-0093
7. Campbell J.P., Riddell N.E., Burns V.E. et al. Acute Exercise Mobilises CD8+ T Lymphocytes Exhibiting an Effector-Memory Phenotype. *Brain, Behavior, and Immunity*, 2009, vol. 23 (6), pp. 767–775. DOI: 10.1016/j.bbi.2009.02.011
8. Shinkai S., Shore S., Shek P.N., Shephard R.J. Acute Exercise and Immune Function. Relationship between Lymphocyte Activity and Changes in Subset Counts. *International Journal of Sports Medicine*, 1992, vol. 13 (6), pp. 452–461. DOI: 10.1055/s-2007-1021297
9. 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, vol. 41, pp. 12–20. DOI: 10.1055/a-1015-0453
10. Graff R.M., Kunz H.E. Agha/β₂-Adrenergic Receptor Signaling Mediates the Preferential Mobilization of Differentiated Subsets of CD8+ T-cells, NK-cells and Non-classical Monocytes in Response to Acute Exercise in Humans. *Brain, Behavior, and Immunity*, 2018, vol. 74, pp. 143–153. DOI: 10.1016/j.bbi.2018.08.017
11. Kruger K., Alack K., Ringseis R. et al. Apoptosis of T-cell Subsets After Acute High-Intensity Interval Exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2016, vol. 48 (10), pp. 2021–2029. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000979
12. Joisten N., Walzik D., Schenk A. et al. Aqua Cycling for Immunological Recovery After Intensive, Eccentric Exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 2019, vol. 119 (6), pp. 1369–1375. DOI: 10.1007/s00421-019-04127-4
13. Cadegiani F.A., Kater C.E. Novel Causes and Consequences of Overtraining Syndrome: the EROS-DISRUPTORS Study. *BMC Sports Science Medicine Rehabilitation*, 2019, vol. 11, p. 21. DOI: 10.1186/s13102-019-0132-x
14. Campbell J.P., Turner J.E. Debunking the Myth of Exercise-induced Immune Suppression: Redefining the Impact of Exercise on Immunological Health Across the Lifespan. *Frontiers in Immunology*, 2018, vol. 9 (648), pp. 1–21. DOI: 10.3389/fimmu.2018.00648
15. Simpson R.J., Campbell J.P., Gleeson M. et al. Can Exercise Affect Immune Function to Increase Susceptibility to Infection? *Exercise Immunology Review*, 2020, vol. 26, pp. 8–22.
16. Schlagheck M.L., Walzik D., Joisten N. et al. Cellular Immune Response to Acute Exercise: Comparison of Endurance and Resistance Exercise. *European Journal of Haematology*, 2020, vol. 105 (1), pp. 75–84. DOI: 10.1111/ejh.13412
17. Romagnoli M., Sanchis-Gomar F., Alis R Risso-Ballester J. et al. Changes in Muscle Damage, Inflammation, and Fatigue-Related Parameters in Young Elite Soccer Players after a Match. *Journal Sports Medicine Physical Fitness*, 2016, vol. 56 (10), pp. 1198–1205.

18. Farjallah M.A., Ghattassi K., Ben Mahmoud L. et al. Effect of Nocturnal Melatonin Intake on Cellular Damage and Recovery from Repeated Sprint Performance During an Intensive Training Schedule. *Chronobiology International*, 2020, vol. 37, pp. 686–698. DOI: 10.1080/07420528.2020.1746797
19. Simpson R.J., Kunz H., Agha N., Graff R. Exercise and the Regulation of Immune Functions. *Progress in Molecular Biology and Translational Science*, 2015, vol. 135, pp. 355–380. DOI: 10.1016/bs.pmbts.2015.08.001
20. Turner J.E., Spielmann G., Wadley A.J. et al. Exercise-induced B Cell Mobilisation: Preliminary Evidence for an Influx of Immature Cells into the Bloodstream. *Physiology & Behavior*, 2016, vol. 164, pp. 376–382. DOI: 10.1016/j.physbeh.2016.06.023
21. Goh J., Behringer M. Exercise Alarms the Immune System: A HMGB1 Perspective. *Cytokine*, 2018, vol. 110, pp. 222–225. DOI: 10.1016/j.cyto.2018.06.031
22. Goh J., Lim C.L., Suzuki K. Effects of Endurance-, Strength-, and Concurrent Training on Cytokines and Inflammation. *Schumann M., Rønnestad B.R., editors. Concurrent Aerobic and Strength Training*. Springer; Basel, Switzerland, 2019, pp. 125–138. DOI: 10.1007/978-3-319-75547-2_9
23. Anđelković M., Baralić I., Đorđević B. et al. Hematological and Biochemical Parameters in Elite Soccer Players During a Competitive Half Season. *Journal Medicine Biochemistry*, 2015, vol. 34 (4), pp. 460–466. DOI: 10.2478/jomb-2014-0057
24. Cerqueira É., Marinho D.A., Neiva H.P., Lourenço O. Inflammatory Effects of High and Moderate Intensity Exercise – A Systematic Review. *Frontiers in Physiology*, 2020, vol. 10, p. 1550. DOI: 10.3389/fphys.2019.01550
25. Pedersen B.K., Illum H. NK Cell Response to Physical Activity: Possible Mechanisms of Action. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1994, vol. 26 (2), pp. 140–146. DOI: 10.1249/00005768-199402000-00003
26. Kurowski M., Seys S., Bonini M. et al. Physical Exercise, Immune Response, and Susceptibility to Infections-current Knowledge and Growing Research Areas. *Allergy*, 2022, vol. 77 (9), pp. 2653–2664. DOI: 10.1111/all.15328
27. Peake J.M., Neubauer O., Walsh N.P., Simpson R.J. Recovery of the Immune System After Exercise. *Journal of Applied Physiology*, 2017, vol. 122 (5), pp. 1077–1087. DOI: 10.1152/jappphysiol.00622.2016
28. Becatti M., Mannucci A., Barygina V. et al. Redox Status Alterations During the Competitive Season in Elite Soccer Players: focus on Peripheral Leukocyte-Derived ROS. *International Emergency Medicine*, 2017, vol. 12 (6), pp. 777–788. DOI: 10.1007/s11739-017-1653-5
29. Shephard R.J. Adhesion Molecules, Catecholamines and Leucocyte Redistribution During and Following Exercise. *American Journal of Sports Medicine*, 2003, vol. 33 (4), pp. 261–284. DOI: 10.2165/00007256-200333040-00002
30. Shek P.N., Sabiston B.N., Buguet A., Radomski M.W. Strenuous Exercise and Immunological Changes: a Multiple-time-point Analysis of Leukocyte Subsets, CD4/CD8 Ratio, Immunoglobulin Production and NK Cell Response. *International Journal of Sports Medicine*, 1995, vol. 16 (7), pp. 466–474. DOI: 10.1055/s-2007-973039
31. Suzuki K., Hayashida H. Effect of Exercise Intensity on Cell-Mediated Immunity. *Sports (Basel)*, 2021, vol. 9 (1), p. 8. DOI: 10.3390/sports9010008
32. Kakanis M.W., Peake J., Brenu E.W. et al. The Open Window of Susceptibility to Infection After Acute Exercise in Healthy Young Male Elite Athletes. *Exercise Immunology Review*, 2010, vol. 16, pp. 119–137.
33. 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, vol. 121 (7), pp. 1803–1814. DOI: 10.1007/s00421-021-04668-7
34. Clifford T., Wood M.J., Stocks P. et al. T-regulatory Cells Exhibit a Biphasic Response to Prolonged Endurance Exercise in Humans. *European Journal of Applied Physiology*, 2017, vol. 117 (8), pp. 1727–1737. DOI: 10.1007/s00421-017-3667-0
35. Yang D., Han Z., Oppenheim J.J. Alarmins and Immunity. *Immunological Reviews*, 2017, vol. 280, pp. 41–56. DOI: 10.1111/imr.12577

Информация об авторах

Трушина Элеонора Николаевна, кандидат медицинских наук, заведующий лабораторией иммунологии, Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, Москва, Россия.

Мустафина Оксана Константиновна, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории иммунологии, Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, Москва, Россия.

Information about the authors

Eleonora N. Trushina, Candidate of Medical Sciences, Head of the Laboratory of Immunology, Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia.

Oksana K. Mustafina, Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Immunology, Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 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 conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 12.08.2023

The article was submitted 12.08.2023

РАЗВИТИЕ НЕРВНО-МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ СТУДЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЬНОГО УМЕНИЯ И НАВЫКА ВЫСШЕГО ПОРЯДКА

В.И. Сиваков, vismaster62@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6986-8460>

В.И. Павлова, pavlovavi@cspu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1347-3408>

Ю.Г. Камскова, kamskovaug@cspu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1816-900X>

Д.А. Сарайкин, saraykind@cspu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0298-6507>

*Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет,
Челябинск, Россия*

Аннотация. Цель: изучение влияния функциональных возможностей нервно-мышечной системы на формирование двигательного навыка высшего порядка студентов. **Организация и методы:** анализ научно-методической литературы, диагностика физической подготовленности и функционального состояния, прибор пульсометр, анкетирование, УЗИ поясничных мышечных позвонков, пальпация, педагогический эксперимент, методы математической статистики (t-Стьюдента и корреляционное определение по Спирмэну). В исследовании приняли участие 36 студентов Южно-Уральского государственного гуманитарно-педагогического университета. **Результаты исследования.** Авторы раскрывают функциональные возможности нервно-мышечной, физической подготовленности в процессе формирования двигательного умения, навыка и навыка высшего порядка. У студентов изменяются функциональные возможности нервно-мышечной системы за счет дыхательных упражнений на гибкость, расслабление с концентрацией на расслабление и возбуждение мышц опорно-двигательного аппарата. **Заключение.** Процесс обучения выполняется эффективней при рациональном возбуждении и расслаблении нервно-мышечной системы с воспроизведением дыхательного цикла, улучшается направление, содержание и форма функциональных процессов физического упражнения.

Ключевые слова: студент, техническая подготовка, функциональные возможности, обучение двигательным действиям высшего порядка

Для цитирования: Развитие нервно-мышечной системы студентов в процессе формирования двигательного умения и навыка высшего порядка / В.И. Сиваков, В.И. Павлова, Ю.Г. Камскова, Д.А. Сарайкин // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 4. С. 47–53. DOI: 10.14529/hsm230406

Original article
DOI: 10.14529/hsm230406

DEVELOPMENT OF THE NEUROMUSCULAR SYSTEM IN UNIVERSITY STUDENTS DURING THE FORMATION OF MOTOR SKILLS

V.I. Sivakov, vismaster62@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6986-8460>

V.I. Pavlova, pavlovavi@cspu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1347-3408>

Yu.G. Kamskova, kamskovaug@cspu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1816-900X>

D.A. Saraykin, saraykind@cspu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0298-6507>

South Ural State University of Humanities and Pedagogy, Chelyabinsk, Russia

Abstract. Aim. To identify the effect of the functional capabilities of the neuromuscular system on the formation of motor skills in university students. **Materials and methods.** The paper provides a review of scientific literature and diagnostics of physical fitness and functional preparedness by means of a heart rate monitor, a survey, ultrasound imaging of the lumbar spine, palpation, a pedagogical experiment, and statistical processing (student's t-test, Spearman correlation). The study involved 36 university students

(South Ural State University of Humanities and Pedagogy). **Results.** The authors describe the functional capabilities of neuromuscular and physical preparedness during the formation of motor skills in university students. The functional capabilities of the neuromuscular system change as a result of respiratory exercise and relaxation exercise aimed at activation and inactivation of locomotor muscles. **Conclusion.** Skill acquisition is considered more effective when accompanied by the rational activation and relaxation of the neuromuscular system with respect to respiratory cycles. This results in an improvement in the form and content of functional performance.

Keywords: university student, technical preparedness, functional capabilities, motor skill acquisition

For citation: Sivakov V.I., Pavlova V.I., Kamskova Yu.G., Saraykin D.A. Development of the neuromuscular system in university students during the formation of motor skills. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(4):47–53. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230406

Введение. На эффективность процесса обучения студентов технике лыжных ходов влияет развитая нервно-мышечная система, дыхательный цикл при отсутствии психофизиологического напряжения мышц, травм опорно-двигательного аппарата. У студентов дыхательный процесс составляет длительный цикл повторений при выполнении физической нагрузки [11–13].

Выполняемые физические упражнения на дыхание, гибкость, расслабление напряженных мышц опорно-двигательного аппарата усиливают развивающую основу позвоночного канала, нервно-мышечной системы и восстановительный процесс. Дыхание выполняет развивающую функцию через дыхательный центр моторной и функциональной системы в процессе формирования двигательного умения и навыка высшего порядка. На развитие нервно-мышечной системы студентов в формировании двигательных действий техники лыжных ходов оказывают влияние упражнения на расслабление функциональной системы [1–4].

Упражнение на расслабление функциональной системы способствует снижению возбуждения центральной нервной и нервно-мышечной системы сильных и слабых мышц. Через многократную физическую нагрузку типизируется тонус слабых мышечных волокон, имеющих множественные взаимосвязи на уровне слабых и сильных мышечных групп. Физические упражнения повышают координационную согласованность, усиливают работу мышц и функциональное состояние лыжников. Развитие функционального состояния нервно-мышечной системы проявляется циклично и индивидуально в виде расслабления, легкости, тепла и т. д.

Цель исследования: изучение влияния функциональных возможностей нервно-

мышечной системы на формирование двигательного навыка высшего порядка техники лыжных ходов у студентов.

Методы исследования: диагностика физической подготовленности и функционального состояния, прибор пульсометр, анкетирование, УЗИ поясничных позвонков, пальпация 5 поясничных позвонков, педагогический эксперимент, методы математической статистики (t-Стьюдента и корреляционное определение по Спирмэну). Участие в исследовании приняли 32 студента Южно-Уральского государственного гуманитарно-педагогического университета. В исследовании применяли анкетирование. Студенты давали оценку функционального состояния по 8-балльной шкале. Изучалась медицинская карта, результаты ультразвукового метода поясничных мышц, проводилась пальпация пяти поясничных мышечных позвонков медицинскими специалистами.

В процессе совершенствования двигательного навыка высшего порядка техники лыжных ходов необходим длительный цикл дыхания в повышении мощности нервно-мышечной системы [5–8]. У студентов постепенно повышается суммарная величина и мощность дыхания от умения к навыку в развитии нервно-мышечной и функциональной системы. С увеличением мощности дыхательного цикла повышается мощность функциональной системы, наступает динамический баланс между процессом расслабления и возбуждения нервно-мышечной системы в совершенствовании навыка высшего порядка [9, 10, 14].

Формированию навыка высшего порядка способствует динамично развитая нервно-мышечная система, оказывающая влияние на расслабление и напряжение мышечных групп выполняемой аэробной и анаэробной физиче-

ской нагрузкой техники лыжных ходов. Напряжение в слабых мышцах не способствует эффективному расслаблению и восстановительному процессу. Эффективному восстановительному процессу способствуют развитые мышцы опорно-двигательного аппарата. У студентов повышается мощность функциональной, нервно-мышечной системы в изучении техники лыжных ходов. Дыхание осуществляется согласованно с фазой напряжения и расслабления мышц. Отсутствие мышечного напряжения существенно повышает функциональную работоспособность двигательного навыка высшего порядка. Результаты опроса психофизиологического состояния студентов-спортсменов определялись на достоверность их значимости.

Результаты обследования. В процессе формирования двигательного умения и навыка высшего порядка техники лыжных ходов у студентов экспериментальной (ЭГ) ($n = 16$) и контрольной (КГ) ($n = 16$) групп отмечается напряжение нервно-мышечной системы, имеются технические ошибки и травмы (табл. 1). Студенты экспериментальной группы с динамично развитой нервно-мышечной системой

показывают высокий уровень формирования двигательного умения и навыка техники лыжных ходов, исключена основа травматизма, грубых и значительных технических ошибок на уровне навыка высшего порядка, улучшается двигательный результат обучения.

Лыжники экспериментальной группы ЭГ в сравнении с результатами контрольной группы КГ имеют различия по окончании педагогического эксперимента в формировании двигательного действия от умения к навыку высшего порядка техники лыжных ходов. Студенты экспериментальной группы не имеют технических ошибок в деталях двигательного действия на уровне умения поддерживающей физической нагрузки функциональной системы при частоте пульсового режима 140 уд./мин при 0,8 и 1,1 балла ($p < 0,05$).

Лыжники ЭГ не имеют травм, технических ошибок в деталях двигательного действия на уровне навыка и развивающей аэробной физической нагрузки при частоте пульса 150 уд./мин на значимом уровне при 0,2 и 0,9 балла ($p < 0,05$). Лыжники ЭГ не имеют травм, технических ошибок в главном звене физического упражнения на уровне навыка

Таблица 1
Table 1

Показатели физической подготовленности поясничных мышц лыжников ($X \pm m$)
Physical measurements in the lumbar muscles of university students ($X \pm m$)

Физические упражнения на поясничные мышцы лыжников Physical exercise	Начало обследования Baseline	Окончание обследования Final measurements
Сила (из упора лежа, поднимание и опускание туловища, количество раз) Strength (push-ups, reps)	34,0 ± 0,9 35,6 ± 0,7 t = 1,37	39,5 ± 0,9 36,2 ± 0,8 t = 2,27
Сила (отжимание в упоре сзади количество раз) Strength (reverse push-ups, reps)	31,5 ± 0,8 32,6 ± 0,9 t = 0,76	38,5 ± 1,1 32,9 ± 0,9 t = 2,77
Сила (сгибание и разгибание спины, лежа на животе, количество раз) Strength (reverse boat exercise, reps)	28,7 ± 0,9 29,8 ± 0,7 t = 0,848	33,8 ± 0,9 29,9 ± 1,0 t = 2,15
Сила (сгибание и разгибание мышц, лежа на спине, количество раз) Strength (boat exercise, reps)	28,5 ± 0,8 27,4 ± 0,9 t = 0,77	34,4 ± 1,2 29,2 ± 0,9 t = 2,31
Сила (лежа на спине, подъем прямых ног за 60 с) Strength (double leg lift per 60 s)	39,5 ± 1,0 40,3 ± 0,8 t = 0,49	45,2 ± 0,9 43,2 ± 0,9 t = 1,23
Гибкость (наклон вперед, см) Flexibility (standing forward bend, cm)	1,3 ± 0,7 1,5 ± 0,7 t = 0,20	4,8 ± 0,8 1,7 ± 0,7 t = 2,42

Примечание: $p < 0,05$ изменения достоверны между началом и окончанием эксперимента.

Note: $p < 0.05$ changes are significant between baseline and final measurements.

развивающей аэробной физической нагрузки при частоте пульсе 160 уд./мин при 0,3 и 0,8 балла ($p < 0,05$). Лыжники ЭГ не имеют травм, технических ошибок на уровне навыка высшего порядка развивающей анаэробной физической нагрузки функциональной системы при частоте пульсе 170 уд./мин при 0,4 и 0,9 балла ($p < 0,05$). Лыжники ЭГ по отношению КГ показали различия в тестовых показателях формирования навыка высшего порядка.

У лыжников ЭГ определена взаимосвязь между гибкостью и силой мышц спины на уровне (при $r = 0,467$, $p < 0,05$). Выявлена взаимосвязь между гибкостью и техническими ошибками в главном звене техники попеременных лыжных ходов (при $r = 0,448$, $p < 0,05$), между гибкостью и техническими ошибками в деталях техники одновременных ходов (при $r = 0,523$, $p < 0,05$). Отсутствие напряженности в мышечных группах повышает эффективность нервно-мышечной системы двигательного действия при формировании навыка высшего порядка техники лыжных ходов.

Основными причинами напряжения нервно-мышечной системы у студентов в процессе обучения являются утомление, переутомление, неадаптированная физическая нагрузка, травматизм и т. д. Студенты с развитой нервно-мышечной системой восстанавливаются оперативно после учебно-тренировочной нагрузки в совершенствовании двигательного навыка высшего порядка. Формированию на-

выка высшего порядка способствует развитая функциональная система, оказывающая влияние на расслабление и напряжение мышечных групп, выполняющих аэробную и анаэробную физическую нагрузку. Процесс расслабления и напряжения нервно-мышечной системы студентов существенно изменяет работоспособность функциональной системы за непродолжительное время содержания и формы мышечных групп лыжников.

В табл. 2 представлены результаты тонуса поясничных мышц у лыжников ЭГ. В начале педагогического эксперимента у лыжников ЭГ не установлено напряжение нервно-мышечной системы поясничных мышц техники лыжных ходов ($p < 0,05$). У лыжников ЭГ в конце исследования выявлены различия в напряжении поясничных мышц на уровне первого ($p < 0,05$), второго ($p < 0,05$), третьего ($p < 0,05$), четвертого ($p < 0,05$), пятого ($p < 0,05$) поясничных мышц нервно-мышечной системы. У лыжников выявлен ($p < 0,05$) повышенный тонус спинных мышц двигательной активности на уровне формирования навыка высшего порядка. У студентов нервно-мышечная система должна быть функционально развита в процессе обучения навыку высшего порядка техники попеременных ходов. Студенты с развитой нервно-мышечной системой в процессе совершенствования двигательного навыка показывают высокие результаты двигательных качеств: стабильность, вариативность, экономичность, энергетичность, результативность техники одновременных ходов.

Таблица 2
Table 2

Состояние тонуса поясничных мышц у студентов, n = 32 ($X \pm m$)
Muscle tone in university students, n = 32 ($X \pm m$)

Состояние тонуса поясничных мышц студентов Muscle tone	Начало обследования Baseline	Окончание обследования Final measurements	t	p
Двигательная активность Motor activity	7,0 ± 0,4	8,4 ± 0,5	2,32	< 0,05
Первый позвонок L1 vertebra	6,9 ± 0,5	8,2 ± 0,4	2,15	< 0,05
Второй позвонок L2 vertebra	6,4 ± 0,4	7,9 ± 0,5	2,13	< 0,05
Третий позвонок L3 vertebra	6,2 ± 0,4	7,4 ± 0,3	2,41	< 0,05
Четвертый позвонок L4 vertebra	6,7 ± 0,4	7,8 ± 0,3	2,19	< 0,05
Пятый позвонок L5 vertebra	6,5 ± 0,4	7,7 ± 0,3	2,02	< 0,05

У лыжников в формировании двигательного навыка высшего порядка после неоптимальной физической нагрузки нарушается равновесие между процессом возбуждения и торможения нервно-мышечной системы техники классических ходов. Напряжение нервно-мышечной системы не приводит к динамичному процессу, затрудняет формирование двигательного навыка высшего порядка, снижает эффективность технической подготовки лыжников. У студентов между гибкостью и функциональной системой установлена взаимосвязь в повышении эффективности двига-

тельного действия в формировании навыка высшего порядка.

Заключение. На развитие нервно-мышечной системы лыжников влияют двигательные действия, физические упражнения, формы, тонусы мышц, а также рациональность, экономичность, точность координации и согласованность напряжения и расслабления мышц в технике классических и одновременных ходов. При навыке высшего порядка у лыжников в технике лыжных ходов формируются двигательные и воспитываются физические качества через напряжение и расслабление мышц.

Список литературы

1. Коданев, Л.Н. Роль нагрузки в процессе занятий физической культурой со студентами специальной медицинской группы / Л.Н. Коданева, Е.С. Кетлерова // *Человек. Спорт. Медицина.* – 2020. – Т. 20, № 2. – С. 125–131.
2. Князев, С.А. Применение здоровьесохранных технологий в образовательном процессе / С.А. Князев, А.В. Корнаушенко, О.В. Баянкин // *Мир науки, культуры, образования.* – 2019. – № 5 (78). – С. 90–92.
3. Климов, В.М. Влияние разных видов физкультурно-спортивных специализаций на психофизиологический статус студенток / В.М. Климов, Р.И. Айзман // *Психология. Психофизиология.* – 2019. – Т. 12, № 4. – С. 83–92.
4. Наталевич, Л.Ф. Физическая подготовленность студенток третьей функциональной группы разных профилей профессионального обучения / Л.Ф. Наталевич, М.М. Колокольцев // *Современные проблемы науки и образования.* – 2018. – № 1. – С. 47.
5. Отношение студентов и студенток к занятиям по физической культуре / О.Б. Немцев, А.Б. Бгуашев, Р.А. Ахтаов, С.С. Грунина // *Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта.* – 2019. – № 11 (177). – С. 518–524.
6. Повзун, В.Д. Сезонные изменения функционального состояния сердечно-сосудистой системы у студенток с различным уровнем физической активности / В.Д. Повзун, А.А. Повзун // *Теория и практика физ. культуры.* – 2021. – № 11. – С. 53–55.
7. Романов, Ю.Н. Влияние уровня физической подготовленности студенток на систему терморегуляции при охлаждении / Ю.Н. Романов, А.А. Плетнев // *Теория и практика физ. культуры.* – 2019. – № 1. – С. 35–36.
8. Функциональные возможности организма студентов в связи с занятиями физическими нагрузками, направленными на развитие выносливости / Н.В. Святова, А.Ю. Урбанов, С.Ф. Мифтахов, И.Ф. Абдулин // *Соврем. проблемы науки и образования.* – 2018. – № 1. – С. 26.
9. Чекалев, Н.В. Эффекты модернизации педагогического образования / Н.В. Чекалева // *Вестник Омского гос. пед. ун-та. Гуманитар. исследования.* – 2017. – № 3 (16). – С. 175–178.
10. Adyrkhaev, S.G. Modern technology of physical education of disabled students in conditions of inclusive education / S.G. Adyrkhaev // *Pedagogics, psychology, medical biological problems of physical training and sports.* – 2016. – Vol. 1. – P. 4–12. DOI: 10.15561/18189172.2016.0101
11. Effects of short- and long-term adaptation to the middle-altitude hypoxia on the condition of athletes practicing cyclic and acyclic sports / A.P. Isaev, V.V. Erlikh, A.S. Bakhareva & et.al. // *Minerva Ortopedica e Traumatologica.* – 2018. – Vol. 69. – Suppl. 1. – No. 3. – P. 31–42. DOI: 10.23736/S0394-3410.18.03873-0 EID: 2-s2.0-85061581748
12. Functional systems of students' organism depending on physical fitness to physical load / S.L. Popel, G.A. Pyatnychuk, D.V. Pyatnichuk et al. // *Physical Education of Students.* – 2017. – Vol. 21, No. 6. – P. 302–308. DOI: 10.15561/20755279.2017.0607
13. Kostyuchenko, V.F. The individual differentiated training design of health-promoting shaping with mature age women / V.F. Kostyuchenko, A.A. Skidan, E.P. Vrublevskiy // *Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports.* – 2018. – Vol. 22 (6). – P. 295–300.

14. *Physical Activity Measurement for Hearing Impairments in Different Age Level* / O.A. Shokhan, R. Mohd, R. Abdul et al. // *American Journal of Engineering Research (AJER)*. – 2018. – Vol. 8. – P. 29–35.

References

1. Kodaneva L.N., Ketlerova E.S. The Role of Load in the Process of Physical Training with Students of Special Medical Group. *Human. Sport. Medicine*, 2020, vol. 20, no. 2, pp. 125–131. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm200215
2. Knyazev S.A., Kornashenko A.V., Bayankin O.V. [Application of Health-preserving Technologies in the Educational Process]. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya* [World of Science, Culture, Education], 2019, no. 5 (78), pp. 90–92. (in Russ.)
3. Klimov V.M., Aizman R.I. [The Influence of Different Types of Physical Education and Sports Specializations on the Psychophysiological Status of Female Students]. *Psihologiya. Psihofiziologiya* [Psychology. Psychophysiology], 2019, vol. 12, no. 4, pp. 83–92. (in Russ.) DOI: 10.14529/jpps190409
4. Natalevich L.F., Kolokoltsev M.M. [Physical Preparedness of Female Students of the Third Functional Group of Different Profiles of Vocational Training]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education], 2018, no. 1, p. 47. (in Russ.)
5. Nemtsev O.B., Bagashev A.B., Akhtaov R.A., Grunina S.S. [Attitude of Students and Female Students to Physical Training]. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta* [Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University], 2019, no. 11 (177), pp. 518–524. (in Russ.)
6. Povzun V.D., Povzun A.A. [Seasonal Changes in the Functional State of the Cardiovascular System in Female Students with Different Levels of Physical Activity]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2021, no. 11, pp. 53–55. (in Russ.)
7. Romanov Yu.N., Pletnev A.A. [The Influence of the Level of Physical Fitness of Female Students on the System of Thermoregulation in Cooling]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2019, no. 1, pp. 35–36. (in Russ.)
8. Svyatova N.V., Urbanov A.Yu., Miftakhov S.F., Abdulin I.F. [Functional Capabilities of the Body of Students in Connection with Physical Activity Aimed at the Development of Endurance]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education], 2018, no. 1, p. 26. (in Russ.)
9. Chekaleva N.V. [Effects of Modernization of Pedagogical Education]. *Vestnik Omskogo gos. ped. un-ta. Gumanitar. issledovaniya* [Bulletin of the Omsk State Pedagogical University. Humanities Research], 2017, no. 3 (16), pp. 175–178. (in Russ.)
10. Adyrkhaev S.G. Modern Technology of Physical Education of Disabled Students in Conditions of Inclusive Education. *Pedagogics, Psychology, Medical Biological Problems of Physical Training and Sports*, 2016, vol. 1, pp. 4–12. DOI: 10.15561/18189172.2016.0101
11. Isaev A.P., Erlikh V.V., Bakhareva A.S. et al. Effects of Short- and Long-term Adaptation to the Middle-altitude Hypoxia on the Condition of Athletes Practicing Cyclic and Acyclic Sports. *Minerva Ortopedica e Traumatologica*, 2018, vol. 69, suppl. 1, no. 3, pp. 31–42. DOI: 10.23736/S0394-3410.18.03873-0
12. Popel S.L., Pyatnychuk G.A., Pyatnichuk D.V. et al. Functional Systems of Students' Organism Depending on Physical Fitness to Physical Load. *Physical Education of Students*, 2017, vol. 21, no. 6, pp. 302–308. DOI: 10.15561/20755279.2017.0607
13. Kostyuchenko V.F., Skidan A.A., Vrublevskiy E.P. The Individual Differentiated Training Design of Health-promoting Shaping with Mature Age Women. *Pedagogics, Psychology, Medical Biological Problems of Physical Training and Sports*, 2018, vol. 22 (6), pp. 295–300. DOI: 10.15561/18189172.2018.0603
14. Shokhan O.A., Mohd R., Abdul R. et al. Physical Activity Measurement for Hearing Impairments in Different Age Level. *American Journal of Engineering Research (AJER)*, 2018, vol. 8, pp. 29–35.

Информация об авторах

Сиваков Владимир Ильич, доктор педагогических наук, профессор кафедры физического воспитания, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, Челябинск, Россия.

Павлова Вера Ивановна, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник управления научных исследований, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, Челябинск, Россия.

Камскова Юлиана Германовна, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и медико-биологических дисциплин, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, Челябинск, Россия.

Сарайкин Дмитрий Андреевич, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и медико-биологических дисциплин, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, Челябинск, Россия.

Information about the authors

Vladimir I. Sivakov, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor of the Department of Physical Education, South Ural State University of Humanities and Pedagogy, Chelyabinsk, Russia.

Vera I. Pavlova, Doctor of Biological Sciences, Professor, Principal Researcher, Department of Scientific Research, South Ural State University of Humanities and Pedagogy, Chelyabinsk, Russia.

Yuliana G. Kamskova, Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of Life Safety and Biomedical Disciplines, South Ural State University of Humanities and Pedagogy, Chelyabinsk, Russia.

Dmitry A. Saraykin, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Life Safety and Biomedical Disciplines, South Ural State University of Humanities and Pedagogy, Chelyabinsk, Russia.

Статья поступила в редакцию 11.08.2023

The article was submitted 11.08.2023

УЧАСТИЕ СИМПАТО-АДРЕНАЛОВОЙ СИСТЕМЫ В РЕГУЛЯЦИИ ВЕГЕТАТИВНОГО ТОНУСА У ДЕТЕЙ

М.В. Шайхелисламова¹, marishaih2502@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4210-2024>

Н.Б. Дикопольская¹, bettydn@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4093-2123>

Г.А. Билалова¹, g.bilalova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2864-0205>

Ф.Р. Зотова^{2,3}, zfr-nauka@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8711-8807>

Т.Л. Зефирова¹, zefirovtl@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9557-1639>

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

² Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия

³ Казанский государственный медицинский университет, Казань, Россия

Аннотация. **Цель:** исследование роли катехоламинов в обеспечении вегетативного тонуса у мальчиков и девочек школьного возраста. **Методы и материалы исследования.** К исследованию были привлечены ученики 12- и 13-летнего возраста (86 чел.) обоого пола МБОУ «Средняя общеобразовательная школа № 143» г. Казани. Проведено лонгитюдное исследование с двукратным ежегодным определением искомым параметров у одних и тех же детей в течение 2 лет. Об особенностях исходного вегетативного тонуса (ИВТ) судили по данным кардиоинтервалографии (КИГ), полученным при использовании автоматизированного кардиологического комплекса REACARD. Степень функциональной активности симпато-адреналовой системы (САС) регистрировали по методу флюориметрического определения в моче катехоламинов (КА) – адреналина (А), норадrenalина (НА), дофамина (ДА) и их предшественника – ДОФА. Анализировался также относительный показатель экскреции НА/А. **Результаты.** Установлено, что у школьников с различным ИВТ наблюдаются значимые отличия в экскреции КА и ДОФА, характер которых имеет половые особенности. У девочек с доминированием симпато-адреналовых влияний (симпатикотонический тип ИВТ) существенно повышена суточная экскреция НА на фоне снижения ДА, коэффициент НА/А при этом относительно выше, чем у ваготоников, в отличие от группы мальчиков, где уровень экскреции КА и, в частности, НА в состоянии симпатико- и парасимпатикотонии не имеет значимых отличий. Вместе с тем случаи с симпатикотоническим вариантом ИВТ неизменно характеризуются недостатком предшественников и преобладанием нервного компонента САС над гуморальным (НА/А). Это позволяет считать данные признаки достоверным критерием оценки ИВТ у детей и рассматривать их как вариант становления функций вегетативной нервной системы (ВНС) в процессе индивидуального развития организма. **Заключение.** Таким образом, проведенное исследование расширяет представления о механизмах формирования вегетативного тонуса в онтогенезе, позволяет регистрировать ранние сдвиги в системе регуляции вегетативных функций в детском возрасте.

Ключевые слова: симпато-адреналовая система, вегетативный тонус, дети 12 и 13 лет

Для цитирования: Участие симпато-адреналовой системы в регуляции вегетативного тонуса у детей / М.В. Шайхелисламова, Н.Б. Дикопольская, Г.А. Билалова и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 4. С. 54–62. DOI: 10.14529/hsm230407

Original article

DOI: 10.14529/hsm230407

THE ROLE OF THE SYMPATHOADRENAL SYSTEM IN MODULATING AUTONOMIC TONE IN CHILDREN

M.V. Shaykhelislamova¹, marishaih2502@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4210-2024>

N.B. Dikopolskaya¹, bettydn@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4093-2123>

G.A. Bilalova¹, g.bilalova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2864-0205>

F.R. Zotova^{2,3}, zfr-nauka@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8711-8807>

T.L. Zefirov¹, zefirovtl@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9557-1639>

¹ Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

² Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, Russia

³ Kazan State Medical University, Kazan, Russia

Abstract. Aim. To study the role of catecholamines in providing autonomic tone in schoolchildren of both sexes. **Materials and methods.** The study involved 86 schoolchildren of both sexes, ages 12–13, from school No 143 (Kazan, Russia). A longitude study was performed with an annual detection of the same study parameters in the same children during 2 years, two measurements per year. Baseline autonomic tone was assessed with cardiac interval recording (REACARD automated cardiac assessment complex). The functional activity of the sympathoadrenal system (SAS) was recorded by the fluorometric detection of urinary catecholamines (CA), namely adrenaline, noradrenaline (NA), dopamine (DA), and DOFA. The noradrenaline-to-adrenaline excretion ratio was also used. **Results.** Schoolchildren with different baseline autonomic tone have significant, sex-dependent differences in the excretion of CA and DOFA. In girls with the dominance of sympathoadrenal influences (sympathicotonic-type), the daily excretion of NA is significantly increased against a decrease in DA, while the NA/A ratio is relatively higher than that of vagotonics. In boys, no significant differences were found with respect to the level of CA and NA excretion in the states of sympathicotonia and parasympathicotonia. At the same time, cases of sympathicotonic-type autonomic tone are invariably characterized by a lack of precursors and a predominance of the nervous component of the SAS over the humoral one (NA/A). These signs are considered a reliable criterion for the assessment of baseline autonomic tone in children and a variant of the development of the functions of the autonomic nervous system (ANS) in ontogeny. **Conclusion.** Thus, this study expands the understanding of the mechanisms of the development of autonomic tone in ontogeny and provides prospects for the early detection of changes in the system of autonomic regulation in children.

Keywords: sympathoadrenal system, autonomic tone, children, 12 and 13 years old

For citation: Shaykhelislamova M.V., Dikopolskaya N.B., Bilalova G.A., Zotova F.R., Zefirov T.L. The role of the sympathoadrenal system in modulating autonomic tone in children. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(4):54–62. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230407

Введение. Симпато-адреналовая система (САС), являясь составной частью ВНС, осуществляет регуляторное влияние на все процессы жизнедеятельности в растущем организме [8, 15, 17]. Общеизвестно, что функции САС реализуются за счет нейромедиаторов – норадреналина и дофамина, а также гормонов мозгового слоя надпочечников – адреналина и норадреналина, представляющих собой гуморальное регуляторное звено [9, 12, 14]. Благодаря КА и другим медиаторам обеспечиваются адрено-регуляторные процессы на уровне центрального отдела САС [10, 18, 19]. Связь высших вегетативных центров и, в частности, эрготропных и трофотропных ядер гипотала-

муса с симпатическими и парасимпатическими центрами, гипофизом и мозговым слоем надпочечников обеспечивает взаимодействие нервной и эндокринной регуляторных систем [12, 13, 20]. Поскольку адреналин имеет надпочечниковое происхождение, а норадреналин – преимущественно нейрогенное, можно предположить, что соотношение НА/А позволит судить о степени функционального участия нервных и гуморальных механизмов в поддержании гомеостаза [5, 16].

Актуальность затронутой темы связана с тем, что первичные вегетативные дисфункции у детей наблюдаются, как правило, при отсутствии активных жалоб [11, 14] и связаны

с напряжением регуляторных систем [3, 5]. В 20–30 % случаев изменения в состоянии вегетативного баланса имеют неблагоприятное течение и приводят к развитию синдрома вегетативной дистонии (СВД), что является актуальной проблемой в педиатрии, неврологии, физиологии [2, 4]. Этим объясняется важность превентивных исследований уровня КА у мальчиков и девочек школьного возраста, которые пополнят знания о возрастно-половых особенностях становления вегетативного тонуса, позволят выявить ранние сдвиги в системе регуляции вегетативных функций у детей, обеспечить предупреждение развития у них СВД.

Целью работы явилось исследование роли катехоламинов в обеспечении вегетативного тонуса у мальчиков и девочек школьного возраста.

Методы и материалы исследования. К исследованию были привлечены ученики 12- и 13-летнего возраста (86 чел.) обоего пола МБОУ «Средняя общеобразовательная школа № 143» г. Казани. Проведено лонгитюдное исследование с двукратным ежегодным определением искомых параметров у одних и тех же детей в течение 2 лет. Об особенностях исходного вегетативного тонуса (ИВТ) судили по данным кардиоинтервалографии, полученным при использовании автоматизированного кардиологического комплекса REACARD. Метод вариационной пульсографии адекватно отражает функциональное состояние ВНС, индивидуальные особенности и направленность вегетативной регуляции физиологических функций детей [1, 6]. О состоянии ИВТ школьников судили по значениям частоты сердечных сокращений (ЧСС), моды (Мо), амплитуды моды (АМо), вариационного размаха (Δх), регистрируемых в положении испытуемого «лежа» в течение 3 мин. Использовали также количественный интегральный коэффициент – индекс напряжения (ИН) с учетом его возрастных значений [1, 6].

Для повышения физиологической информативности параметров гистограммы параллельно исследовали уровень экскреции КА и их предшественника – ДОФА. Для этого применяли метод флюориметрического определения А, НА, ДА и ДОФА в моче, собранной полностью за 24 часа [7, 16]. О количестве КА судили по интенсивности флюорисценции, которая регистрировалась на приборе БИАН-130 (М-800). Для ее оценки имели эталоны КА фирмы Sigma. О функциональной активности нервного и гуморального компонентов САС

судили по значениям отношения экскреции НА/А. Информативность подобного подхода подтверждена и в других исследованиях [7, 13].

Полученные результаты обрабатывали статистически с помощью пакета программы Microsoft Exel Professional. Для установления значимости различий между изучаемыми показателями использовали t-критерий Стьюдента.

Результаты и их обсуждение. На первом этапе исследования анализировались показатели КИГ, согласно которым у девочек 12 лет с преобладанием симпатикотонических влияний значения Мо и Δх составляют $700,00 \pm 12,59$ мс и $175,66 \pm 7,25$ мс, что на $79,00$ и $381,79$ мс ($p < 0,01$) меньше, чем у ваготоников (табл. 1). При этом значения АМо и ИН, косвенно отражающие симпатический канал регуляции и степень централизации управления сердечным ритмом [1, 6], у них преобладают и существенно выше, чем в состоянии ваго- и нормотонии (различия достоверны в отношении ИН – ($p < 0,01$) и ($p < 0,05$)). В 13-летнем возрасте соотношения между параметрами КИГ при различных вариантах ИВТ аналогичны, обращает на себя внимание резкий скачок значений ИН, которые соответствуют гиперсимпатикотоническим состояниям – $325,70 \pm 39,33$ усл. ед. [1], тогда как в 12 лет он не превышает $140,30 \pm 17,03$ усл. ед. Процентное соотношение и наполняемость различных групп ИВТ у девочек 12 и 13 лет (рис. 1) указывает на то, что школьницы в большинстве своем составляют группу симпатотоников – это 60,0 и 61,55 % в 12 и 13 лет соответственно, тогда как девочки с ваготоническим вариантом ИВТ – лишь 29,90 и 38,45 %. Нормотоники регистрируются только среди 12-летних школьниц, их доля не превышает 10,10 % от общего числа обследованных.

Мальчики имеют отличия от девочек, у них, напротив, к 12 годам увеличивается доля испытуемых с ваготоническим типом ИВТ – это 50,06 и 57,14 %, а симпатотоники – лишь 36,32 и 21,44 %. Об усилении парасимпатического тонуса свидетельствует и ИН, он относительно ниже, чем у девочек, и варьирует от $39,30 \pm 2,27$ до $190,15 \pm 23,57$ усл. ед. Полученные данные согласуются с результатами других исследователей, которые также отмечают сдвиг вегетативного баланса у мальчиков 12 и 13 лет в сторону парасимпатикотонии [2, 3, 7, 13].

В ходе следующего этапа работы изучали характер экскреции КА и ДОФА у детей, разделенных на группы по ИВТ (табл. 2).

Таблица 1
Table 1

Значение показателей variability сердечного ритма у школьников 12 и 13 лет (M ± m)
Heart rate variability in schoolchildren, ages 12–13 (M ± m)

№	ИВТ Baseline	Показатель / Parameter											
		ЧСС, уд./мин Heart rate, bpm		Мо, мс Mo (mode), ms		Амо, % Amo (amplitude of mode), %		Δх, мс Δx (variation range), ms		ИН, усл. ед. TI (tension index), conventional units			
		М / В	Д / Г	М / В	Д / Г	М / В	Д / Г	М / В	Д / Г	М / В	Д / Г		
12 лет / 12 years old													
1	C / S	90,90 ± 2,04	112,50 ± 2,65	626,60 ± 9,85	700,00 ± 12,59	34,50 ± 2,00	33,31 ± 7,90	151,66 ± 6,99	175,66 ± 7,25	190,15 ± 23,57	140,30 ± 17,03		
2	H / N	92,02 ± 1,94	98,34 ± 2,00	743,33 ± 13,65	710,00 ± 11,92	28,50 ± 1,87	30,00 ± 2,10	236,00 ± 8,00	276,00 ± 8,82	82,10 ± 4,93	76,60 ± 4,60		
3	B / V	77,97 ± 1,82	92,17 ± 1,36	787,88 ± 16,80	779,00 ± 15,44	19,20 ± 1,35	22,60 ± 1,59	311,66 ± 10,12	557,45 ± 18,27	41,50 ± 2,36	48,50 ± 2,73		
	p 1/2	**	*	**		**		**	**	**	**		
	p 2/3	**	**	**		**	*	**	**	**	*		
	p 1/3	**	**	**		**	*	**	**	**	**		
13 лет / 13 years old													
1	C / S	97,42 ± 1,94	103,20 ± 2,65	747,14 ± 10,43	601,00 ± 9,47	32,38 ± 1,89	38,67 ± 2,01	190,00 ± 22,80	133,30 ± 6,18	116,38 ± 14,55	325,70 ± 39,33		
2	H / N	98,03 ± 2,00	—	750,00 ± 13,84	—	29,90 ± 2,00	—	235,30 ± 8,09	—	85,20 ± 5,10	—		
3	B / V	76,11 ± 1,30	83,33 ± 1,67	751,66 ± 13,00	763,75 ± 12,02	20,45 ± 1,36	23,68 ± 1,25	353,23 ± 11,43	376,25 ± 17,35	39,30 ± 2,27	47,30 ± 5,61		
	p 1/2	**				*		**		**	**		
	p 2/3	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**		
	p 1/3	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**		

Примечание. М – мальчики, Д – девочки; С – симпатикотония, Н – нормотония, В – ваготония; различия достоверны между группами ИВТ «*» p < 0,05; «**» p < 0,01 и выше.

Note. B – boys, G – girls; S – sympathicotonia, N – normotonia, V – vagotonia; differences are significant between baseline tone groups «*» p < 0.05; «**» p < 0.01 and above.

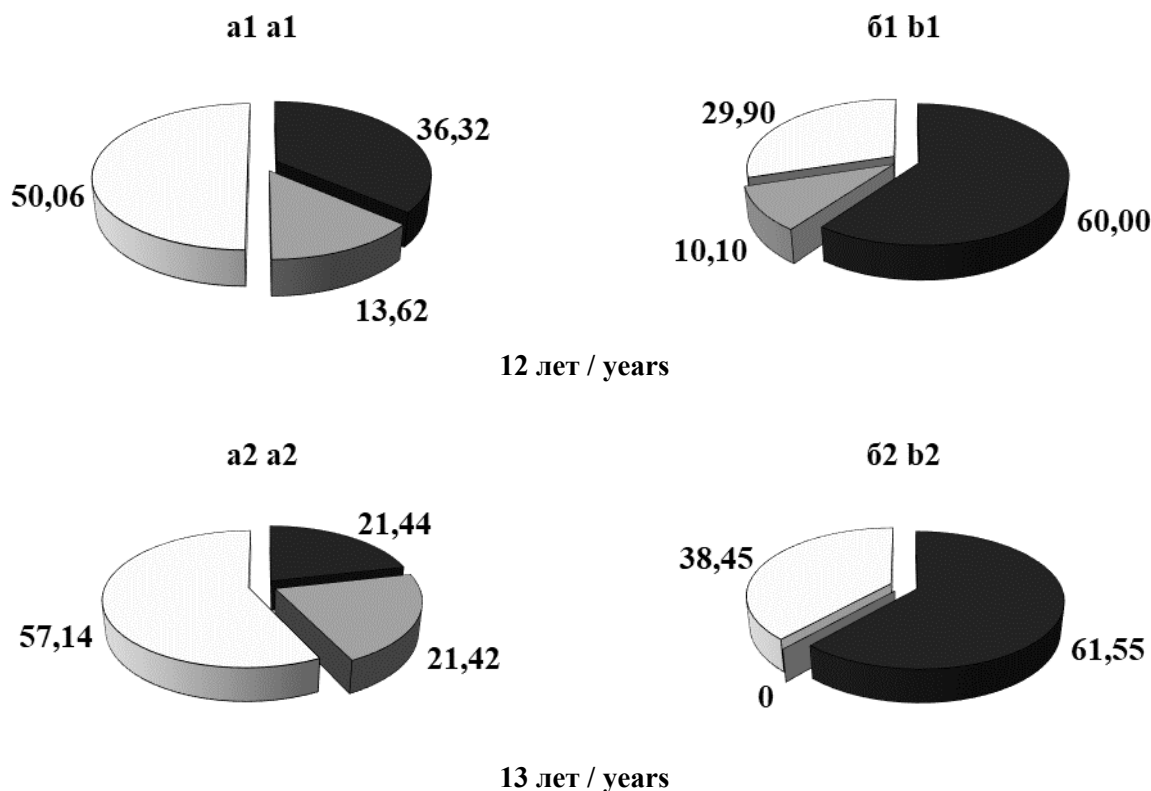


Рис. 1 Соотношение различных вариантов исходного вегетативного тонуса у детей 12 и 13 лет (%). Примечание: а1, а2 – мальчики, б1, б2 – девочки;

■ – симпатикотония, ■ – нормотония, □ – ваготония

Fig. 1. The ratio of variants of baseline tone in children, ages 12–13 (%).

Note: а1, а2 – boys, б1, б2 – girls; ■ – sympathicotonia, ■ – normotonia, □ – vagotonia

Так, у девочек-симпатотоников 12 лет усиление адренергических регуляторных влияний сопровождается повышением уровня НА, суточная экскреция которого равна $23,64 \pm 1,50$ нг/мин. Различия с нормо- и ваготониками математически значимы – $8,79$ нг/мин ($p < 0,05$) и $6,60$ нг/мин ($p < 0,05$) соответственно. О преимущественном участии нервного компонента САС в регуляции вегетативного гомеостаза говорит преобладание экскреции НА над А и большее значение коэффициента НА/А у школьниц-симпатотоников, составляющее $2,95$; у ваготоников он не превышает $2,07$. Особенностью девочек-симпатотоников является и то, что содержание ДА и ДОФА в суточной моче у них достоверно ниже, чем у ваготоников, и находится на уровне $149,82 \pm 7,64$ нг/мин и $16,84 \pm 1,42$ нг/мин, несмотря на повышенную экскрецию НА. Вероятно, имеет место напряжение в цепи биосинтеза КА и снижение резерва ДОФА на фоне повышенной потребности в НА [7, 9, 17]. Уменьшение экскреции ДА регистрируется у школьниц

и в 13 лет, значение которой на $18,83$ нг/мин меньше, чем у ваготоников ($p < 0,05$).

У мальчиков обеих возрастных групп экскреция НА имеет иной характер, она приобретает одинаково высокие значения как у симпато- так и у ваготоников по сравнению с детьми, имеющими нормотонический вариант ИВТ. В 12 лет ее показатели находятся на уровне $19,36 \pm 1,64$ нг/мин и $22,84 \pm 1,84$ нг/мин, это в 1,19 и 1,30 раз больше, чем у школьников в состоянии эйтонии ($p < 0,05$). Картина аналогична и в 13 лет – уровень экскреции НА у нормотоников на $3,02$ нг/мин и $6,50$ нг/мин меньше, чем в других исследуемых группах ИВТ (различия значимы по сравнению с симпатотониками – $p < 0,05$). Возможно, в процессе вегетативной регуляции устанавливается функциональное равновесие отделов ВНС, поддерживающее нейрогуморальный баланс [7, 12, 15]. Однако у всех мальчиков-симпатотоников 12 и 13 лет так же, как и у девочек данной группы ИВТ, сохраняются максимальные значения коэффициента НА/А и умень-

Таблица 2
Table 2

Значение показателей экскреции КА и ДОФА у мальчиков и девочек 12, 13 лет (M ± m)
CA and DOFA excretion in boys and girls, ages 12, 13 years (M ± m)

№	ИВТ Baseline	Показатель / Parameter					
		А, нг/мин Adrenaline (A), ng/min	НА, нг/мин Norepinephrine (NA), ng/min	ДА, нг/мин Dopamine (DA), ng/min	ДОФА, нг/мин DOFA, ng/min	НА/А NA/A	
12 лет / years							
М / В	1	С / S	7,65 ± 0,57	22,84 ± 1,84	148,70 ± 6,04	14,02 ± 1,23	2,98
	2	Н / N	6,65 ± 0,23	16,34 ± 1,45	168,27 ± 8,89	22,35 ± 1,72	2,45
	3	В / V	7,94 ± 0,60	19,36 ± 1,64	172,72 ± 10,35	19,06 ± 1,05	2,43
		p 1/2		*		*	
		p 2/3		*			
	p 1/3			*	*		
Д / Г	1	С / S	8,09 ± 0,58	23,64 ± 1,50	149,82 ± 7,64	16,84 ± 1,42	2,95
	2	Н / N	7,34 ± 0,43	14,85 ± 1,22	164,38 ± 8,02	21,86 ± 1,44	2,02
	3	В / V	8,21 ± 0,60	14,04 ± 1,39	172,27 ± 8,94	19,51 ± 1,15	2,07
		p 1/2		*			
		p 2/3		*			
	p 1/3		*	**	*		
13 лет / years							
М / В	1	С / S	6,96 ± 0,34	22,34 ± 1,00	158,36 ± 6,62	23,02 ± 1,04	3,02
	2	Н / N	8,68 ± 0,41	16,08 ± 1,21	170,64 ± 8,02	20,64 ± 1,25	1,84
	3	В / V	7,96 ± 0,60	19,24 ± 1,00	183,75 ± 9,34	25,24 ± 1,30	2,41
		p 1/2		*			
		p 2/3					
	p 1/3			*			
Д / Г	1	С / S	6,25 ± 0,30	19,63 ± 1,94	150,20 ± 6,66	19,27 ± 1,18	3,14
	2	Н / N	–	–	–	–	–
	3	В / V	7,90 ± 0,25	16,75 ± 1,18	180,08 ± 10,23	21,87 ± 1,24	2,11
		p 1/2					
		p 2/3					
	p 1/3			*			

Примечание. М – мальчики, Д – девочки; С – симпатикотония, Н – нормотония, В – ваготония; различия достоверны между группами ИВТ «*» p < 0,05; «**» p < 0,01 и выше.

Note. В – boys, G – girls; S – sympathicotonia, N – normotonia, V – vagotonia; differences are significant between baseline tone groups “*” p < 0.05; “**” p < 0.01 and above.

шение экскреции ДА по сравнению с ваготониками (p < 0,05), а в 12-летнем возрасте наблюдается и относительное снижение ДОФА – 14,02 ± 1,23 нг/мин, тогда как у нормо- и ваготоников она находится в пределах от 19,06 ± 1,05 нг/мин до 22,35 ± 1,72 нг/мин (p < 0,05). Это может свидетельствовать о напряжении в системе биосинтеза КА [9] и являться достоверным критерием симпатикотонии.

Закключение. Полученные результаты свидетельствуют о наличии существенных различий в состоянии вегетативного тонуса у девочек и мальчиков 12 и 13 лет. Согласно данным КИГ, у девочек в том и другом возрасте ярко выражена симпатикотония, а в группе мальчиков большинство относится

к парасимпатотоникам. Исследование суточной экскреции катехоламинов и ДОФА позволило выявить как общие, так и специфические признаки, характерные для мальчиков и девочек, относящихся к разным группам ИВТ. Так, у девочек, независимо от возраста, состояние симпатикотонии обеспечивается повышенным уровнем экскреции НА, тогда как у мальчиков-симпто- и ваготоников существенные различия в содержании НА отсутствуют. При этом в обеих половых группах симпатикотонический вариант ИВТ характеризуется стойким снижением ДА и ДОФА, а также увеличением коэффициента НА/А, указывающим на возрастающую роль нервного механизма регуляции по сравнению с гормональным.

Установленные сдвиги в системе нейрогормональной регуляции вегетативных функций у школьников 12 и 13 лет диктуют необходи-

мость мониторинга функционального состояния ВНС с целью обеспечения превентивного подхода к проблеме СВД в детском возрасте.

Список литературы

1. Баевский, Р.М. *Современные проблемы космической кардиологии* / Р.М. Баевский // *Авиакосмич. и авиац. медицина*. – 2008. – № 6. – С. 19–31.
2. Бисалиев, Н. *Некоторые аспекты вегетососудистой дистонии у детей г. Актобе* / Н. Бисалиев // *Мед. журнал Западного Казахстана*. – 2011. – № 1 (29). – С. 53–55.
3. Борисова, Т.П. *Клинические проявления и коррекция вегетативной дисфункции у детей и подростков* / Т.П. Борисова, А.Е. Абагуров // *Здоровье ребенка*. – 2018. – Вып. 13. – № 6. – С. 588–595.
4. *Возрастные особенности вегетативного тонуса у детей с синдромом вегетативной дистонии* / В.А. Шашель Л.А. Подпорина, Г.Б. Панеш и др. // *Кубан. науч. мед. вестник*. – 2017. – № 4. – С. 169–172.
5. Григорьев, К.И. *Синдром вегетативной дистонии у детей и подростков* / К.И. Григорьев. Е.Л. Поважная, А.Л. Соловьева // *Мед. сестра*. – 2013. – № 7. – С. 28–31.
6. *Методы исследования сердечного ритма по данным ЭКГ: вариабельность сердечного ритма и вариационное картирование* / Е.М. Новиков, С.В. Стеблецов, В.Н. Ардашев и др. // *КМКВ*. – 2019. – Вып. 4. – С. 81–89.
7. *Реакция симпто-адреналовой системы мальчиков на дозированную физическую нагрузку* / А.В. Крылова, Ф.Г. Ситдииков, Т.А. Аникина, А.А. Зверев // *Наука и спорт. Современ. тенденции*. – 2019. – № 1. – С. 60–66.
8. Судаков, К.В. *Устойчивость к психоэмоциональному стрессу как проблема биобезопасности* / К.В. Судаков // *Вестник РАМН*. – 2002. – № 1. – С. 19–26.
9. Тапбергенов, С.О. *Функциональные и метаболические эффекты симпто-адреналовой системы и стресс: моногр.* / С.О. Тапбергенов, Т.С. Тапбергенов, Б.С. Советов. – Пенза: Академия естествознания. – 2019. – С. 18–32.
10. Хвостова, С.А. *Состояние гипофизарно-надпочечниковой и симпто-адреналовой систем после переломов у больных остеопорозом* / С.А. Хвостова // *Соврем. проблемы науки и образования*. – 2011. – № 4. – С. 38–44.
11. Чутко, Л.С. *Неврозы у детей: моногр.* / Л.С. Чутко. – М.: Медпресс-информ, 2020. – 224 с.
12. *Altered neuroendocrine control and association to clinical symptoms in adolescent chronic fatigue syndrome: a cross-sectional study* / Vegard Bruun Wyller, Valeria Vitelli, Dag Sulheim et al. // *J Transl Med*. – 2016. – Vol. 5, no. 14 (1). – P. 121.
13. Borchard, U. *The Role of the Sympathetic Nervous System in Cardiovascular Disease* / U. Borchard // *Journal of Clinical and Basic Cardiology*. – 2001. – Vol. 4 (3). – P. 175–177.
14. Hering Dagmara. *Role of the Sympathetic Nervous System in Stress-Mediated Cardiovascular Disease* / Dagmara Hering, Kamila Lachowska, Markus Schlaich // *Curr Hypertens Rep*. – 2015. – Vol. 17 (10). – P. 80.
15. Malpas Simon, C. *Sympathetic Nervous System Overactivity and Its Role in the Development of Cardiovascular Disease* / Simon C Malpas // *Physiol Rev*. – 2010. – Vol. 90 (2). – P. 513–557.
16. *Nervous and hormonal mechanisms of regulation of local muscle activity in 7–9-year-old children* / Maria V. Shaykhelislamova, Natalia B. Dikopolskaya, Gulfia A. Bilalova et al. // *Drug Invention Today*. – 2018. – Vol. 10, no. 7. – P. 1125–1128.
17. *Pharmacology of catecholamines in children* / M. Oualha, S. Urien, O. Spreux-Varoquaux, J.-M. Tréluyer // *Médecine Intensive Réanimation*. – 2016. – P. 179–191.
18. Salmanova Sevinj. *The dynamics of the effects of catecholamine excite dumping syndrome in the recovery phase of visual impairment in children who suffered from pre, perinatal encephalopathy* / Sevinj Salmanova, Elmar Kasimov // *Journal of Clinical and Experimental Ophthalmology*. – 2016. – June. – P. 57.
19. *The effect of dopamine on pulmonary diffusing capacity and capillary blood volume responses to exercise in young healthy humans* / Wade W. Michaelchuk, Vincent Tedjasaputra, Tracey L. Bryan et al. // *Exp Physio*. – 2019. – Vol. 104 (12). – P. 1952–1962.
20. Zhang David, Y. *The Sympathetic Nervous System and Heart Failure* / David Y. Zhang, Allen S. Anderson // *Cardiol Clin*. – 2014. – Vol. 32 (1). – P. 33.

References

1. Baevsky R.M. [Modern Problems of Space Cardiology]. *Aerokosmicheskaya i aviatsionnaya meditsina* [Aerospace and Aviation Medicine], 2008, no. 6, pp. 19–31. (in Russ.)
2. Bisaliev N. [Some Aspects of Vegetative-Vascular Dystonia in Children of Aktobe]. *Medicinskiy zhurnal Zapadnogo Kazakhstana* [Medical Journal of Western Kazakhstan], 2011, no. 1 (29), pp. 53–55. (in Russ.)
3. Borisova T.P., Abaturonov A.E. [Clinical Manifestations and Correction of Autonomic Dysfunction in Children and Adolescents]. *Zdorov'e rebenka* [Child Health], 2018, iss. 13, no. 6, pp. 588–595. (in Russ.) DOI: 10.22141/2224-0551.13.6.2018.143165
4. Shashel V.A., Podporina L.A., Panesh G.B. et al. [Age Features of Vegetative Tone in Children with Vegetative Dystonia Syndrome]. *Kubanskiy nauchniy medicinskiy vestnik* [Kuban Scientific Medical Bulletin], 2017, no. 4, pp. 169–172. (in Russ.) DOI: 10.25207/1608-6228-2017-24-4-169-172
5. Grigoriev K.I., Povazhnaya E.L., Solovyov A.L. [Autonomic Dystonia Syndrome in Children and Adolescents]. *Medicinskaya sestra* [Nurse], 2013, no. 7, pp. 28–31. (in Russ.)
6. Novikov E.M., Stebletsov S.V., Ardashev V.N. et al. [Methods for Studying Heart Rate According to ECG Data. Heart Rate Variability and Variation Mapping]. *KMKV* [KMKV], 2019, iss. 4, pp. 81–89. (in Russ.)
7. Krylova A.V., Sitdikov F.G., Anikina T.A. et al. [The Reaction of the Sympathetic-Adrenal System of Boys to Dosed Physical Activity]. *Nauka i sport. Sovremennye tendencii* [Science and Sport. Modern Tendencies], 2019, no. 1, pp. 60–66. (in Russ.)
8. Sudakov K.V. [Resistance to Psycho-Emotional Stress as a Biosecurity Problem]. *Vestnik RAMN* [Herald of RAMS], 2002, no. 1, pp. 19–26. (in Russ.)
9. Tapbergenov S.O., Tapbergenov T.S., Sovietov B.S. *Funkcional'nye i metabolicheskie effekti simpato-adrenalovoy sistemy i stress* [Functional and Metabolic Effects of the Sympathetic-adrenal System and Stress]. Penza: Academy of Natural Sciences Publ., 2019, pp. 18–32.
10. Khvostova S.A. [The State of the Pituitary-adrenal and Sympathetic-adrenal Systems after Fractures in Patients with Osteoporosis]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education], 2011, no. 4, pp. 38–44. (in Russ.)
11. Chutko L.S. *Nevrozy u detey* [Neuroses in Children]. Medpress-inform Publ., 2020. 224 p.
12. Wyller Vegard Bruun, Vitelli Valeria, Sulheim Dag et al. Altered Neuroendocrine Control and Association to Clinical Symptoms in Adolescent Chronic Fatigue Syndrome: a Cross-Sectional Study. *Journal Transl Medicine*, 2016, no. 14 (1), p. 121. DOI: 10.1186/s12967-016-0873-1
13. Borchard U. The Role of the Sympathetic Nervous System in Cardiovascular Disease. *Journal of Clinical and Basic Cardiology*, 2001, no. 4 (3), pp. 175–177.
14. Hering Dagmara, Lachowska Kamila, Schlaich Markus et al. Role of the Sympathetic Nervous System in Stress-Mediated Cardiovascular Disease. *Curr Hypertens Rep.*, 2015, no. 17 (10), p. 80. DOI: 10.1007/s11906-015-0594-5
15. Malpas Simon C. Sympathetic Nervous System Overactivity and Its Role in the Development of Cardiovascular Disease. *Physiology Rev.*, 2010, no. 90 (2), pp. 513–557. DOI: 10.1152/physrev.00007.2009
16. Shaykhelislamova M.V., Dikopolskaya N.B., Bilalova G.A. et al. Nervous and Hormonal Mechanisms of Regulation of Local Muscle Activity in 7–9-year-old Children. *Journal: Drug Invention Today*, 2018, vol. 10, no. 7, pp. 1125–1128.
17. Oualha M., Urien S., Spreux-Varoquaux O. et al. Pharmacology of Catecholamines in Children. *Médecine Intensive Réanimation*, 2016, pp. 179–191. DOI: 10.1007/s13546-016-1216-1
18. Salmanova S., Kasimov E. The Dynamics of the Effects of Catecholamine Excite Dumping Syndrome in the Recovery Phase of Visual Impairment in Children who Suffered from Pre, Perinatal Encephalopathy. *Journal of Clinical and Experimental Ophthalmology*, 2016, p. 57.
19. Michaelchuk W.W., Tedjasaputra V., Bryan T.L. et al. The Effect of Dopamine on Pulmonary Diffusing Capacity and Capillary Blood Volume Responses to Exercise in Young Healthy Humans. *Experimental Physiology*, 2019, no. 104 (12), pp. 1952–1962. DOI: 10.1113/EP088056
20. Zhang D.Y., Anderson A.S. The Sympathetic Nervous System and Heart Failure. *Cardiology Clinical*, 2014, no. 32 (1), p. 33. DOI: 10.1016/j.ccl.2013.09.010

Информация об авторах

Шайхелисламова Мария Владимировна, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры охраны здоровья человека Института фундаментальной медицины и биологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия.

Дикопольская Наталья Борисовна, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры охраны здоровья человека Института фундаментальной медицины и биологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия.

Билалова Гульфия Альбертовна, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры охраны здоровья человека Института фундаментальной медицины и биологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия.

Зотова Фируза Рахматулловна, доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия; профессор кафедры физического воспитания и здоровья, Казанский государственный медицинский университет, Казань, Россия.

Зефирова Тимур Львович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой охраны здоровья человека Института фундаментальной медицины и биологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия.

Information about the authors

Maria V. Shaykhelislamova, Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Human Health Protection; Institute of Fundamental Medicine and Biology, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia.

Natalya B. Dikopolskaya, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Human Health Protection; Institute of Fundamental Medicine and Biology, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia.

Gulfiya A. Bilalova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Human Health Protection; Institute of Fundamental Medicine and Biology, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia.

Firuz R. Zotova, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of the Department of Theory and Methodology of Physical Culture and Sports; Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, Russia; Professor of the Department of Physical Education and Health, Kazan State Medical University, Kazan, Russia.

Timur L. Zefirov, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Human Health Protection; Institute of Fundamental Medicine and Biology, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia.

Статья поступила в редакцию 01.10.2023

The article was submitted 01.10.2023

Спортивная тренировка Sports training

Original article

DOI: 10.14529/hsm230408

COMPARISON, STATISTICS AND ANALYSIS OF THE TECHNIQUES USED IN TABLE TENNIS

Li Tie¹, itie_77@163.com, <https://orcid.org/0000-0003-4195-2828>

Wang Jun¹, zwhit@hit.edu.cn, <https://orcid.org/0000-0002-5676-6481>

V.S. Timofeev², yakuthd@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-6422-5647>

Xiao Qi³, 19246258@qq.com, <https://orcid.org/0000-0003-0709-0996>

¹ Harbin Sport University, Harbin, China

² North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

³ Hebei Environmental Engineering College, Qinhuangdao, China

Abstract: In our research, we chose 28 matches of two top table tennis players from China and analyzed the methods they used in each match. **Aim:** to offer practical suggestions for the development of the game of table tennis on statistics and analysis of players. **Materials and methods:** The paper adopted the documentary, video observation, mathematical and statistical and comparative analysis methods. **Results:** subjects were able to control their opponents in the winning game by combining short balls with semi-volleys or short balls with long backhand variations to increase their own chances of attacking and pulling back to open up the game and take the initiative. The research result was a detailed analysis and comparison of the two athletes' game, depending on the task and the technical features of the players' training. **Conclusions:** In conclusion, the authors share with their observations of the athletes' tactical style, depending on the results they showed during the game.

Keywords: Table tennis, technical analysis, comparative statistics, table tennis in China

For citation: Li Tie, Wang Jun, Timofeev V.S., Xiao Qi. Comparison, statistics and analysis of the techniques used in table tennis. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(4):63–73. DOI: 10.14529/hsm230408

Научная статья

УДК 796.342.084.2

DOI: 10.14529/hsm230408

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ, СТАТИСТИЧЕСКИЙ И ОПИСАТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНИК, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В НАСТОЛЬНОМ ТЕННИСЕ

Ли Те¹, itie_77@163.com, <https://orcid.org/0000-0003-4195-2828>

Дзюнь Ванг¹, zwhit@hit.edu.cn, <https://orcid.org/0000-0002-5676-6481>

В.С. Тимофеев², yakuthd@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-6422-5647>

Сяо Чи³, 19246258@qq.com, <https://orcid.org/0000-0003-0709-0996>

¹ Харбинский спортивный университет, Харбин, Китай

² Северо-Восточный федеральный университет, Якутск, Россия

³ Хэбэйский колледж экологической инженерии, Циньхуандао, Китай

Аннотация. Исследование представляет собой анализ статистики 28 матчей двух лучших игроков в настольный теннис из Китая и методов, которые они использовали в каждом матче. **Цель:** предложить практические рекомендации по улучшению игры в настольный теннис по данным игровой статистики и анализа действий игроков. **Материалы и методы.** В статье используют анализ документов и видеозаписей, а также методы математического, статистического и сравнительного анализа. **Результаты.** В выигранных матчах исследуемые игроки смогли контролировать своих противников, комбинируя короткие мячи с ударами с полулета или короткие мячи с вариациями

длинного удара закрытой ракеткой, чтобы увеличить свои собственные шансы атаковать и отступить для перехода к открытой игре и перехвата инициативы. Результатом исследования стал детальный анализ и сравнение игры двух спортсменов в зависимости от поставленной задачи и технических особенностей подготовки игроков. **Заключение.** Авторы представляют свои выводы о тактическом стиле спортсменов в зависимости от результатов, показанных ими в ходе игры.

Ключевые слова: настольный теннис, технический анализ, сравнительная статистика, настольный теннис в Китае

Для цитирования: Comparison, statistics and analysis of the techniques used in table tennis / Li Tie, Wang Jun, V.S. Timofeev, Xiao Qi // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 4. С. 63–73. DOI: 10.14529/hsm230408

The purpose of this study is a detailed analysis of the technical characteristics of the table tennis game of Chinese athletes.

Materials and methods. Literature method. In the database of China Knowledge Network, “table tennis” and “comparative analysis of tactics” were used as keywords to search for papers published in China between 2011 and 2019 [6–10]. The retrieved literature was integrated and analyzed to provide a theoretical basis for the writing of this paper. Video observation method. Video recordings of important matches of international and national tournaments in which Lin and Wang played against the best table tennis players in the world between 2018 and 2019 respectively were viewed, its a total of 28 matches [11, 13, 15]. The tactical characteristics they used in their matches are each visualized and analyzed. Tactics and drop-ins are counted and analyzed on this basis. Mathematical and statistical method. Excel software was utilized to analyses the three periods of the game between table tennis players Lin and Wang, which included the stealing on the serve, stealing on the receive and serve, and holding [12, 14]. At the same time, the tactical characteristics of the players were summarized, which provided the data to support this paper. Comparative Analysis Method [2, 3]. In this paper, Lin and Wang's win and loss matches against different opponents in different matches are used as the basis for comparison based on the three-stage statistical method. The similarities and differences between the tactical characteristics of Lin and Wang in their matches are observed in detail, as well as the patterns of tactical use, strengths and weaknesses [1, 4, 5].

Results and their discussion

1. Comparative analysis of the use of the drop shot between Lin and Wang

In the serving stage, Lin and Wang were able to control their opponents in the winning game

by combining short balls with semi-volleys or short balls with long backhand variations, which was effective overall. However, in the losing court, this advantage was not played out, with the majority of serve drop points being concentrated on short balls, which were too single and rigid, and the advantage in the winning court was greatly limited.

In the winning game, Lin is more inclined to serve short and then make a rush, mainly through the variation of serve, as a way to take the initiative on the court; while Wang is relatively more varied in terms of drop point, where serving long balls in the backhand position is very effective, both in holding the opponent's stance, so that the opponent dare not stray too close to the middle, always pay attention to the short forehand receive and serve, but also keep an eye on the backhand long ball sneak attack, which is very effective.

In the losing match, Lin's short serve was less effective than in the winning match, as he was pinned down by his opponent after serving short and pulling up the board, and did not play to his advantage. In the corresponding match on the losing court, Wang tried to control his opponent by serving short balls to take the initiative on the court, and his serves were all concentrated on the three drop points of the short balls, which had a low scoring rate. The opponent easily attacked the technical start of the board and the effect of the serve and grab did not look as good as it should have been.

In summary, Lin and Wang were able to control their opponents in the winning game by combining short balls with semi-volleys or short balls with long backhand variations to increase their own chances of attacking and pulling back to open up the game and take the initiative. The opponent was able to control the rhythm of the game by controlling the ball and attacking

on the table, which caused Lin and Wang to lose their rhythm and initiative.

Comparative analysis of the technical use characteristics of the Lin and Wang third boards. Wang is better than Lin in terms of control on the third board, while Lin is better in terms of grabbing the ball on the third board. Lin is able to attack aggressively after serving by pulling the ball with his forehand and backhand, and is faster at pressing the close table. For Wang, on the other hand, he is better at creating a threat to his opponents through a combination of control and stealing when stealing opportunities are poor, as shown in the data (Table 1).

In the winning game, Lin and Wang mainly attacked in the third board, with the combined usage rate of forehand, backhand and side pull exceeding 70 %. Wang's opponents were prone to misjudging the serve due to more variations in the serve, which resulted in many opportunity shots, however Wang's forehand pull had too much weight shift, resulting in more pulling errors. Lin's third backhand pull has obvious advantages. After serving, the backhand pull slash is of high quality and speed, which is a difficult point for the opponent to handle.

In the losing game, Lin and Wang also had the highest backhand pull usage, but the scoring rate dropped significantly. Lin was more confi-

dent in using the backhand pull than the forehand pull, and Lin used the backhand pull in the forehand position to attack, resulting in a low score on the forehand pull but a high usage rate, thus compromising the quality of the attack and causing a significant drop in the score. Wang's use of the forehand pull in the losing court is more reasonable, which is directly related to their different playing styles, as Lin is more confident in his use of backhand technique, while Wang's forehand ability is more prominent and he uses his side-stance more frequently, and is often able to achieve unexpected results through aggressive side-stance play when the opportunity allows (Fig. 1).

Based on the overall scoring rates of Lin's and Wang's third board skills in Fig. 1, it can be seen that Wang is better than Lin in terms of third board control, and Lin is better in terms of the corresponding third board steal. After serving, Lin was able to get the ball overhand with a backhand pull, keeping himself in position and pressing the near post to keep his opponent in check. Wang, on the other hand, is more adept at creating a threat to his opponents through a combination of control and attacking when his opponents are already retreating from the table in preparation for a counter-attack or defence, and is more likely to cause his opponents to lose their positions.

Table 1

Technical statistics for the third board

	Scores and losses	Swing	Chop	Twist	pick	Front hand pull	Backhand pull	Side pull	Total
Lin's Win	Score (points)	4	5	9	9	16	44	7	94
	Loss (points)	7	2	2	1	20	25	4	61
	Scoring rate (%)	36.36	71.43	81.82	90.00	44.44	63.77	63.64	60.65
	Utilization rate (%)	7.10	4.52	7.10	6.45	23.23	44.52	7.10	100.00
Wang's Win	Score (points)	5	3	4	9	15	37	10	83
	Loss (points)	1	0	1	2	16	22	8	50
	Scoring rate (%)	83.33	100.00	80.00	81.82	48.39	62.71	55.56	62.41
	Utilization rate (%)	4.51	2.26	3.76	8.27	23.31	44.36	13.53	100.00
Lin's Loss	Score (points)	4	3	3	10	16	31	0	67
	Loss (points)	3	2	7	9	7	28	1	57
	Scoring rate (%)	57.14	60.00	30.00	52.63	69.57	52.54	0.00	54.03
	Utilization rate (%)	5.65	4.03	8.06	15.32	18.55	47.58	0.81	100.00
Wang's Loss	Score (points)	11	2	1	4	14	26	7	65
	Loss (points)	7	0	3	5	10	29	7	61
	Scoring rate (%)	61.11	100.00	25.00	44.44	58.33	47.27	50.00	51.59
	Utilization rate (%)	14.29	1.59	3.17	7.14	19.05	43.65	11.11	100.00

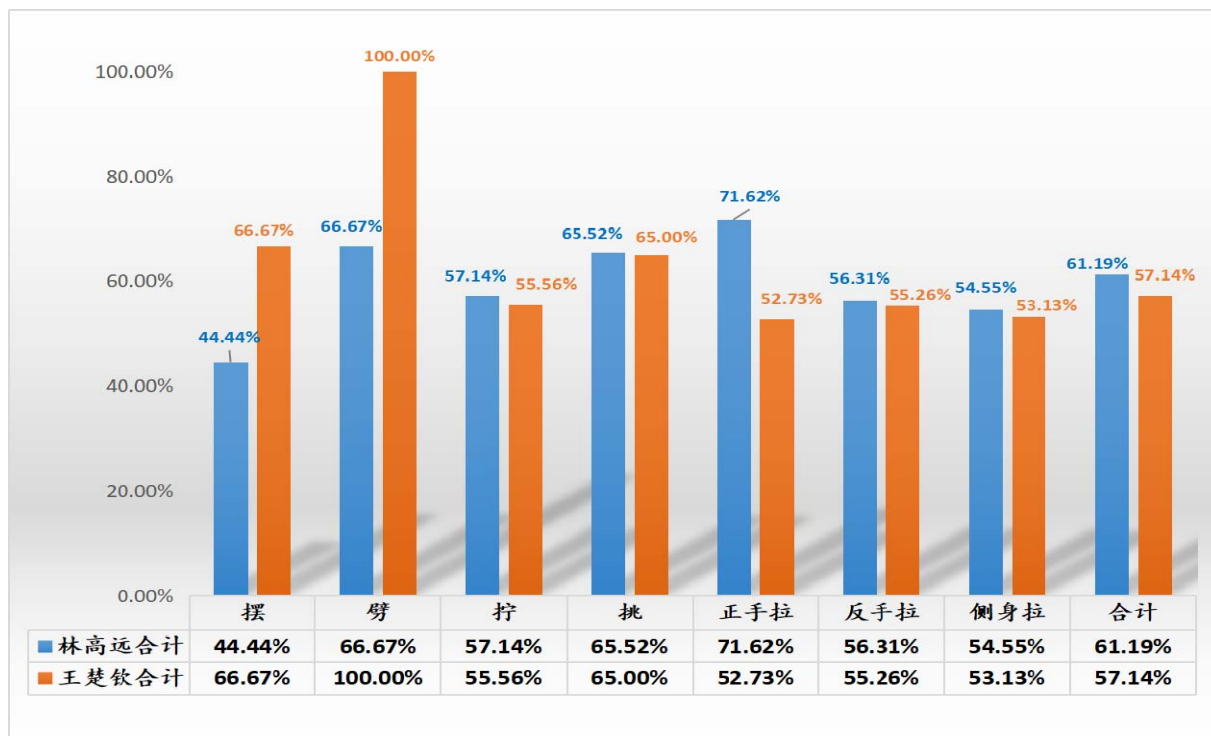


Fig. 1. Statistical graph of the combined scoring rate of Lin and Wang's winning and losing third board skills

2. Catch and grab stage. Comparative analysis of the characteristics of Lin's and Wang's technical use of receiving and serving

Lin is weaker in the receiving stage, with lower quality wringing and pulling, and is always in a passive position after receiving and stealing. Wang outperformed Lin in the receive and serve segment, and the use of backhand twisting and pulling technique was an important scoring tool for him to suppress his opponent in the receive and grab segment (Table 2).

In the match, Lin used mainly short and twisting techniques, with a combined usage rate of nearly 60%. However, the quality of twisting and pulling was low, and the landing point control was mostly on both sides of the middle line. Wang outperformed Lin in the receiving and serving rounds, especially in the twisting and pulling technique, with a usage rate of 27.60% and a high scoring rate. Wang's twisting and pulling technique is more threatening than Lin's, with more explosive power in the moment of strike and often twisting and pulling the opponent's serve in the forehand position to suppress the opponent.

In the losing match, the disadvantage of Lin's receiving and serving was evident, as his

opponent took advantage of the low quality of Lin's backhand twisting and pulling to increase the proportion of short balls. On the contrary, the overall situation of Wang's serve was better than Lin's, but in the losing court, the score rate of short swing dropped significantly compared to the winning court.

As can be seen from Fig. 2, Lin is weaker in the receiving part of the serve, as he pays too much attention to the short ball, which makes his judgement not accurate enough and makes more mistakes when he is barely on the ball. Therefore, the quality of twisting and pulling should be strengthened in training, as well as the top rate and quality of the forehand half-volley. Wang's backhand pulling technique is an important means to suppress the opponent in the receiving stage, and it can often disrupt the opponent's attacking rhythm by pulling up the short ball served at the forehand position, creating a good situation for his next attack. However, the quality of the backhand pull is low and easy to be pulled back by the opponent. It is necessary to further strengthen the quality of the backhand pull up, especially to keep an eye on the opponent to limit the accuracy of the judgement of the half-volley.

Table 2

Lin and Wang Winning and Losing Game Receiving and Serving Technique

	Scores and losses	Swing	Chop	Twist	Pick	Front hand pull	Backhand pull	Side pull	Total
Lin's Win	Score (points)	73	5	26	24	4	23	3	158
	Missing points (points)	61	6	28	28	5	17	2	147
	Scoring rate (%)	54.48	45.45	48.15	46.15	44.44	57.50	60.00	51.80
	Utilization rate (%)	43.93	3.61	17.70	17.05	2.95	13.11	1.64	100.00
Wang's Win	Score (points)	69	15	46	2	8	20	3	163
	Missing points (points)	56	17	39	2	5	25	1	145
	Scoring rate (%)	55.20	46.88	54.12	50.00	61.54	44.44	75.00	52.92
	Utilization rate (%)	40.58	10.39	27.60	1.30	4.22	14.61	1.30	100.00
Lin's Lose	Score (points)	30	4	47	5	3	14	0	103
	Missing points (points)	59	8	80	8	11	17	0	183
	Scoring rate (%)	33.71	33.33	37.01	38.46	21.43	45.16	0.00	36.01
	Utilization rate (%)	31.12	4.20	44.41	4.55	4.90	10.84	0.00	100.00
Wang's Lose	Score (points)	49	18	62	0	7	14	0	150
	Missing points (points)	95	17	58	1	2	27	2	202
	Scoring rate (%)	34.03	51.43	51.67	0.00	77.78	34.15	0.00	42.61
	Utilization rate (%)	40.9	9.94	34.09	0.28	2.56	11.65	0.57	100.00

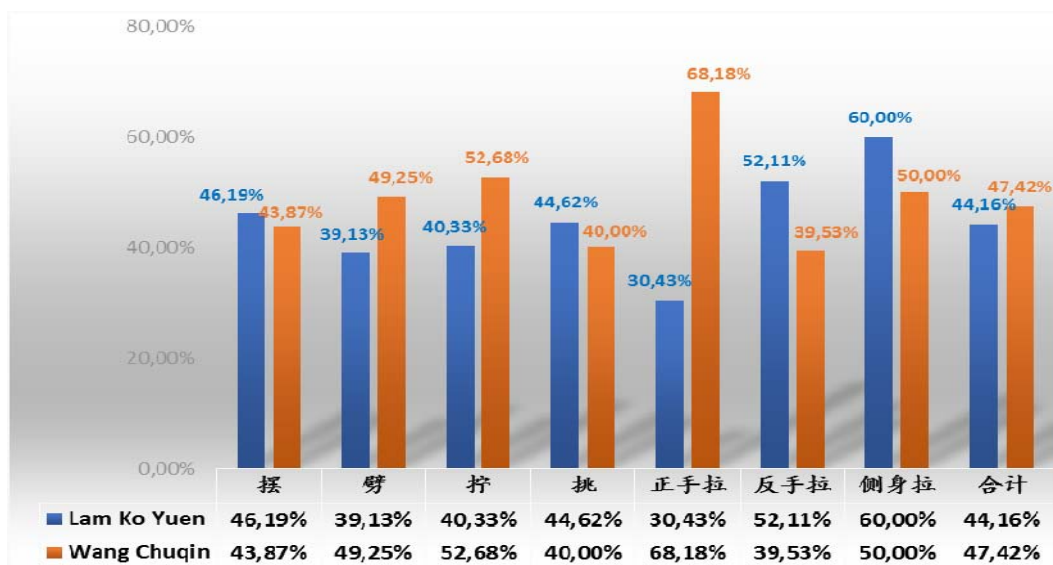


Fig. 2. Statistical graph of the combined scoring rate of Lin and Wang's winning and losing court receiving and serving skills

Comparative analysis of the characteristics of the use of the drop shot between Lin and Wang. In the winning game, the highest usage rate was 35.7 for Lin's backhand long ball, while the usage rates for Wang's backhand long ball and forehand short ball were close at 28.57 % and 27.60 % respectively, with the second highest usage rate for the forehand long ball. Combined with the video, it can be seen that Wang has a better control of the drop point of the serve, through the short swing to control the ball in the

opponent's forehand position, and combined with the backhand twisting and pulling to suppress the opponent's backhand position, the drop point of the serve is more spread out so that the opponent is always in the movement, and Wang's twisting and pulling is fast and explosive, the opponent can only respond through the way of defence, for their next attack to buy enough time. On the other hand, Lin's control of the drop point of the serve was single, mainly concentrated on the opponent's backhand position, the purpose of which

was to prevent the opponent from using his forehand to attack after the serve, but due to the low quality of the serve, the control of the drop point was sacrificed at the same time, the opponent had sufficient time to prepare, the opponent could easily seize the opportunity to counter-attack, and the scoring effect was not obvious.

In the losing game, Lin's percentage of receiving serves to the backhand long ball increased significantly, with a usage rate of 52.10 %, while the usage rate of the forehand short ball dropped to 20.63 % and the scoring rate was only 37.29 %. The opponent in the losing game had a clear intention to create a steal for his third board through a high quality serve. Lin could only further increase the use of the twisting and pulling technique when the short swing control was unsuccessful, which further exposed the weakness of his own poor quality twisting and pulling technique. In the losing match, Wang's use of the twisting and pulling technique still showed a good level, but the score rate of short balls from the receiving to the forehand position differed greatly from that in the winning match.

Comparative analysis of the technical use characteristics of the fourth panel of the Lin and Wang. Lin scores better than Wang on the fourth board and has a relatively more consistent ability to swing his forehand and backhand, while Wang scores more directly on the single board and has high quality shots, but is less able to recover (Table 3).

In the winning game, Lin's backhand usage rate increased, indicating that in the winning game, the improved quality of the opponent's return restricted Lin's backhand play. Moreover, the opponent's return was at a larger angle, mostly concentrated on Lin's backhand bottom line at a large angle, making Lin unable to find a favourable hitting position and timing after receiving the serve in the first place, resulting in more backhand errors. Wang's performance on the fourth board was weaker than Lin's, but many of the balls were twisted and pulled in the forehand position, resulting in large openings on the backhand and more backhands coming off the net on the fourth board.

In the losing game, Lin's fourth board technique was mainly backhand, with a backhand usage rate of 56.76 %, followed by a forehand usage rate, but the scoring rate of both was low, with more points conceded than scored, and the usage rate of the fourth board control was low, with the game being fast-paced and fierce and in most cases at a disadvantage in the losing game due to the weaker serve reception. Wang's forehand and backhand techniques on the fourth board had a higher usage rate, with a combined usage rate of nearly 90 %, but a scoring rate of only 32.14 % and 35.38 %, Wang did not have an advantage in the fourth board, and the advantage created by the serve and receive was greatly weakened. Therefore, Lin and Wang should strengthen their fourth board confrontation ability

Table 3

Technical statistics for the fourth board of Lin and Wang's winning and losing games

	Scores and losses	Forehand	Backhand	Side	Control	Total
Lin's Win	Score (points)	18	24	2	11	55
	Loss (points)	23	31	1	4	59
	Scoring rate (%)	50.00	42.86	66.67	55.56	48.25
	Utilization rate (%)	40.35	49.12	2.63	7.89	100
Wang's Win	Score (points)	20	24	4	4	52
	Loss (points)	27	36	4	1	68
	Scoring rate (%)	42.55	40.00	50.00	80.00	43.33
	Utilization rate (%)	39.17	50.00	6.67	4.17	100.00
Lin's Lose	Score (points)	13	22	2	0	37
	Loss (points)	29	41	2	2	74
	Scoring rate (%)	30.95	36.51	50.00	0.00	33.33
	Utilization rate (%)	37.84	56.76	3.60	1.80	100.00
Wang's Lose	Score (points)	18	23	2	5	48
	Loss (points)	38	42	3	6	89
	Scoring rate (%)	32.14	35.38	40.00	45.45	35.04
	Utilization rate (%)	40.88	47.45	3.65	8.03	100.00

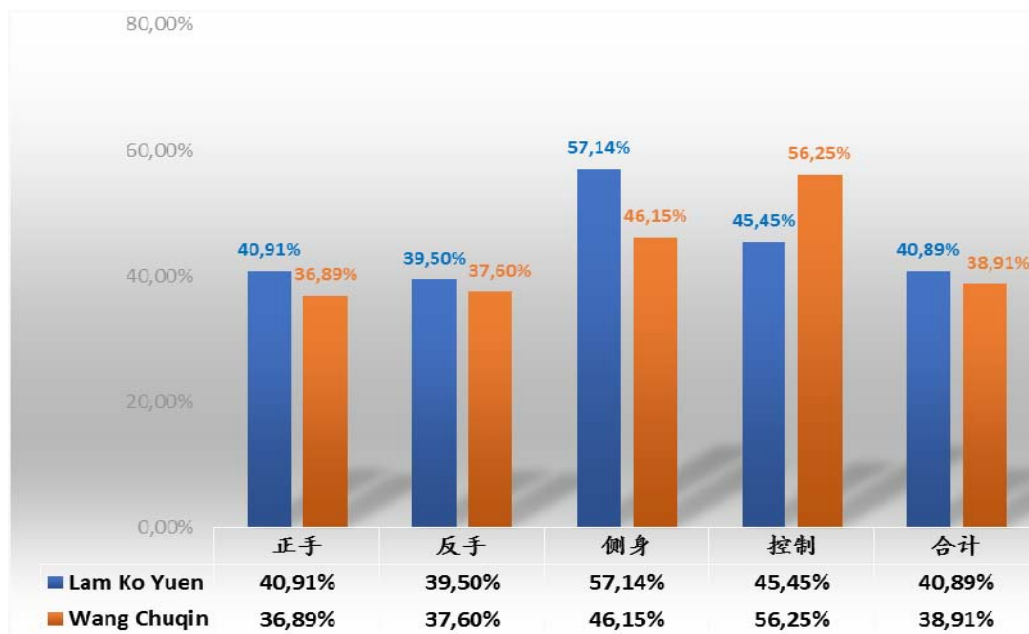


Fig. 3. Statistical chart comparing the combined scoring rate of Lin and Wang's fourth board technique

in future training to transform their current disadvantage on the fourth board in order to take the initiative in the match and improve their fourth board control accordingly to provide an effective guarantee for match victory.

According to the statistics in Fig. 3, the score rates of both Lin and Wang's forehand and backhand techniques did not exceed 50 % in the fourth board. Lin is unable to overpower his opponent due to the low quality of his receiving and serving, so he loses a lot of points on the fourth board; Wang is unable to regain his ability due to the fact that he often goes to the forehand position for twisting and pulling and his centre of gravity shifts too much, so he does not have enough time and space to hit the ball on the fourth board. However, a comparison of the two scores shows that Lin's scores on the fourth board are higher than Wang's on the forehand, backhand and side, and he is quicker to return after receiving and serving, and has a more stable ability to swing the forehand and backhand, which is an important aspect that Wang needs to strengthen and pay attention to in his future training.

3. Holding stage. Comparative analysis of the characteristics of the technical use of the fifth panel of Lin and Wang

Table 4 shows that in the winning game, Lin's fifth board technique was mainly based on using the backhand pull, with a usage rate of 56.90 %. The fifth board is mainly contested on

the backhand position, and the score rate of both the forehand and backhand is close to 50 %. After the hairpin, Lin reverts back to the position more quickly, and the third and fifth boards are connected more quickly, and he is more active in the hairpin. On the contrary, Wang used more than 90 % of his forehand and backhand together, and basically all of his fifth board was topspin, but his score rate did not reach 50 %, and after the third board, he was slow in preparing for the next board. In the losing game, Lin's forehand scoring rate dropped significantly compared to the winning game, indicating that Lin's forehand play was extremely unstable, especially when his opponent's forehand pulled the ball back to the forehand position, and Lin made more errors. Similarly, Wang's forehand and backhand scoring rate dropped significantly compared to the winning game. Although the quality of his opponent's return was not particularly high, Wang was at a greater disadvantage on the fifth board as he was less able to prepare for the next attack after a steal. Therefore, Lin should strengthen his ability to hold his forehand on the fifth board, while Wang should strengthen his ability to recover quickly after the attack and ensure the quality of his third board shots while.

According to the data in Table 5, in the winning court, Lin and Wang's sixth board technique mainly uses the forehand and backhand, with the usage rate close to 90 %. The sixth board is a very

Table 4

Technical statistics for the fifth board of Lin and Wang's winning and losing games

	Scores and losses	Front hand pull	Backhand pull	Side pull	Control	Total
Lin's Win	Score (points)	9	15	3	1	28
	Missing points (points)	9	18	2	1	30
	Scoring rate (%)	50.00	45.45	60.00	50.00	48.28
	Utilization rate (%)	31.03	56.9	8.62	3.45	100.00
Wang's Win	Score (points)	13	16	5	0	34
	Missing points (points)	21	18	1	0	40
	Scoring rate (%)	38.24	47.06	100.00	0.00	45.95
	Utilization rate (%)	45.95	45.95	8.11	0.00	100.00
Lin's Loss	Score (points)	9	24	2	0	35
	Missing points (points)	21	22	1	1	45
	Scoring rate (%)	30.00	52.17	66.67	0.00	43.75
	Utilization rate (%)	37.5	57.5	3.75	1.25	100
Wang's Loss	Score (points)	7	16	2	2	26
	Missing points (points)	29	29	9	3	71
	Scoring rate (%)	19.44	35.56	18.18	40.00	27.84
	Utilization rate (%)	37.11	46.39	11.34	5.15	100.00

important board in the holding stage, and it is vital to handle this board well, as playing with an advantage in this board can give you an active advantage in the next hold. In the topspin attack, Lin's fourth board was not of high quality, which caused Lin's backhand to be passive on the sixth board. In the sixth board, Wang's backhand was at a disadvantage, losing more points and being significantly weaker than his opponent in terms of speed. Similarly, in the losing game, the high usage rate of the forehand and backhand and the huge difference in scoring rate made the disadvantage of Lin and Wang on the sixth board even more obvious. It is recommended that Lin and Wang should give full play to their strengths in the first three boards, try to control the tempo of the game, reduce the confrontation with their opponents in the holding stage, make up for their shortcomings in the holding stage in regular training, and combine training with matches to strengthen their short board skills so that they can be more proactive in the game and not be caught by their opponents.

Comparative analysis of the characteristics of the technical use of the seventh and subsequent boards of Lin and Wang. In the winning game, Lin's forehand and backhand scored at a higher rate of over 60 %, saying that Lin was in a dominant position in the seventh board and in the confrontation after the seventh board. Wang's forehand and backhand use was more balanced, but his forehand pull scored less than 50 % of the points, with a usage rate of 51.11 %, indicating that Wang was at a disadvantage in

the seventh board and in the hold after the seventh board.

In the losing game, Lin's backhand, his dominant technique, was used at over 50 %, but the score rate was only 39.39 %, and the score rate of the forehand was only 22.22 %. The points lost on the seventh board in the losing game were much higher than the points scored, and this situation deserves high attention. Lin's poor control of the landing point on the previous board did not open up the landing point, and his opponent took the opportunity to pull the forehand to impact the backhand position, leading to an increase in the number of points lost on the backhand, and in the face of continuous forehand pulling against each other, the forehand did not have enough killing power and often missed before the opponent. Similarly, Wang's disadvantage was more apparent on the seventh board. The slightly higher scoring rate of the side-stroke technique made up for the lower scoring backhand technique, but due to the high use of the backhand, the scoring rate was only 34.15 %, and the continuous holding ability was slightly lacking, the movement was often out of place and the footwork still needed to be strengthened. Wang's forehand is inferior to his opponent's in terms of quality and landing point when playing topspin against each other. Therefore, Lin and Wang should reduce the amount of tangling with their opponents in the latter part of the holding phase, improve their footwork, increase the killing power of their forehands and backhands, and try to take the initiative in the attacking phase. In addition, Wang can seize

Table 5

Technical statistics for the sixth board of Lin and Wang's winning and losing games

	Scores and losses	Front hand pull	Backhand pull	Side pull	Control	Total
Lin's Win	Score (points)	22	16	1	1	40
	Missing points (points)	14	26	1	1	42
	Scoring rate (%)	61.11	38.10	50.00	50.00	48.78
	Utilization rate (%)	43.90	51.22	2.44	2.44	100.00
Wang's Win	Score (points)	14	13	6	0	33
	Missing points (points)	23	21	3	1	48
	Scoring rate (%)	37.84	38.24	66.67	0.00	40.74
	Utilization rate (%)	45.68	41.98	11.11	1.23	100.00
Lin's Loss	Score (points)	3	15	0	0	18
	Missing points (points)	20	34	0	1	55
	Scoring rate (%)	13.04	30.61	0.00	0.00	24.66
	Utilization rate (%)	31.51	67.12	0.00	1.37	100.00
Wang's Loss	Score (points)	8	20	6	0	34
	Missing points (points)	31	32	11	1	75
	Scoring rate (%)	20.51	38.46	35.29	0.00	31.19
	Utilization rate (%)	35.78	47.71	15.60	0.92	100.00

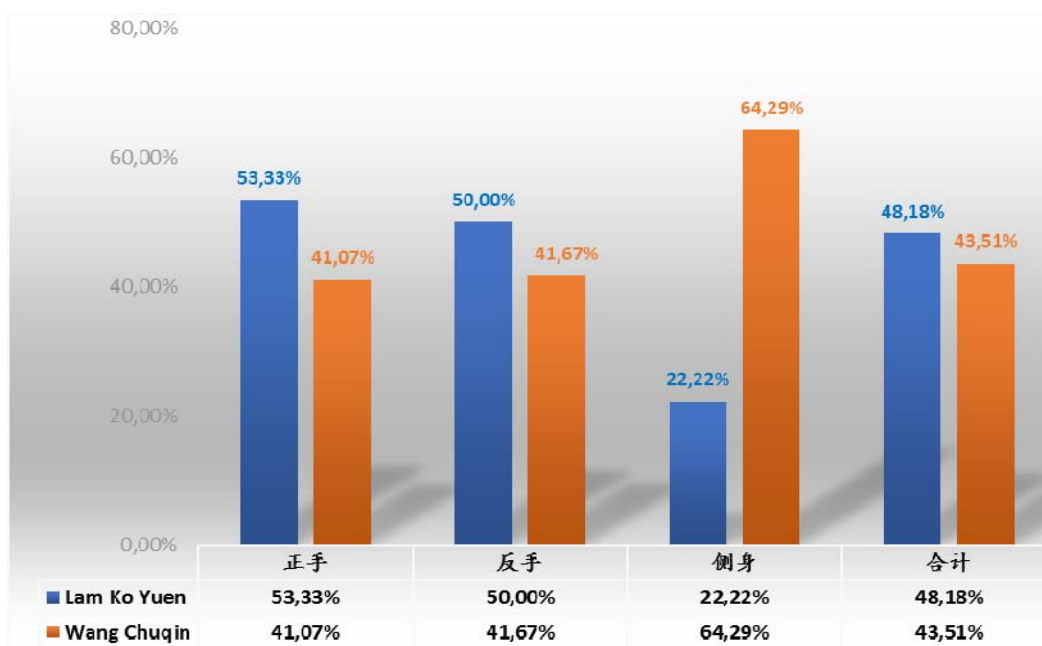


Fig. 4. Statistical chart comparing the technical scoring rate of Lin and Wang on the seventh board and after seven boards

the opportunity to increase the use of side-stance techniques in the holding phase and try to play to his strengths as much as possible.

According to the data in Fig. 4, in today's table tennis, it is no longer the case that the forehand wins the game, so the percentage of backhand holds is gradually increasing. The overall score rate for both Lin and Wang's backhands did not exceed 50 %, which shows that Lin's ability

to hold on the seventh board was better than Wang's. For the forehand, Lin's overall score rate was 53.33 % compared to Wang's 41.07 %, which combined with the corresponding data for the winning and losing games in the above table shows that Lin was able to bring his forehand into full play in the winning game, while in the losing game, due to the quality of his opponent's return, his forehand was less able to resist pres-

sure and lost the ball. In the losing games, due to the higher quality of the opponent's return, the forehand is less resistant to pressure and the errors increase considerably. Wang's advantage is that he has a higher scoring rate on the last board sideways and is able to seize the opportunity for a sideways fight. It is recommended that Lin and Wang should strengthen their ability to hold the forehand and backhand in the holding stage, improve the quality of their forehand and backhand shots, and pay attention to controlling the landing point to increase their competitiveness; in matches, they should use active overhand attacks in the serving and receiving stages as much as possible to extend their advantage on the court and lock in a win.

Conclusion. In the winning game, Lin and Wang were able to restrain their opponents by combining short balls with semi-volleys or short balls with long backhands, and their overall effect was good. In the negative court, Lin's short balls are less effective than those in the winning court. Wang's use of the long ball to serve is significantly less effective in restricting his opponent than in the winning court. In the catch-and-attack leg of the game, Lin's catching and serving was weaker and his twisting and pulling was of lower quality. In the holding stage, Lin outperformed Wang and Lin's forehand and backhand were stronger in the holding. However, the killing power of Lin's veneer is weaker, while Wang's veneer is of higher quality than Lin's.

References

1. Bojin Ch. Preliminary Study on Characteristics of New Seamless Plastic Table Tennis and Its Impact on Technical and Tactical Development. *China Sports Science and Technology*, 2014, vol. 50 (5), pp. 68–72.
2. Haogeng H. Technical Analysis of Zhang Jike, the First World Champion of Men's Single Ball in New Material. *Education and Culture Guide*, 2015, no. (5), pp. 88–91.
3. Jinjun J., Jiaxin Y. Reconstruction and Application of Evaluation System and Diagnostic Method of Technical and Tactical Strength in Table Tennis Singles. *Journal of Tianjin Institute of Physical Education*, 2015, vol. 30 (5), pp. 432–437.
4. Tong L. Analysis of the Men's Singles Final of the 12th National Games Table Tennis and Study of the Frontier Dynamics of Techniques and Tactics. *China Sports Science and Technology*, 2014, vol. 50(05), pp. 57–61.
5. Ruizhi L., Chaoying Zh., Dan L. Analysis of the Advantages and Disadvantages of Lin Pairs of Foreign Players and Domestic Players. *Contemporary Sports Technology*, 2012, vol. 2(21), pp. 93–94.
6. Chenyu S. Comparative Analysis of the Technical and Tactical Characteristics of Excellent New Generation Table Tennis Players from China and Japan. Sichuan: Chengdu Institute of Sports, 2019.
7. Hongzhen W. Analysis of Lin Gaoyuan's Technical Tactics Based on Dynamic Three-stage Method-Taking the Match of 2017 World Cup and Boer as an Example. *Journal of Guangzhou Institute of Physical Education*, 2018, vol. 38(5), pp. 90–94.
8. Fangjia W. Research on the Technical and Tactical Characteristics and Development Trend of Chinese Elite Men's Single Table Tennis Players. Jishou: Jishou University, 2017.
9. Dandan X., Xingdong Zh., Heng L. Construction and Application of the Double Triple Statistics Method for Table Tennis Techniques and Tactics. *China Sports Science and Technology*, 2018, vol. 54 (05), pp. 112–116.
10. Dandan X., Xingdong Zh., Heng L. Construction and Application of Double-Three-Stage Statistical Method of Table Tennis Technique and Tactics. *China Sports Science and Technology*, 2018, vol. 54 (5), pp. 112–116.
11. Junwei X. Research on the Characteristics, Causes and Development Trend of the Application of Men's Competition Techniques and Tactics in the New Ball Era. *Journal of Shandong Institute of Physical Education*, 2018, vol. 34 (4), pp. 119–125.
12. Qing Y., Hui Zh. Construction and Application of “Four-stage Index Evaluation Method” in Table Tennis Competition. *Journal of Tianjin Institute of Physical Education*, 2014, vol. 29 (5), pp. 439–442.
13. Qing Y., Hui Zh. Research on the Relationship between Tactical Factors of Elite Table Tennis Players. *Journal of Nanjing Institute of Physical Education (Social Science Edition)*, 2016, vol. 30 (1), pp. 124–128.

14. Xiying Zh., Jianjun T. Research on the Evaluation Model of Chinese Excellent Table Tennis Men's Single Tactical Level. *Journal of Shandong Institute of Physical Education*, 2018, vol. 34 (2), pp. 96–101.

15. Xingdong Zh. Technical and Tactical Analysis of Chinese Elite Table Tennis Player Fan Zhen-dong. Beijing: Beijing Sports University, 2017.

Information about the authors

Li Tie, Associate Professor, College of Physical Education and training Harbin Sport University, Harbin, Heilongjiang Province, China.

Wang Jun, Associate Professor college of Physical Education and training Harbin Sport University, Harbin, Heilongjiang Province, China.

Vladislav S. Timofeyev, Senior Lecturer, Department of Physical Education, North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia.

Xiao Qi, Professor Department of Physical Education Hebei University of Environmental Engineering, Qinhuangdao, Hebei Province, China.

Информация об авторах

Ли Те, доцент, Колледж физического воспитания и спортивной тренировки, Харбинский спортивный университет, Харбин, провинция Хэйлунцзян, Китай.

Ванг Дзюн, доцент, Колледж физического воспитания и спортивной тренировки, Харбинский спортивный университет, Харбин, провинция Хэйлунцзян, Китай.

Тимофеев Владислав Софронович, старший преподаватель, кафедра физического воспитания, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск, Россия.

Сяо Чи, профессор, кафедра физического воспитания, Хэбэйский колледж экологической инженерии, Циньхуандао, провинция Хэбэй, Китай.

The article was submitted 13.08.2023

Статья поступила в редакцию 13.08.2023

МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ БАСКЕТБОЛИСТОВ РАБОТЕ С РАЗНЫМИ ФОРМАМИ ИНФОРМАЦИИ В ЛИМИТЕ ВРЕМЕНИ

С.В. Колотильщикова, 2swetbasket@ramble.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4613-2562>
Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Москва, Россия

Аннотация. Цель: обоснование методики совершенствования навыка баскетболистов работать с разными формами информации, специфической для деятельности в игровых командных видах спорта, с использованием цифровых инструментов обучения. **Методы исследования.** В исследовании принимали участие студенты-баскетболисты Московского государственного строительного университета (НИУ МГСУ) – 22 баскетболиста. Эксперимент длился 12 недель и состоял из четырех этапов. Для выявления достоверности результатов эксперимента применялась методика определения достоверности различий между среднегрупповыми значениями (среднее арифметическое значение, стандартное отклонение, стандартные ошибки среднего арифметического значения) с использованием параметрического критерия t-Стьюдента. Различия считались достоверными при уровне значимости ($p < 0,05$). **Результаты.** Разработанная методика для совершенствования навыка баскетболистов воспринимать и перерабатывать информацию в лимите времени приблизила быстроту восприятия и переработку разных форм информации к эталонной единице времени (60 с) – времени минутного перерыва в баскетболе в условиях матча. Прирост показателя среднего времени трансформации информации из аудиального формата (озвучивание тактического взаимодействия) в форму схемы в конце эксперимента достоверно улучшился на 35,3 % ($p < 0,05$); прирост показателя среднего времени трансформации текстовой информации в схему тактического взаимодействия достоверно улучшился на 17,3 % ($p < 0,05$); прирост показателя среднего времени трансформации схемы тактического взаимодействия в текстовый формат достоверно улучшился на 27,7 % ($p < 0,05$); прирост показателя среднего времени работы со смешанной информацией достоверно улучшился на 12,24 % ($p < 0,05$). **Заключение.** Результаты исследования доказывают эффективность разработанной методики, что позволяет игрокам и команде быстро и правильно усваивать новые тактические взаимодействия, воспринять установки тренера в лимите времени минутного перерыва и вносить коррективы в деятельность на площадке в ходе матча, тренеру – эффективно обучать команду в тренировочном процессе и управлять в условиях соревнований.

Ключевые слова: восприятие информации, тактическая подготовка, блок заданий, работа с информацией, управление командой, лимит времени

Для цитирования: Колотильщикова С.В. Методика обучения баскетболистов работе с разными формами информации в лимите времени // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 4. С. 74–79. DOI: 10.14529/hsm230409

Original article
DOI: 10.14529/hsm230409

A METHODOLOGY FOR TRAINING BASKETBALL PLAYERS TO WORK WITH DIFFERENT FORMS OF INFORMATION IN A LIMITED TIME

S.V. Kolotilshchikova, 2swetbasket@ramble.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4613-2562>
Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Abstract. Aim. To provide evidence for a methodology for enhancing skills in basketball players to work with different forms of information related to team sports by means of digital teaching tools. **Materials and methods.** The study involved 22 basketball players from the Moscow State University of Civil Engineering. The study duration was 12 weeks, divided into 4 stages. The statistical processing of the data was performed with the Student's t-test (mean, standard deviation, and standard error of the mean).

The statistical significance was set at $p < 0.05$. **Results.** Our methodology for enhancing the skills of perception and processing of information in a limited time allowed basketball players to almost match the reference time of 60 seconds, which was equal to a break in match conditions. By the end of the experiment, the mean time of information transfer from acoustic to schematic improved by 35.3% ($p < 0.05$); the mean time of information transfer from a text to a scheme of tactical interaction improved by 17.3% ($p < 0.05$); the mean time of information transfer from a scheme of tactical interaction to a text improved by 27.7% ($p < 0.05$); and the mean time of mixed information processing improved by 12.24% ($p < 0.05$). **Conclusion.** The study demonstrates the efficacy of the method proposed and provides a quick and accurate acquisition of tactical interactions and coaches' recommendations in a limited time in order to introduce changes into match activities. It also provides efficient training and in-game management for coaches.

Keywords: perception of information; tactical training; set of tasks, work with information, team management; limited time

For citation: Kolotilshchikova S.V. A methodology for training basketball players to work with different forms of information in a limited time. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(4):74–79. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230409

Введение. На современном этапе развития спорта и уровня требований, предъявляемых обществом и государством к результатам спортсменов на соревнованиях международного уровня и Олимпийских играх, обуславливает поиск новых подходов к совершенствованию процесса подготовки игроков и команд в различных видах спорта. Программы развития образования, науки, спорта в Российской Федерации до 2030 года предусматривают дальнейшее совершенствование цифровых и информационных сред, обеспечивающих высокий и надежный уровень процесса подготовки спортсменов национальных команд.

Подготовка команды к соревнованиям – сложный, многосторонний процесс, затрагивающий все разделы подготовки. Тактическая подготовка предполагает прежде всего изучение различных игровых комбинаций, т. е. заранее разученных и согласованных взаимодействий групп игроков или всей команды. Из сложившейся соревновательной обстановки тренер может вносить изменения в действия игроков в ходе матча. От быстроты и правильности восприятия игроками информации, идущей от тренера, зависит устранение проблемных ситуаций в ходе матча. Главная цель нападающей команды – забросить мяч или шайбу в кольцо (ворота) противника. Достижение этого за ограниченное правилами время, например, 24 с, для атаки в баскетболе подразумевает использование организованных, командных тактических действий и создания условий одному из игроков команды для завершающей результативной атаки. В условиях психологического дискомфорта (в напряженные минуты матча при равном счете) в лимите времени минутного перерыва

тренер с помощью планшета чертит схемы, озвучивает, наглядно демонстрирует дальнейшие действия команды и каждого игрока. Задача команды и игроков четко выполнить установку тренера. Специалистами в области психологии установлено, что к 10–15 годам подросток может воспринимать информацию в любой модальности, но в ситуациях психологического дискомфорта, например, на экзамене или в условиях соревновательной деятельности, включается ведущая модальность на восприятие информации, потом затрачивается определенное время на ее переработку и трансляцию в требуемом формате (краткий или полный ответ, описание, рисунок, таблица, схема). На современном этапе отсутствуют цифровые инструменты обучения и совершенствования навыка спортсменов воспринимать и перерабатывать специфическую для игровой деятельности информацию. Поэтому тема актуальна.

Цель исследования – обоснование методики совершенствования навыка баскетболистов работать с разными формами информации, специфической для деятельности в игровых командных видах спорта с использованием цифровых инструментов обучения.

Методы и организация исследования. Проводился анализ новых нормативно-правовых документов, обеспечивающих устойчивое развитие науки, образования и спорта в Российской Федерации на период до 2030 года, велось обобщение учебной, научно-методической и научной литературы по теории и методике спортивной тренировки; психологии, педагогике [1–3]; изучались современные платформы для работы в дистанционном формате [4–6]; рассматривались модели кон-

структура тестов, проводился анализ современных образовательных технологий, наиболее оптимальных для адаптации к спортивной деятельности, проводилась беседа с тренером и игроками команды.

В исследовании принимали участие тренер и студенты-баскетболисты Московского государственного строительного университета (НИУ МГСУ).

В эксперименте принимали участие 22 баскетболиста. Студенты были разделены на две группы: N1–11; N2–11. Эксперимент длился 12 недель.

На первом этапе нам необходимо было выявить ведущий канал восприятия информации баскетболистов. В работе мы использовали тесты по общей психологии. Эти данные были учтены при разработке заданий.

На втором этапе мы разработали четыре блока заданий в электронном формате, содержащие информацию для обучения тактике баскетбола в виде схем тактических взаимодействий, текстового описания схем, озвученного описания взаимодействия, смешанном варианте. Для кодировки были взяты шесть основных тактических взаимодействий.

В первый блок входили задания, в которых тактическое взаимодействие необходимо было услышать и оформить в схему.

Второй блок заданий предполагал прочтение текстовой информации и отображение ее в схеме тактического взаимодействия.

Третий блок заданий предполагал перевод схемы тактического взаимодействия в текстовый формат.

Четвертый блок заданий был в смешанном формате. Баскетболистам необходимо было дополнить схему или текст тактического взаимодействия. Представленные задания были просты: тактические взаимодействия в два–три хода в схемах; в текстовом описании – не более 5 строк; озвучивание не более 15 с; смешанные задания предполагали вставку одного–двух элементов в текст или схему. За единицу времени была взята одна минута (60 с) на каждое задание (ориентировались на минутный перерыв в баскетболе). Задания предъявлялись с экрана монитора компьютера, подключенного к переносному экрану, установленному в спортивном зале, к планшету студентов был прикреплен рабочий лист, в котором были макеты площадки для отображения схем тактических взаимодействий.

На третьем этапе мы протестировали баскетболистов группы N1 и N2 и выявили показатели времени, за которое выполнялись задания каждым баскетболистом. Время начала и окончания выполнения задания фиксировалось каждым игроком самостоятельно с помощью электронных секундомеров TF 1101. По каждому блоку заданий рассчитывались средние групповые показатели.

Далее студенты группы N1 использовали тренажер, выполняя задания дома в дистанционном формате по пяти взаимодействиям. Шестое тактическое взаимодействие мы применили для тестирования в конце эксперимента.

Студенты группы N2–11 тренировались по традиционной методике, домашнего задания не выполняли.

На четвертом этапе, в конце эксперимента, мы провели тестирование студентов группы N1 и сравнили полученные результаты с результатами начального эксперимента. Тестирование проходило в спортивном зале в условиях реальной тренировки.

Для выявления достоверности результатов эксперимента применялась методика определения достоверности различий между среднегрупповыми значениями (среднее арифметическое значение, стандартное отклонение, стандартные ошибки среднего арифметического значения) с использованием параметрического критерия t-Стьюдента. Различия считались достоверными при уровне значимости $P < 0,05$. Статистическая обработка результатов проводилась с помощью пакета стандартных программ Microsoft Excel 2016.

Результаты исследования. Анализ литературы показал, что в общей педагогике в разных предметных областях можно выделить модели учебного процесса, построенные на основе когнитивного обучения: В.С. Аванесов [1], М.Е. Бершадский [7], Н.Н. Манько [10]. Анализ исследований в области спортивной психологии показал, что когнитивные процессы, в частности, восприятие, перекодировка или перевод информации из одной формы в другую, и трансляция результата в виде ответного действия имеют свои особенности и время в зависимости от избранного вида спорта [8, 9, 11–14].

Для выявления ведущего канала восприятия информации испытуемых баскетболистов в группах N1 и N2 мы применили стандартные тесты. Результаты тестов показали,

Таблица 1
Table 1Показатели времени работы с разными формами информации в начале эксперимента
Time of work with different forms of information at baseline

Группа Group	Первый блок заданий (с) First set of tasks (s)	Второй блок заданий (с) Second set of tasks (s)	Третий блок заданий (с) Third set of tasks (s)	Четвертый блок заданий (с) Fourth set of tasks (s)
	$X \pm \delta$	$X \pm \delta$	$X \pm \delta$	$X \pm \delta$
N1–11	76,09 ± 5,30	69,81 ± 7,26	74,09 ± 7,23	60,18 ± 7,26
N2–11	73,65 ± 8,44	74,18 ± 7,56	73,95 ± 6,74	64,55 ± 18,5

Таблица 2
Table 2Показатели времени работы с разными формами информации в конце эксперимента
Time of work with different forms of information at the end of the study

Группа Group	Первый блок заданий (с) First set of tasks (s)	Второй блок заданий (с) Second set of tasks (s)	Третий блок заданий (с) Third set of tasks (s)	Четвертый блок заданий (с) Fourth set of tasks (s)
	$X \pm \delta$	$X \pm \delta$	$X \pm \delta$	$X \pm \delta$
N1–11	55,59 ± 5,03	55,86 ± 4,64	57,27 ± 3,10	52,81 ± 3,45

что с аудиальным типом восприятия информации выявлено 35 % баскетболистов; визуальный тип определился у 55 % баскетболистов; кинестетический был выявлен у 10 % баскетболистов. Баскетболисты с визуальным типом составили больше половины. Дальнейший опрос тренера и баскетболистов показал, что воспринимать информацию баскетболистам удобно в смешанном формате: если в момент объяснения тактического взаимодействия чертить схему, то игроки быстрее усваивают новые знания и с малым количеством ошибок переносят в игровую деятельность новые взаимодействия.

Показатели времени работы с информацией в начале эксперимента баскетболистов группы N1 и N2 представлены в табл. 1.

Из полученных результатов видно, что средние показатели времени выполнения заданий в начале эксперимента больше эталонного показателя (60 с) в обеих группах. Существенных различий не выявлено. Однако время восприятия информации в смешанном формате у баскетболистов обеих групп наиболее приближено к эталонному (60 с).

После 12 недель, в конце эксперимента, мы провели повторное тестирование студентов группы N1. Результаты представлены в табл. 2.

Анализ результата тестов группы N1 показал, что прирост показателя среднего времени

трансформации информации из аудиального формата (озвучивание тактического взаимодействия) в форму схемы в конце эксперимента достоверно улучшился на 35,3 % ($p < 0,05$); прирост показателя среднего времени трансформации текстовой информации в схему тактического взаимодействия достоверно улучшился на 17,3 % ($p < 0,05$); прирост показателя среднего времени трансформации схемы тактического взаимодействия в текстовый формат достоверно улучшился на 27,7 % ($p < 0,05$); прирост показателя среднего времени работы со смешанной информацией достоверно улучшился на 12,24 % ($p < 0,05$).

Выводы. Результаты исследования доказывают эффективность разработанной методики для работы с разными формами информации, специфической для деятельности в игровых командных видах спорта, в частности в лимите времени минутного перерыва, что обеспечит игрокам и команде:

- быстро и правильно усваивать новые тактические взаимодействия;

- воспринимать установки тренера в лимите времени минутного перерыва в условиях реального матча и вносить коррективы в деятельность на площадке в ходе матча;

- тренеру в тренировочном процессе эффективно обучать команду и эффективно управлять командой в условиях соревнований.

Список литературы

1. Аванесов, В.С. Применение заданий в тестовой форме и квантованных учебных текстов в новых образовательных технологиях / В.С. Аванесов // Пед. измерения. – 2012. – № 2. – С. 75–91.
2. Алюшин, А.Л. Скорость восприятия / А.Л. Алюшин, Е.Н. Князева // Вопросы философии. – 2004. – № 9. – С. 135–149.
3. Андросенко, В. В. Влияние физической активности на когнитивные функции мозга / В.В. Андросенко, Е.С. Солодилова // Молодой ученый. – 2020. – № 7 (297). – С. 270–271. – <https://moluch.ru/archive/297/67293/> (дата обращения: 12.11.2021).
4. Бабушкин, Г.Д. Когнитивно-психологический ресурс и его влияние на состояние и деятельность спортсмена / Г.Д. Бабушкин, А.П. Шумилин: материалы Междунар. науч. конф. психол. спорта «Рудиковские чтения». – М.: РГУФК, 2009. – С. 15–19.
5. Бабушкин, Г.Д. Оперативная диагностика состояния психической готовности спортсмена к соревнованию / Г.Д. Бабушкин, В.Н. Смоленцева // Научные труды Сиб-ГУФК. – Омск: СибГУФК, 2006. – С. 45–48.
6. Беданокова, Л.Ш. Особенности развития когнитивных функций у студентов в условиях различных двигательных режимов / А.В. Шаханова, Л.Ш. Беданокова // Тез. докл. XXII съезда физиол. о-ва им. И.П. Павлова, 16–20 сент., г. Волгоград. – 2013. – С. 591.
7. Бершадский, М. Е. Когнитивная технология обучения: теория и практика применения. – М.: Сентябрь, 2011. – 256 с.
8. Когнитивные функции и умственная работоспособность в условиях спортивной деятельности / П.Н. Чайников, Н.В. Соломатина, В.Г. Черкасова, А.М. Кулеи // Таврич. журнал психиатрии. – 2015. – Т.19. – № 1(70). – С. 55–60.
9. Корягина, Ю.В. Восприятие времени и пространства в спортивной деятельности / Ю.В. Корягина. – М.: Науч.-издат. центр «Теория и практика физической культуры и спорта», 2006. – 224 с.
10. Манько, Н.Н. Когнитивная визуализация педагогических объектов в современных технологиях обучения / Н.Н. Манько // Образование и наука. – 2009. – № 8 (65). – С. 10–30.
11. Новикова, С.И. Ритмы ЭЭГ и когнитивные процессы / С.И. Новикова // Современная зарубежная психология. – 2015. – Т. 4. № 1. – С. 91–108.
12. Стрелков, Ю.К. Временная связность образа мира / Ю.К. Стрелков // Ученые зап. каф. психологии Север. междунар. ун-та. – Вып. 1. – Магадан, 2001. – С. 127–157.
13. Титова, С.С. К обзору диагностических методик определения модальностей восприятия / С.С. Титова. // Пед. мастерство: материалы IX Междунар. науч. конф. (Москва, нояб. 2016 г.). – М.: Буки-Веди, 2016. – С. 50–53. – <https://moluch.ru/conf/ped/archive/208/11227/> (дата обращения: 07.11.2021).
14. Цуканов, Б.И. Анализ ошибки восприятия длительности / Б.И. Цуканов // Вопросы психологии. – 1985. – № 3. – С. 149–154.

References

1. Avanesov V.S. [Application of Tasks in Test form and Quantized Educational Texts in New Educational Technologies]. *Pedagogicheskiye izmereniya* [Pedagogical Measurements], 2012, no. 2, pp. 75–91. (in Russ.)
2. Alyushin A.L., Knyazeva E.H. [Speed of Perception]. *Voprosy filosofii* [Issues of Philosophy], 2004, no. 9, pp. 1351–1349. (in Russ.)
3. Androsenko V.V. [The Influence of Physical Activity on the Cognitive Functions of the Brain]. *Molodoy uchenyy* [Young Scientist], 2020, no. 7 (297), pp. 270–271. (in Russ.)
4. Babushkin G.D. [Cognitive-psychological Resource and its Influence on the State and Activity of an Athlete]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii psikhologiya sporta “Rudikovskiyecheniya”* [Proceedings of the International Scientific Conference on Sports Psychology Rudikov Readings], 2009, pp. 15–19. (in Russ.)
5. Babushkin G.D. [Operative Diagnostics of the State of Mental Readiness of an Athlete for Competition]. *Nauchnyye trudy Sib-GUFK* [Scientific Works of Sib-GUFK], 2006, pp. 45–48. (in Russ.)
6. Bershadsky M.E. *Kognitivnaya tekhnologiya obucheniya: teoriya i praktika primeneniya* [Cognitive Learning Technology. Theory and Practice of Application]. Moscow, September Publ., 2011. 256 p.

7. Bedanokova L.Sh. [Features of the Development of Cognitive Functions in Students in Conditions of Various Motor Modes]. *Tezisy докладov XXII s'yezda fiziologicheskogo obshchestva imeni I.P. Pavlova* [Abstracts of the XXII Congress of the Physiological Society I.P. Pavlova], 2013, p. 591. (in Russ.)
8. Koryagina Yu.V. *Vospriyatie vremeni i prostranstva v sportivnoy deyatel'nosti* [Perception of Time and Space in Sports Activities]. Moscow, Theory and Practice of Physical Culture and Sports Publ., 2006. 224 p.
9. Chainikov P.N., Solomatina N.V., Cherkasova V.G., Kulesh A.M. [PN Dummies Cognitive Functions and Mental Performance in Conditions of Sports Activity]. *Tavricheskiy zhurnal psikhologii* [Tavrichesky Journal of Psychiatry], 2015, vol. 19, no. 1 (70), pp. 55–60. (in Russ.)
10. Manko N.N. [Cognitive Visualization of Pedagogical Objects in Modern Learning Technologies]. *Obrazovaniye i nauka* [Education and Science], 2009, no. 8 (65), pp. 10–30. (in Russ.)
11. Novikova S.I. [EEG Rhythms and Cognitive Processes]. *Sovremennaya zarubezhnaya psikhologiya* [Modern Foreign Psychology], 2015, vol. 4, no. 1, pp. 91–108. (in Russ.)
12. Strelkov Yu.K. [Temporal Connection of the Image of the World]. *Uchenyye zapiski kafedry psikhologii Severnogo mezhdunarodnogo universiteta* [Scientific Journal Department Psychology of Northern International University], 2001, iss. 1, pp. 127–157. (in Russ.)
13. Titova S.S. [To the Review of Diagnostic Techniques for Determining the Modalities of Perception]. *Pedagogicheskoye masterstvo: materialy IX Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Pedagogical Skills. Materials of the IX International Scientific Conference], 2016, pp. 50–53. (in Russ.)
14. Tsukanov B.I. [Analysis of Duration Perception Error]. *Voprosy psikhologii* [Questions of Psychology], 1985, no. 3, pp. 149–154. (in Russ.)

Информация об авторе

Колотильщикова Светлана Васильевна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры физического воспитания, Российский экономический университет им. В.Г. Плеханова, Москва, Россия.

Information about the author

Svetlana V. Kolotilshchikova, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Education, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow.

Статья поступила в редакцию 05.08.2023

The article was submitted 05.08.2023

ПСИХОКОГНИТИВНЫЕ ТРЕНИРОВКИ ДЛЯ СПОРТСМЕНОВ-ОРИЕНТИРОВЩИКОВ: МЕТОДИКА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Д.М. Загородникова, zag.dari@yandex.ru, <http://orcid.org/0009-0001-2299-5542>
Л.В. Капилевич, kapil@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2316-576X>

*Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Томск, Россия*

Аннотация. Цель: разработка методики психокогнитивных тренировок для ориентировщиков и оценки ее эффективности. **Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 20 студентов-ориентировщиков мужского пола в возрасте от 18 до 24 лет, имеющие опыт не менее трёх лет, а также спортивные разряды не менее второго взрослого. Методика психокогнитивных тренировок была разработана на основе метаанализа применения отдельных методов для формирования когнитивных навыков. **Результаты.** Полученные результаты свидетельствуют о том, что предложенная методика психокогнитивных тренировок для спортсменов-ориентировщиков позволяет улучшить развитие ведущих когнитивных функций – память, внимание, мышление – без ущерба для процесса физической подготовки. В целом, физические нагрузки имеют положительное влияние на когнитивные функции. Однако применение экспериментальной методики обеспечивает возрастание когнитивных способностей в условиях разовой физической нагрузки, что особенно важно в спортивном ориентировании. **Заключение.** Предложенная методика психокогнитивных тренировок в спортивном ориентировании, основанная на сочетании физических и когнитивных нагрузок, показала высокую эффективность. Использование методики не просто стимулирует когнитивные процессы, а обеспечивает прирост когнитивных способностей именно в условиях физических нагрузок, что особенно важно в данном виде спорта.

Ключевые слова: физическая активность, когнитивные способности, спортивное ориентирование, тренировки

Благодарности. Исследование выполнено за счет программы развития Томского государственного университета «Приоритет 2030».

Для цитирования: Загородникова Д.М., Капилевич Л.В. Психокогнитивные тренировки для спортсменов-ориентировщиков: методика и эффективность // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 4. С. 80–86. DOI: 10.14529/hsm230410

Original article
DOI: 10.14529/hsm230410

PSYCHO-COGNITIVE TRAINING FOR ORIENTEERS: A METHODOLOGY AND ITS EFFICIENCY

D.M. Zagorodnikova, zag.dari@yandex.ru, <http://orcid.org/0009-0001-2299-5542>
L.V. Kapilevich, kapil@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2316-576X>

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

Abstract. Aim. To develop a methodology for psycho-cognitive training for orienteers and evaluate its effectiveness. **Materials and methods.** The study involved 20 male orienteers, ages 18–24, with at least three years of experience and a sports rank of at least the second adult. The methodology of psycho-cognitive training was developed based on a meta-analysis of individual methods for the formation of cognitive skills. **Results.** The results obtained show that the proposed method of psycho-cognitive training for

orienteers contributes to the improvement of the leading cognitive functions, namely memory, attention, and thinking, without compromising physical training in general. Physical activity has a positive effect on cognitive performance. However, our experimental methodology provides increased cognitive abilities under a single exercise session, which is especially important in orienteering. **Conclusion.** Our proposed method of psycho-cognitive training in orienteering, which combines physical and cognitive activities, has shown high efficiency. This technique both stimulates cognitive processes and provides an increase in cognitive abilities under exertion, which is especially important in orienteering.

Keywords: physical activity, cognitive abilities, orienteer, training

Acknowledgements. This study was supported by the Priority 2030 program for the development of Tomsk State University.

For citation: Zagorodnikova D.M., Kapilevich L.V. Psycho-cognitive training for orienteers: a methodology and its efficiency. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(4):80–86. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230410

Введение. Спортивное ориентирование – это комплексный вид спорта, где кроме физических показателей спортсмена важную роль также играют когнитивные способности, так как карта в спортивном ориентировании – это средство, с помощью которого спортсмены проходят дистанцию от старта до финиша [4]. Если для физической подготовки тренеры могут использовать тренировочные программы смежных видов спорта, таких как легкая атлетика и лыжные гонки, то для познавательнопсихических процессов спортсменов существует не так много методик [11, 12].

Наибольший вклад в решение этой проблемы внесли работы Ю.С. Воронова [1–3]. В частности, им показано, что на соревновательную деятельность спортсменов влияют следующие психические способности: наглядно-образное мышление, оперативное мышление, объём внимания, устойчивость внимания, долговременная память, распределение внимания, переключение внимания, наглядно-образная память, оперативная память.

В то же время традиционно при построении тренировочного процесса в основу кладется формирование физических качеств, а психокогнитивные способности спортсменов рассматриваются как вторичные [5, 7]. В большинстве тренировочных схем им не уделяется отдельное внимание, полагают, что их формирование происходит параллельно с ростом спортивного мастерства и не требует специальных подходов [9, 12].

Однако целый ряд исследований в различных видах деятельности, сочетающих физические и когнитивные нагрузки, свидетельствуют о том, что для достижения максимального эффекта необходимо использовать специфические методики развития психокогнитивных способностей [2, 4].

Цель исследования заключалась в разработке методики психокогнитивных тренировок для ориентировщиков и оценки ее эффективности.

Объект и методы исследования. Исследование проводилось на базе Национального исследовательского Томского государственного университета. В исследовании приняли участие 20 студентов-ориентировщиков мужского пола в возрасте от 18 до 24 лет, имеющие опыт не менее трёх лет, а также спортивные разряды не менее второго взрослого. Были сформированы две группы – экспериментальная и контрольная, которые не различались по возрасту и уровню квалификации спортсменов.

Экспериментальная и контрольная группа тренировались по одинаковой схеме. Эксперимент проводился на подготовительном этапе макроцикла, тренировки низкой интенсивности проводились 5–6 раз в неделю в течение 2 часов. Продолжительность эксперимента составила 8 недель.

В начале и после окончания эксперимента были проведены контрольные тесты:

– «Корректирующая проба Б. Бурдона», направленная на измерения свойств внимания – устойчивость, концентрация, переключаемость, объём [6],

– «Проверка кратковременной зрительной памяти на числа» – измеряет кратковременную зрительную память, ее объём и точность [8],

– «Проверка кратковременной зрительной памяти на образы» – для исследования образной памяти [8],

– «Шкала прогрессивных матриц «Тест «Равена», которая предназначена для диагностики уровня интеллектуального развития и оценки логичности мышления [10].

Тесты выполнялись дважды, до и после физической нагрузки, в качестве нагрузки использовался «Гарвардский степ-тест».

Данные представлены как среднее \pm \pm ошибка среднего. После проверки нормального распределения данных с помощью критерия Колмогорова – Смирнова характеристики анализировали с помощью двухфакторного дисперсионного анализа Краскела – Уоллиса. Статистическую обработку результатов проводили с помощью пакета приложений GraphPad Prism Version 9.3.1.

Исследования были рассмотрены и одобрены комитетом по биоэтике Биологического института Национального исследовательского Томского государственного университета; протокол № 32 от 02.12.2019.

Методика психокогнитивных тренировок была разработана на основе метаанализа применения отдельных методов для формирования определённых когнитивных навыков. Результаты проведенного метаанализа представлены в табл. 1.

Спортсмены обеих группы 2 раза в неделю по завершении тренировки получали дополнительное задание. В течение первых трех

недель эксперимента задание заключалось в беге на беговой дорожке во второй пульсовой зоне (130–150 уд./мин) от 40 до 70 мин. В течение следующих трех недель – занятия на велоэргометре в том же пульсовом диапазоне от 40 до 60 мин.

При этом студенты экспериментальной группы на первых трех неделях эксперимента по завершении нагрузки выполняли психокогнитивную тренировку по разработанной нами методике. Следующие три недели психокогнитивная тренировка выполнялась во время выполнения физической нагрузки на велоэргометре.

В подготовительный период спортсменам предлагалось решать 2 раза в неделю методы из табл. 1 после беговых тренировок во 2-й зоне интенсивности, которые длились по времени от 40 до 70 мин. Решение предложенных задач занимало от 15 до 30 мин (в зависимости от общего утомления спортсменов). Методикам на развитие каждой когнитивной способности уделялось одинаковое время выполнения – от 5 до 10 мин. С каждой последующей неделей задания усложнялись, например, сокращалось время выполнения зада-

Таблица 1
Table 1

Результаты метаанализа применения отдельных методов для формирования определённых когнитивных навыков
The results of a meta-analysis of individual methods for the formation of certain cognitive skills

Когнитивные способности Cognitive abilities	Типы и свойства когнитивных способностей, необходимых спортсменам-ориентировщикам Types and properties of cognitive abilities essential for orienteers	Методы тренировки и источник информации Training methods and sources of information
Память Memory	Наглядно-образная	«Память на образы» [8, 14]
	Оперативная	«Красно-черные таблицы Шульце – Платонова» [8, 15]
	Кратковременная память	«Память на образы» [8, 15]
«Память на числа» [8, 14]		
Внимание Attention	Распределение	«Красно-черные таблицы Шульце – Платонова» [2, 8]
		«Числовой квадрат» [2, 8]
	Концентрация	«Тест Мюнстерберга» [2, 8]
	Переключение	«Красно-черные таблицы Шульце – Платонова» [8, 16]
		«Числовой квадрат» [8, 16]
Объем	«Таблицы Крепелина» [8, 16]	
Мышление Thinking	Работоспособность	«Красно-черные таблицы Шульце – Платонова» [2, 8, 16]
	Классификация	«Таблицы Крепелина» [2, 8, 17]
		«Исключение понятий» [2, 5, 8, 17]
	Анализ	«Выявление общих понятий» [2, 5, 8, 17]
		«Исключение понятий» [2, 8, 17]
	Обобщение	«Выявление общих понятий» [2, 8, 17]
«Логическое мышление» [2, 8]		
Сравнение	«Логическое мышление» [2, 8]	

ния, увеличивалось количество объектов и т. д. Пробежки спортсмены выполняли на беговой дорожке, методики на развитие когнитивных способностей решали в лаборатории за компьютером.

Далее беговая нагрузка заменялась занятиями на велоэргометре, где пульс соответствовал 2-й зоне интенсивности. Тренировочный процесс включал в себя разминку на велоэргометре (10–15 мин), основную часть, где спортсменам предлагались тренировочные методы из табл. 1 (25–30 мин), заминку (5–10 мин). Методы из табл. 1 спортсмены решали на ноутбуке, одновременно занимаясь на вело-

эргометре. На развитие каждой когнитивной способности уделялось равное количество времени – 5–10 мин.

Результаты и обсуждение. Результаты эксперимента приведены в табл. 2.

Показатели внимания, определяемые в корректурной пробе Б. Бурдона, не различались между группами до эксперимента и не изменялись под влиянием физической нагрузки. В контрольной группе на завершающей стадии эксперимента показатели внимания также не изменялись. Но в экспериментальной группе мы отмечаем снижение количества ошибок. После физической нагрузки при

Таблица 2
Table 2

Результаты тестирования контрольной и экспериментальной групп до и после физической нагрузки
The results of testing the control and experimental groups before and after physical activity

Показатели Parameter		Внимание, ошибки (кол-во) Attention, errors (q-ty)	Внимание, время (с) Attention, time (s)	Память, образы (кол-во) Memory, images (q-ty)	Мышление, ошибки (кол-во) Thinking, errors (q-ty)	Память, числа (кол-во) Memory, numbers (q-ty)	
Экспериментальная группа Experimental group	До эксперимента Baseline	До нагрузки Before exercise	2,9 ± 0,9	221,2 ± 19,7	7,0 ± 0,2	12,2 ± 1,7	5,2 ± 0,2
		После нагрузки After exercise	2,7 ± 0,8	195,5 ± 10,7	6,1 ± 0,3 *	12,1 ± 1,4	4,0 ± 0,3 *
	После эксперимента Post-experiment	До нагрузки Before exercise	2,1 ± 0,5#	210,1 ± 19,4	6,9 ± 0,3	11,3 ± 1,7	4,8 ± 0,3
		После нагрузки After exercise	1,0 ± 0,4*#	165,5 ± 10,7*#	8,1 ± 0,3*#	8,8 ± 1,0*#	6,1 ± 0,3*#
Контрольная группа Control group	До эксперимента Baseline	До нагрузки Before exercise	3,1 ± 0,7	231,0 ± 15,6	6,8 ± 0,2	13,3 ± 1,4	5,0 ± 0,3
		После нагрузки After exercise	3,2 ± 0,7	216,4 ± 19,6	6,1 ± 0,3*	13,1 ± 1,3	4,1 ± 0,4*
	После эксперимента Post-experiment	До нагрузки Before exercise	3,6 ± 0,6	228,8 ± 14,6	6,4 ± 0,5	13,1 ± 1,6	5,4 ± 0,2
		После нагрузки After exercise	3,4 ± 0,9	226,7 ± 11,3	6,2 ± 0,3	13,5 ± 1,8	4,8 ± 0,3*

Примечание. * – достоверность изменений после нагрузки, $p \leq 0,05$; # – достоверность различий с контрольной группой, $p \leq 0,05$.

Note. * – changes after exercise are significant at $p \leq 0.05$; # – changes are significant at $p \leq 0.05$ compared to the control group.

этом показатели внимания достоверно улучшались – снизилось количество ошибок и сокращалось время выполнения пробы.

В тесте «Проверка кратковременной зрительной памяти на образы» результаты не различались между группами до эксперимента и несколько снижались под влиянием физической нагрузки в обеих группах. В контрольной группе после эксперимента также отмечалось снижение результата теста. В экспериментальной же группе после физической нагрузки результат теста существенно улучшался.

Сходные результаты были получены в тесте «Проверка кратковременной зрительной памяти на числа». До эксперимента результаты не различались между группами и также снижались под влиянием физической нагрузки в обеих группах. В контрольной группе после эксперимента также отмечалось снижение результата теста. В экспериментальной же группе после эксперимента после физической нагрузки результат теста существенно улучшался.

Оценка логичности мышления в тесте «Шкала прогрессивных матриц «Тест «Равена» показала, что физические нагрузки до начала эксперимента не оказывали влияния на результаты тестирования до эксперимента. В контрольной группе после эксперимента мы также не выявили никаких изменений. В то же время в экспериментальной группе количество ошибок в тесте Равена существенно снижалось под влиянием физической нагрузки на завершающем этапе эксперимента.

Полученные результаты свидетельствуют, что предложенная методика психокогни-

тивных тренировок для спортсменов-ориентировщиков позволяет улучшить развитие ведущих когнитивных функций – память, внимание, мышление – без ущерба для процесса физической подготовки.

В целом, физические нагрузки имеют положительное влияние на когнитивные функции [13, 14]. Однако применение экспериментальной методики обеспечивает возрастание когнитивных способностей в условиях разовой физической нагрузки, что особенно важно в спортивном ориентировании. Механизмы описанных эффектов могут быть связаны со способностью физической активности оказывать положительное влияние на мозговое кровообращение и, как следствие, обеспечение мозга кислородом [17]. Также возможно механизм связан с описанной в последнее десятилетие эндокринной функцией скелетных мышц [16]. Кроме того, физическая активность может способствовать росту новых нейронов и связей между ними в гиппокампе – части мозга, ответственной за память и обучение [17].

Наши результаты также свидетельствуют о том, что сочетание когнитивных и физических нагрузок может иметь еще более значительное влияние на когнитивные функции.

Заключение. Предложенная методика психокогнитивных тренировок в спортивном ориентировании, основанная на сочетании физических и когнитивных нагрузок, показала высокую эффективность. Использование методики не просто стимулирует когнитивные процессы, а обеспечивает прирост когнитивных способностей именно в условиях физических нагрузок, что особенно важно в данном виде спорта.

Список литературы

1. Воронов, Ю.С. Индивидуализация тренировок юных спортсменов-ориентировщиков на основе учёта возрастных закономерностей биологического развития организма / Ю.С. Воронов // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2008. – № 7. – С. 23–27.
2. Воронов, Ю.С. Основы интеллектуальной подготовки в спортивном ориентировании / Ю.С. Воронов. – <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovy-intellektualnoy-podgotovki-v-sportivnom-orientirovaniy> (дата обращения: 05.02.2023).
3. Воронов, Ю.С. Управление многолетней подготовкой юных спортсменов-ориентировщиков / Ю.С. Воронов // Вестник спортив. науки. – 2004. – № 3. – С. 35–42.
4. Казанцев, С.А. Психология спортивного ориентирования: моногр. / С.А. Казанцев. – СПб.: С.-Петербург. гос. ун-т физ. культуры им. П.Ф. Лесгафта, 2007. – 110 с. – <https://rufso.ru/wp-content/uploads/2018/01/Книга-2-A5.pdf> (дата обращения: 05.02.2023).
5. Казенкин, А.Д. Построение системы подготовки спортсменов-ориентировщиков в годичном соревновательно-тренировочном цикле / А.Д. Казенкин, А.Д. Юриков, Д.А. Роговая // Сб. ст. итоговой науч. конф. воен.-науч. о-ва курсантов воен. ин-та физ. культуры за 2018–2019. – С. 211–216.

6. *Корректирующая проба Б. Бурдона* // Психол. журнал. – <https://psychojournal.ru/tests/1211-korrekturnaya-proba-test-burdona.html> (дата обращения: 01.02.2023).
7. Лосев, А.С. Тренировка ориентировщиков-разрядников / А.С. Лосев. – М.: Изд-во «КНАУ». – 1984. – С. 94. – <https://search.rsl.ru/ru/record/01001192978>
8. Мантрова, И.Н. *Методические руководство по психофизиологической и психологической диагностике* / И.Н. Мантрова. – Иваново: Нейрософт, 2007. – С. 216. – <https://kognoreg.files.wordpress.com/2015/03/psychotest2.pdf> (дата обращения: 01.02.2023).
9. Немытов, Д.Н. *Аспекты содержания спортивной подготовки квалифицированных ориентировщиков-спринтеров* / Д.Н. Немытов, С.Н. Ключникова, А.Н. Илькин // Пед.-психол. и мед.-биол. проблемы физ. культуры и спорта. – 2015. – № 1 (34). – С. 131–139. DOI 10.14526/15_2015_15
10. *Прогрессивные матрицы Равена (тест Равена)* / psylist.net. – <http://psylist.net/praktikum/00090.htm> (дата обращения: 01.02.2023).
11. *Типовая программа спортивной подготовки по виду спорта «Спортивное ориентирование» (лыжные дисциплины)* / В.С. Близневская, А.Ю. Близневский, С.В. Худик, А.А. Худик. – М.: Федер. центр подготовки спортив. резерва. – 2018. – 216 с. eLIBRARY ID: 53116601
12. Ширинян, А.А. *Современная подготовка спортсмена-ориентировщика: учеб. пособие* / А.А. Ширинян, А.В. Иванов. – М.: Совет. спорт, 2010. – 112 с.
13. Bidzan-Bluma, I. *Physical Activity and Cognitive Functioning of Children: A Systematic Review* / I. Bidzan-Bluma, M. Lipowska // *Int J Environ Res Public Health*. – 2018. – Vol. 19, No. 15 (4). – P. 800. DOI: 10.3390/ijerph15040800
14. Gomes da Silva, S. *Physical activity and brain development* / S. Gomes da Silva, R.M. Arida // *Expert Rev Neurother*. – 2015. – Vol. 15 (9). – P. 1041–1051. DOI: 10.1586/14737175.2015
15. Melby-Lervåg, M. *Is working memory training effective? A meta-analytic review* / M. Melby-Lervåg, C. Hulme // *Dev Psychol*. – 2013. – Vol. 49 (2). – P. 270–291. DOI: 10.1037/a0028228
16. *Relationships between physical activity, sleep and cognitive function: A narrative review* / K.R. Sewell, K.I. Erickson, S.R. Rainey-Smith et al. // *Neurosci Biobehav Rev*. – 2021. – Vol. 130. – P. 369–378. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2021.09.003
17. Sumińska, S. *The impact of physical activity on cognitive functions* / S. Sumińska // *Med Pr*. – 2021. – Vol. 31, No. 72 (4). – P. 437–450. DOI: 10.13075/mp.5893.01103

References

1. Voronov Y.S. [Individualization of Training of Young Sportsmen, Going in for Sport Orienteering, on the Basis of the Age Appropriatenesses Account of Organism Biological Development]. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific notes of the P.F. Lesgaft University], 2008, no. 7, pp. 23–27. (in Russ.)
2. Voronov Y.S. *Osnovy intellektual'noy podgotovki v sportivnom orientirovanii* [Fundamentals of Intellectual Training in Sports Orienteering]. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovy-intellektualnoy-podgotovki-v-sportivnom-orientirovanii> (accessed 05.02.2023).
3. Voronov Y.S. [Management of Long-Term Training of Young Orienteering Athletes]. *Vestnik sportivnoy nauki* [Sports Science Bulletin], 2004, no. 3, pp. 35–42. (in Russ.)
4. Kazantsev S.A. *Psihologiya sportivnogo orientirovaniya* [Psychology of Orienteering]. St. Petersburg, St. Petersburg State University of Physical Culture P.F. Lesgaft Publ., 2007. 110 p.
5. Kazenkin A.D., Yurikov A.D., Rogovaya D.A. [Building a Training System for Orienteering Athletes in a One-year Competitive Training Cycle]. *Sbornik statey itogovoy nauchnoy konferencii voenno-nauchnogo obshchestva kursantov voennogo instituta fizicheskoy kul'tury za 2018* [Collection Articles Final Scientific Conference of the Military Scientific Society Cadets Military Institute Physical Culture in 2018], 2019, pp. 211–216. (in Russ.)
6. [Proof-reading Test by B. Bourdon]. *Psihologicheskij Zhurnal* [Psychological Journal]. Available at: <https://psychojournal.ru/tests/1211-korrekturnaya-proba-test-burdona.html> (accessed 01.02.2023).
7. Losev A.S. *Trenirovka orientirovshchikov-ryazryadnikov* [Orienteering Training with Sports Categories]. Moscow, KNAU Publ., 1984. 94 p.
8. Mantrova I.N. *Metodicheskoe rukovodstvo po psihofiziologicheskoy i psihologicheskoy diagnostike* [Methodological Guidelines for Psychophysiological and Psychological Diagnostics]. Ivanovo, Neurosoft Publ., 2007. 216 p.

9. Nemytov D.N., Klychnikova S.N., Ilkin A.N. [The Aspect of Sports Training Content of Qualified Orienteers-sprinters]. *Pedagogiko-psihologicheskie i mediko-biologicheskie problemy fizicheskoy kul'tury i sporta* [Pedagogical-psychological and Medical-biological Problems of Physical Culture and Sports], 2015, vol. 34, no. 1, pp. 131–139. (in Russ.) DOI: 10.14526/15_2015_15
10. *Progressivnye matricy Ravena (test Ravena)* [Progressive Raven Matrices (Raven Test)]. Available at: <http://psylist.net/praktikum/00090.htm> (accessed 01.02.2023).
11. Bliznevskaya V.S., Bliznevsky A.Y., Khudik S.V., Khudik A.A. *Tipovaya programma sportivnoy podgotovki po vidu sporta "Sportivnoe orientirovanie" (lyzhnye discipliny)* [The Standard Program of Sports Training in the Sport Orienteering (Ski Disciplines)]. Moscow, Federal State Budgetary Institution Federal Sports Reserve Training Center Publ., 2018. 216 p.
12. Shirinyan A.A., Ivanov A.V. *Sovremennaya podgotovka sportsmena-orientirovshchika* [Modern Training of an Orienteering Athlete]. Moscow, Soviet Sport Publ., 2010. 112 p.
13. Bidzan-Bluma I., Lipowska M. Physical Activity and Cognitive Functioning of Children: A Systematic Review. *International Journal Environment Research Public Health*, 2018, vol. 15 (4), p. 800. DOI: 10.3390/ijerph15040800
14. Gomes da Silva S., Arida R.M. Physical Activity and Brain Development. *Expert Rev Neurother.*, 2015, vol. 15 (9), pp. 1041–1051. DOI: 10.1586/14737175.2015
15. Melby-Lervåg M., Hulme C. Is Working Memory Training Effective? A Meta-analytic Review. *Development Psychology*, 2013, vol. 49 (2), pp. 270–291. DOI: 10.1037/a0028228
16. Sewell K.R., Erickson K.I., Rainey-Smith S.R. et al. Relationships between Physical Activity, Sleep and Cognitive Function: A Narrative Review. *Neuroscience Biobehaviour Review*, 2021, vol. 130, pp. 369–378. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2021.09.003
17. Sumińska S. The Impact of Physical Activity on Cognitive Functions. *Med Pr.*, 2021, vol. 72 (4), pp. 437–450. DOI: 10.13075/mp.5893.01103

Информация об авторах

Загородникова Дарья Михайловна, аспирант отделения физической культуры, старший преподаватель кафедры физической культуры и спорта, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия.

Капилевич Леонид Владимирович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой спортивно-оздоровительного туризма, спортивной физиологии и медицины факультета физической культуры, профессор отделения физической культуры, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия.

Information about the authors

Daria M. Zagorodnikova, Postgraduate student, Department of Physical Education; Senior lecturer, Department of Physical Education and Sports, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

Leonid V. Kapilevich, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Sports and Health Tourism, Sports Physiology and Medicine, Faculty of Physical Education, Professor of the Department of Physical Education, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

Вклад авторов:

Л.В. Капилевич – научное руководство; концепция исследования; редактирование текста, окончательное утверждение версии для публикации.

Д.М. Загородникова – сбор и анализ данных для работы, обработка и интерпретация результатов.

Авторы заявляют, что исследование проводилось при отсутствии каких-либо коммерческих или финансовых отношений, которые могли бы быть истолкованы как потенциальный конфликт интересов.

Contribution of the authors:

L.V. Kapilevich – scientific leadership; research concept; text editing, final approval before publishing.

D.M. Zagorodnikova – data collection and analysis; result processing and interpretation.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 17.07.2023

The article was submitted 17.07.2023

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СУСТАВОВ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ У ГИМНАСТОК В ВОЗРАСТЕ 12–14 ЛЕТ

О.И. Воронцова¹, aspuvorontsova@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-4037-3990>

Л.А. Удочкина², udochkin-lk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5016-0633>

¹ Астраханский государственный университет, Астрахань, Россия

² Астраханский государственный медицинский университет, Астрахань, Россия

Аннотация. Цель: оценить функциональное состояние суставов нижних конечностей у спортсменок в возрасте 12–14 лет, занимающихся художественной гимнастикой. **Материалы и методы.** В исследовании приняло участие 47 спортсменок, в группу сравнения вошли 42 девушки, не занимающиеся профессиональным спортом, без жалоб на состояние опорно-двигательной системы, прошедшие обследование у врача ортопеда-травматолога и признанные условно здоровыми. Методом клинического анализа походки при помощи системы трехмерного видеоанализа данных Vicon были зафиксированы пространственно-временные характеристики походки и кинематические показатели угловых перемещений голеностопного, коленного и тазобедренного суставов. **Результаты.** У гимнасток выявлено увеличение каденции и уменьшение длины шага, а также нарушения функции всех трех суставов в различных плоскостях в отличие от группы сравнения. В голеностопном суставе отмечено значительное увеличение угла супинации левого голеностопного сустава ($20,9 \pm 0,27^\circ$); увеличение амплитуды дорсоплантарного сгибания ($29,4 \pm 0,32^\circ$); увеличение угла отведения левой стопы ($3,33 \pm 0,24^\circ$). В коленном суставе у девушек-гимнасток слева отмечено увеличение вальгусной позиции на протяжении всего цикла шага ($42,2 \pm 0,27^\circ$), в остальных плоскостях значимых отличий обнаружено не было. В тазобедренном суставе зафиксировано увеличение угла приведения в фазе опоры, а в фазе переноса уменьшение угла отведения тазобедренного сустава; увеличение угла наружной ротации слева в пике фазы переноса ($43,4 \pm 0,38^\circ$). **Выводы.** Полученные показатели могут стать прогностическими для оценки возникновения травм у гимнасток и выявления патологий ОДА.

Ключевые слова: опорно-двигательный аппарат, художественная гимнастика, клинический анализ походки, пространственно-временные характеристики, кинематический анализ суставов, нижние конечности

Для цитирования: Воронцова О.И., Удочкина Л.А. Кинематический анализ суставов нижних конечностей у гимнасток в возрасте 12–14 лет // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 4. С. 87–94. DOI: 10.14529/hsm230411

Original article
DOI: 10.14529/hsm230411

LOWER LIMB JOINT KINEMATICS IN FEMALE GYMNASTS AGES 12–14

O.I. Vorontsova¹, aspuvorontsova@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-4037-3990>

L.A. Udochkina², udochkin-lk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5016-0633>

¹ Astrakhan State University, Astrakhan, Russia

² Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russia

Abstract. Aim. To evaluate the functional state of lower limb joints in female rhythmic gymnasts, ages 12–14. **Materials and methods.** The study involved 47 female athletes and 42 apparently healthy female non-athletes without musculoskeletal complaints from the control group. Spatio-temporal gait analysis and analysis of angular movements of lower limb joints were performed with the Vicon 3D motion capture system. **Results.** Compared to the control group, the results obtained show increased cadence and decreased step length, as well as functional disorders of all three joints in different planes in female rhythmic gymnasts. The following observations were recorded: a significantly increased supination angle of the left ankle

joint ($20.9 \pm 0.27^\circ$); an increased amplitude of dorsi-plantar flexion ($29.4 \pm 0.32^\circ$); an increased abduction angle of the left foot ($3.33 \pm 0.24^\circ$). An increase in the valgus position was recorded throughout the entire gait cycle ($42.2 \pm 0.27^\circ$) in the left knee joint of female athletes, with no significant differences found in the other planes. In the hip joint, an increase in the adduction angle and a decrease in the abduction angle were recorded in the support and transfer phases, respectively; an increase in the angle of external rotation on the left was observed at the peak of the swing phase ($43.4 \pm 0.38^\circ$). **Conclusions.** The results obtained are of prognostic value in the assessment of injuries and pathologies of the musculoskeletal system in gymnasts.

Keywords: musculoskeletal system, rhythmic gymnastics, gait analysis, spatio-temporal characteristics, kinematic analysis of joints, lower extremities

For citation: Vorontsova O.I., Udochkina L.A. Lower limb joint kinematics in female gymnasts ages 12–14. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(4): 87–94. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230411

Введение. Исследование состояния опорно-двигательного аппарата детей, занимающихся спортом, – актуальная проблема, которую ученые решают уже не первое десятилетие. С появлением новых средств диагностики, оказывающих минимальное воздействие на организм ребенка, например, системы трехмерного видеоанализа данных, подобные исследования выходят на новый уровень развития.

Художественная гимнастика в России является достаточно популярным видом спорта. Работает около 600 спортивных организаций, занимающихся подготовкой спортсменок. В них занимается более 85 тыс. человек. Также необходимо отметить, что дети начинают заниматься этим видом спорта достаточно рано – в 3–4 года, что, безусловно, несет риск развития различных нарушений здоровья и, в частности, острых и хронических травм опорно-двигательного аппарата. У этих спортсменок незрелая опорно-двигательная система, и, следовательно, они более восприимчивы к травмам [10]. Гимнастика относится к видам спорта с высокой травматичностью в связи с многообразием видов многоборья, большим количеством гимнастических элементов и связок, а также с повышенными трудностями при выполнении комбинаций [4]. Рост числа соревнований, внедрение новых технологий спортивной тренировки, приводит к повышению объема нагрузок на организм ребенка. Занятия художественной гимнастикой требуют наличия низкой жировой массы тела, высокой гибкости и координации, повышенных силовых способностей и выносливости. Комбинация этих факторов является потенциальным риском возникновения различных травм [3]. Показатели травматизма в гимнастике варьируются от 1,08 до 50,3 травм на 1000 ч

занятий. Согласно исследованиям зарубежных ученых, больше всего травм происходит на соревнованиях, меньшее количество – на тренировках [15].

Локализации травм у спортсменок, занимающихся художественной гимнастикой, посвящено достаточное количество исследований. Виды травм можно условно разделить на острые и хронические. Причем ярко выражено преобладание хронических травм над острыми. Так, А. Сиписти с соавт. (2007) отмечает, что частота острых травм у девушек, занимающихся художественной гимнастикой, по сравнению с группой девушек того же возраста, не занимающихся спортом, выше в 3 раза. Безусловно, здесь стоит также учитывать большее количество часов, которые гимнастки проводят на тренировках. Была установлена корреляция между временем, которое гимнастки уделяют спортивной практике, и возрастающей биомеханической нагрузкой на опорно-двигательный аппарат [12]. Острые травмы преимущественно локализуются в нижних конечностях. Большая часть из них приходится на стопу и голеностопный сустав (38 %), коленный сустав (19 %), бедро и тазобедренный сустав (15 %). Далее следуют повреждения спины (17 %) и другие травмы [14]. Отечественные ученые пришли к выводу, что чаще всего гимнастки травмируют стопы (31,6 %), далее следуют травмы верхних конечностей (22,4 %) и травмы спины (21,1 %) [1]. Накопление микроповреждений приводит к появлению хронических травм, на чью долю приходится 75 % всех заболеваний [8]. Игнорирование незначительных повреждений и болевых ощущений приводит к тому, что начинают развиваться более серьезные проблемы, перегружаются все отделы опорно-двигательного аппарата. Тем не менее проведено недоста-

точное количество исследований функции опорно-двигательной системы гимнасток при помощи технологии клинического анализа походки. Перспективные исследования кинематики движений суставов могут помочь выявить причины серьезных травм у гимнасток [13]. Системный мониторинг состояния опорно-двигательного аппарата спортсменок, занимающихся художественной гимнастикой, при помощи систем трехмерного видеонализа данных позволит предотвратить развитие хронических патологий и обеспечить раннюю ее диагностику.

Материалы и методы. Исследование проводилось в Астраханском государственном университете на базе ЦКП «Трехмерное исследование биомеханики движений». Работы по оценке состояния функции суставов нижних конечностей были организованы при помощи системы трехмерного видеонализа данных Vicon (системы захвата и анализа движений). Программно-аппаратный комплекс Vicon включает в себя десять цифровых инфракрасных камер Vicon T40, две видеокамеры Bonita 720, динамометрическую платформу АМТИ, цифровой мультиплексный коммутатор Vicon Giganet Lab, программное обеспечение Vicon Nexus 2.0, Vicon Polygon 4.2.

В исследовании принимали участие 47 спортсменок, занимающихся художественной гимнастикой не менее 5 лет. Возраст девушек в данной группе составил 12–14 лет. В группу сравнения вошли 42 условно здоровые девушки того же возраста, которые профессионально не занимались спортом, не предъявляли жалоб к состоянию опорно-двигательного аппарата, прошли предварительное медицинское обследование.

Применялся метод клинического анализа походки. Анализировалась динамика угловых

перемещений суставов нижних конечностей в трех плоскостях. Испытуемым предлагалось пройти дистанцию в 6 метров по динамометрической платформе в естественной для себя манере с одинаковой скоростью. Начало движения и остановка осуществлялись по вербальной команде оператора. Для адаптации к условиям эксперимента потребовалось 3–4 пробных прохождения дистанции. В зависимости от качества захвата движения выполнялось 7–9 основных прохождений дистанции. Фиксировались пространственно-временные характеристики походки и угловые перемещения сегментов конечностей в голеностопном, коленном и тазобедренном суставах. Определяли и анализировали следующие параметры: каденция (частота шагов в минуту), время двойной поддержки (время, когда обе нижние конечности в цикле шага находятся в контакте с опорой), время одиночной поддержки (время, когда только одна конечность находится в контакте с опорой), длина шага, ширина шага, время и скорость шага. Сравнительный анализ двух групп проводился методами математической статистики при помощи программного обеспечения Microsoft Excel. Поиск достоверности различий между двумя средними осуществлялся с помощью критерия Стьюдента. Отличия полагались статистически значимыми при $P < 0,05$

Результаты. Результаты анализа пространственно-временных характеристик походки приведены в таблице. В группе девушек, занимающихся художественной гимнастикой, отмечено увеличение каденции $118 \pm 1,2$ ш./мин в то время как в группе сравнения данный показатель составил $109 \pm 1,3$ ш./мин. Вследствие этого также отмечено уменьшение длины шага $0,56 \pm 0,022$ м у гимнасток и $0,63 \pm 0,025$ – у девушек, не занимающихся спортом. Суще-

Пространственно-временные характеристики походки у 12–14-летних девушек-гимнасток и девушек, не занимающихся спортом
Spatio-temporal characteristics of gait in female gymnasts and non-athletes, ages 12–14

	Каденция (ш./мин) Cadence (step/min)	Двойная поддержка (с) Double support (s)	Одиночная поддержка (с) Single support (s)	Длина шага (м) Step length (m)	Ширина шага (м) Step width (m)	Время шага (с) Step time (c)	Скорость походки (м/с) Speed (m/s)
Группа сравнения Control group	$109 \pm 1,3$	$0,20 \pm 0,057$	$0,45 \pm 0,018$	$0,63 \pm 0,025$	$0,14 \pm 0,024$	$1,11 \pm 0,041$	$1,14 \pm 0,069$
Группа гимнасток Athletes	$118 \pm 1,2$	$0,18 \pm 0,017$	$0,41 \pm 0,019$	$0,56 \pm 0,022$	$0,12 \pm 0,028$	$1,02 \pm 0,043$	$1,11 \pm 0,078$

ственных различий в параметрах времени двойной и одиночной поддержки, ширины и времени шага, скорости походки не выявлено.

Были проанализированы угловые перемещения в голеностопном суставе в цикле шага согласно схеме, разработанной ранее [2]. У девушек, занимающихся художественной гимнастикой, выявлены изменения в угловых перемещениях сегментов нижней конечности в голеностопном суставе во всех трех плоскостях, значительное увеличение угла супинации в левом голеностопном суставе на протяжении всего шагового цикла (рис. 1). В фазе переноса пик супинации составил в контрольной группе $5,57 \pm 0,24^\circ$, в группе гимнасток – $20,9 \pm 0,27^\circ$.

В фазе опоры слева у девушек, занимающихся гимнастикой, выявлено значительное увеличение амплитуды дорсоплантарного сгибания стопы в голеностопном суставе (в контрольной группе $19,2 \pm 0,25^\circ$, в группе сравнения $29,4 \pm 0,32^\circ$) (рис. 2).

В течение всего шагового цикла в группе гимнасток наблюдалось увеличение угла отведения левой стопы $3,33 \pm 0,24^\circ$, в группе сравнения этот показатель составил $7,11 \pm 0,27^\circ$.

Проанализировав угловые перемещения сегментов конечности в коленном суставе, мы пришли к следующим выводам. Сгибание и

разгибание в коленном суставе у девушек в группе гимнасток находится в пределах нормы. В группе девушек-гимнасток слева зафиксировано преждевременное наступление пика наружной ротации большеберцовой кости в цикле шага. Также у гимнасток слева отмечено увеличение вальгусной позиции на протяжении всего цикла шага $42,2 \pm 0,27^\circ$, тогда как у девушек, не занимающихся спортом, этот показатель составил $17,4 \pm 0,31^\circ$. Справа выявлены признаки увеличения вальгусной позиции, которые можно объяснить компенсаторным механизмом – копированием здоровой конечностью изменений больной (рис. 3).

При анализе угловых перемещений конечности в тазобедренном суставе выявлены следующие показатели. Выраженных отклонений в сгибании/разгибании в этом суставе в группе гимнасток относительно группы сравнения не обнаружено. В фазе опоры в группе девушек, занимающихся художественной гимнастикой, отмечается значительное увеличение угла приведения конечности в фазе опоры, а в фазе переноса уменьшение угла ее отведения в тазобедренном суставе по сравнению с нормативными параметрами. Также наблюдается увеличение угла наружной ротации слева: в группе сравнения в пике фазы

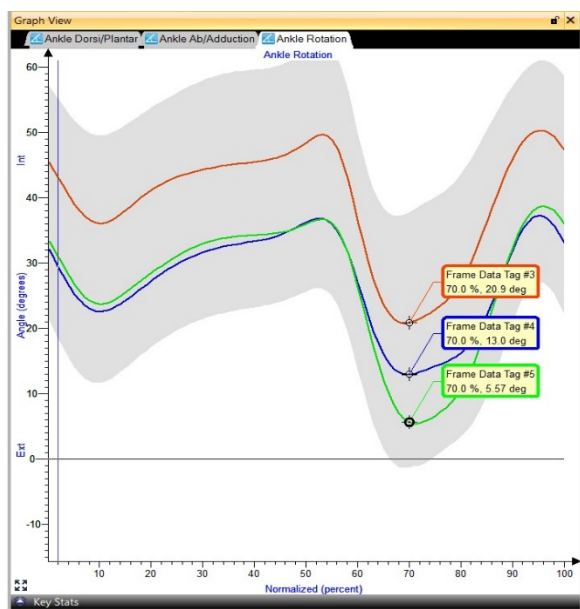


Рис. 1. График ротационных перемещений голеностопного сустава: *синяя линия – гимнастки, красная линия – левая нога, зеленая линия – правая нога

Fig. 1. Rotational movements of the ankle joint: *blue line – control group, red line – left leg, green line – right leg

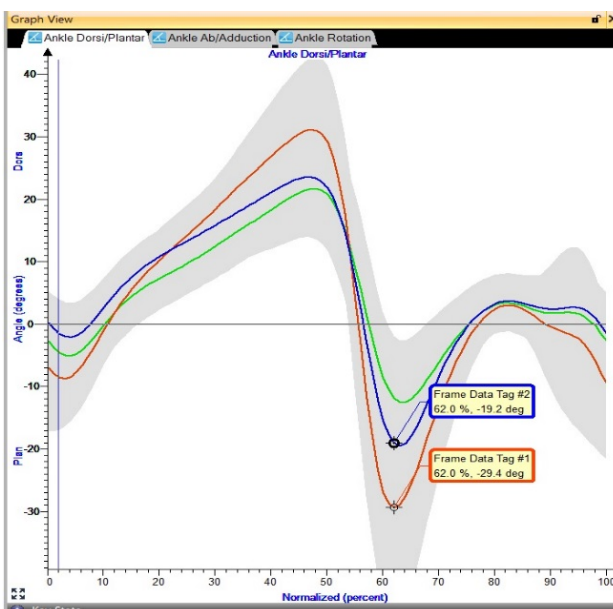


Рис. 2. График дорсального/плантарного сгибания голеностопного сустава: *синяя линия – группа сравнения, красная линия – левая нога, зеленая линия – правая нога

Fig. 2. Dorsal/plantar flexion of the ankle joint: *blue line – control group, red line – left leg, green line – right leg

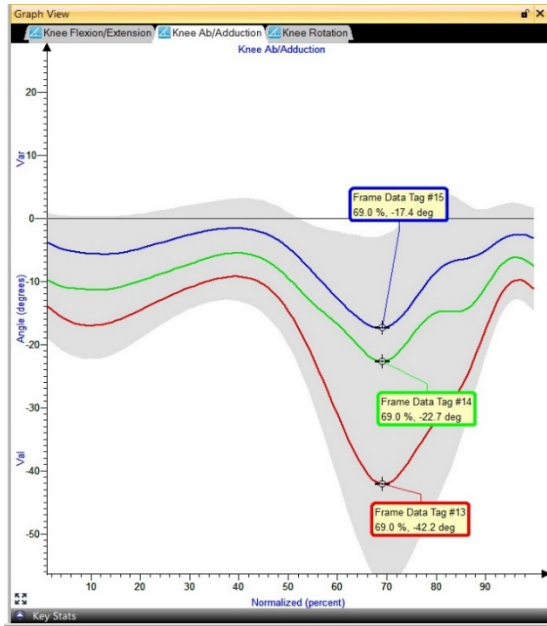


Рис. 3. График угловых перемещений коленного сустава во фронтальной плоскости: *синяя линия – группа сравнения, красная линия – левая нога, зеленая линия – правая нога
 Fig. 3. Angular movements of the knee joint in the frontal plane: *blue line – control group, red line – left leg, green line – right leg

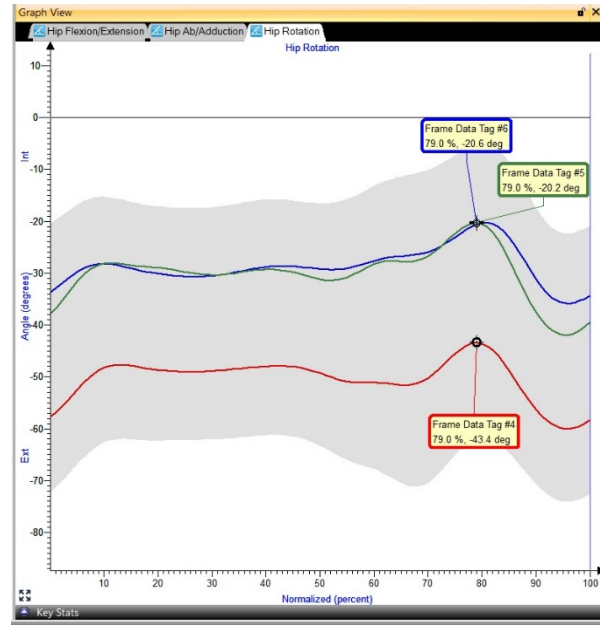


Рис. 4. График ротационных движений тазобедренного сустава во фронтальной плоскости: *синяя линия – группа сравнения, красная линия – левая нога, зеленая линия – правая нога
 Fig. 4. Rotational movements of the hip joint in the frontal plane: *blue line – control group, red line – left leg, green line – right leg

переноса он составил $20,6 \pm 0,29^\circ$, в группе гимнасток – $43,4 \pm 0,38^\circ$ (рис. 4).

Заключение. Травмы голеностопного сустава в художественной гимнастике занимают одно из первых мест среди острых травм, чаще всего встречаются растяжения связок при инверсии стопы внутрь, повреждение заднего большеберцового сухожилия, разрывы ахиллова сухожилия, а также переломы в области лодыжки [9].

Выявленное нами увеличение угла супинации стопы в голеностопном суставе часто приводит к растяжению передней таранно-малоберцовой и пяточной малоберцовой связок. Осложнением при этом может быть рецидивирующий подвывих малоберцовых сухожилий [6]. Вероятнее всего, острые повреждения стоп происходят от постоянной прыжковой нагрузки и частоты приземлений после выполнения упражнений на опорную поверхность. Прыжки занимают порядка 50 % времени от всего упражнения в соревновательной практике гимнасток [5].

Коленный сустав является вторым наиболее травмируемым суставом в художественной гимнастике. Так, Z. Kerr с соавт. обнаружили, что на колено приходится наибольшая доля самых тяжелых травм, требующих хи-

рургического вмешательства [11]. Отмеченное нами увеличение вальгусной позиции коленного сустава на протяжении всего цикла шага также, вероятнее всего, связано с нагрузкой на него при выполнении отдельных элементов, например, таких как grand jete, и может привести к повышенному риску травмы этого сустава. Зарегистрированное в процессе проведения исследования увеличение угла отведения левой стопы объясняет увеличение угла наружной ротации тазобедренного сустава.

Хронические травмы гимнасток чаще всего представлены усталостными повреждениями в форме тендинита, воспалениями других мягких тканей и усталостных переломов [7]. Их часто называют термином «колено прыгуна», так как возникают они вследствие продолжительных тренировок, многочисленных прыжков и приземлений, после таких микро травм спортсмены не успевают восстанавливаться, и в итоге это приводит к воспалению и дегенерации тканей связок.

У девушек-гимнасток выявлены следующие изменения в пространственно-временных характеристиках походки: увеличение каденции $118 \pm 1,2$ ш./мин и уменьшение длины шага $0,56 \pm 0,022$ м. В угловых перемещениях

суставов нижних конечностей отмечены изменения: в голеностопном суставе – увеличение угла супинации на протяжении всего шагового цикла, увеличение амплитуды дорсо-плантарного сгибания, увеличение угла отведения стопы; в коленном суставе – увеличение вальгусной позиции на протяжении всего цикла шага; в тазобедренном суставе – увеличение угла приведения в фазе опоры, а в фазе переноса – уменьшение угла отведения тазобедренного сустава.

Применение системы трехмерного видеоанализа данных может способствовать развитию стратегии профилактики травматизма среди гимнасток, основанной на биомеханическом анализе состояния опорно-двигательного аппарата. Такие исследования помогут снизить частоту и тяжесть спортивных травм путем количественной оценки воздействия факторов риска и выявления механизмов травматизма, а также оптимизацией тренировочного процесса.

Список литературы

1. Бикчурун, Н.М. Травмы и заболевания у юных спортсменов, занимающихся художественной гимнастикой / Н.М. Бикчурун, Ф.В. Ахавиева // *Наука и спорт: современные тенденции.* – 2018. – № 4, Т. 21. – С. 6–10.
2. Воронцова, О.И. Структура шагового цикла по данным анализа кинетических и кинематических параметров походки человека / О.И. Воронцова, М.В. Лозовская // *Вестник новых мед. технологий.* – 2017. – № 3. – С. 120–125.
3. Инновационный подход к профилактике травматизма при освоении прыжков в художественной гимнастике / Е.Н. Медведева, Р.Б. Цаллагова, А.А. Супрун, Е.Б. Котельникова // *Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта.* – 2016. – № 4 (134). – С. 160–163.
4. Козлова, А.Э. Механизмы и причины спортивных травм у юных гимнасток / А.Э. Козлова // *Спорт. Олимпизм. Гуманизм: межвуз. сб. науч. тр., посвящ. 65-летию образования СГАФКСТ и 25-летию Олимп. академии (Запада России) / под ред. Г.Н. Греца, К.Н. Ефременкова.* – Смоленск, 2015. – Вып. 13. – С. 83–88.
5. Куценко, Ю.Е. Применение упражнений для развития прыгучести в группах начальной подготовки в художественной гимнастике / Ю.Е. Куценко, Л.В. Тарасова // *Вестник спортив. науки.* – 2015. – № 5 – С. 26–28.
6. Травмы в художественной гимнастике // *Спортив. медицина.* – <https://www.sportmedicine.ru/rhythmic-gymnastics.php> (дата обращения: 21.03.2022).
7. Янкин, А.В. Антология стрессовых переломов / А.В. Янкин, Г.А. Краснояров, П.С. Маркевич // *Бюл. Вост.-Сибир. науч. центра Сибир. отд-ния Рос. Акад. наук.* – 2012. – № 2 (84). – Ч. 2 – С. 148–151.
8. *Epidemiology of national collegiate athletic association women's gymnastics injuries, 2009-2010 through 2013-2014 / Y. Kerr, R. Hayden, M. Barr et al. // Journal of Athletic Training.* – 2015. – Vol. 50. – P. 870–878. DOI: 10.4085/1062-6050-50.7.02
9. *Freddie, H.Fu. Sports injuries: Mechanisms, prevention, treatment / H. Fu. Freddie, A. David, M.D. Stone. – Dutch: Lippincott, Williams & Wilkins, 1994. – 1040 p.*
10. *Gymnastics injury incidence during the 2008, 2012 and 2016 Olympic Games: analysis of prospectively collected surveillance data from 963 registered gymnasts during Olympic Games / P. Edouard, K. Steffen, A. Junge et al. // British Journal of Sports Medicine.* – 2018. – Vol. 52. – P. 475–481. DOI: 10.1136/bjsports-2017-097972
11. *Injury survey in competitive sub-elite rhythmic gymnasts: results from a prospective controlled study / A. Cupisti, C. D'alessandro, I. Evangelisti et al. // Journal of Sports Medicine and Physical Fitness.* – 2007. – Vol. 47, № 2. – P. 203–207.
12. *Musculoskeletal pain in gymnasts: a retrospective analysis on a cohort of professional athletes / G. Fari, F. Fischetti, A. Zonno et al. // International Journal of Environmental Research and Public Health.* – 2021. – Vol. 18, №10. – P. 54–60. doi: 10.3390/ijerph18105460
13. *Peak sagittal plane spine kinematics in female gymnasts with and without a history of low back pain / R. Pimentel, M.N. Potter, J.J. Carollo et al. // Clinical Biomechanics.* – 2020. – Vol. 76. – P. 105–119. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2020.105019
14. *Roberts, K. Spine injuries in rhythmic gymnastics / K. Roberts // Sports Health.* – 2009. – Vol. 27. – № 3. – P. 27–29.

15. The young injured gymnast: a literature review and discussion / E. Hart, W.P. Meehan, D.S. Bae et al. // *Current Sports Medicine Reports*. – 2018. – Vol. 17 (11) – P. 366–375. DOI: 10.1249/JSR.0000000000000536

References

1. Bikchurin N.M, Akhaviyeva F.V. [Injuries and Diseases in Young Athletes Engaged in Rhythmic Gymnastics]. *Nauka i sport: sovremennyye tendentsii* [Science and Sports. Current Trends], 2018, no. 4 (21), pp. 6–10. (in Russ.)
2. Vorontsova O.I., Lozovskaya M.V. [The Structure of the Gait Cycle According to the Analysis of Kinetic and Kinematic Parameters of Human Gait]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy* [Bulletin of New Medical Technologies], 2017, no. 3, pp. 120–125. (in Russ.)
3. Medvedeva E.N., Czallagova R.B., Suprun A.A., Kotel'nikova E.B. [An Innovative Approach to Injury Prevention when Mastering Jumps in Rhythmic Gymnastics]. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific notes of the P.F. Lesgaft University], 2016, no. 4 (134), pp. 160–163. (in Russ.)
4. Kozlova A.E. [Mechanisms and Causes of Sports Injuries in Young Symnasts]. *Sport. Olimpizm. Gumanizm: mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh trudov, posvyashchenny 65-letiyu obrazovaniya SGAFKST i 25-letiyu Olimpiyskoy akademii (Zapada Rossii)* [Sport. Olympism. Humanism. An Interuniversity Collection of Scientific Papers Dedicated to the 65th Anniversary of the Formation of SGAFKST and the 25th Anniversary of the Olympic Academy (West of Russia)], 2015, no. 13, pp. 83–88. (in Russ.)
5. Kutsenko Yu.E. [Application of Exercises for the Development of Jumping Ability in Groups of Initial Training in Rhythmic Gymnastics]. *Vestnik sportivnoy nauki* [Bulletin of Sports Science], 2015, no. 5, pp. 26–28. (in Russ.)
6. *Travmy v khudozhestvennoy gimnastike* [Injuries in Rhythmic Gymnastics]. Available at: <https://www.sportmedicine.ru/rhythmic-gymnastics.php> (accessed 21.03.2022).
7. Yankin A.V., Krasnoyarov G.A., Markevich P.S. [Anthology of Stress Fractures]. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy Akademii nauk* [Bulletin of the East Siberian Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences], 2012, no. 2 (84), pp. 148–151. (in Russ.)
8. Kerr Y., Hayden R., Barr M. et al. Epidemiology of National Collegiate Athletic Association Women's Gymnastics Injuries, 2009–2010 Through 2013–2014. *Journal of Athletic Training*, 2015, vol. 50, pp. 870–878. DOI: 10.4085/1062-6050-50.7.02
9. Freddie H.Fu., David M.D. Stone. *Sports Injuries: Mechanisms, Prevention, Treatment*. Dutch: Lippincott, Williams & Wilkins, 1994. 1040 p.
10. Edouard P., Steffen K., Junge A. et al. Gymnastics Injury Incidence During the 2008, 2012 and 2016 Olympic Games: Analysis of Prospectively Collected Surveillance Data from 963 Registered Gymnasts During Olympic Games. *British Journal of Sports Medicine*, 2018, vol. 52, pp. 475–481. DOI: 10.1136/bjsports-2017-097972
11. Fari G., Fischetti F., Zonno A. et al. Musculoskeletal Pain in Gymnasts: a Retrospective Analysis on a Cohort of Professional Athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, vol. 18, no. 10, pp. 54–60. DOI: 10.3390/ijerph18105460
12. Cupisti A., D'Alessandro C., Evangelisti I. et al. Injury Survey in Competitive Sub-elite Rhythmic Gymnasts: Results from a Prospective Controlled Study. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2007, vol. 47, no. 2, pp. 203–207.
13. Pimentel R., Potter M.N., Carollo J.J. et al. Peak Sagittal Plane Spine Kinematics in Female Gymnasts with and without a History of Low Back Pain. *Clinical Biomechanics*, 2020, vol. 76, pp. 105–119. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2020.105019
14. Roberts K. Spine Injuries in Rhythmic Gymnastics. *Sports Health*, 2009, vol. 27, no. 3, pp. 27–29.
15. Hart E., Meehan W.P., Bae D.S. et al. The Young Injured Gymnast: a Literature Review and Discussion. *Current Sports Medicine Reports*, 2018, vol. 17 (11), pp. 366–375. DOI: 10.1249/JSR.0000000000000536

Информация об авторах

Воронцова Ольга Ивановна, кандидат политических наук, руководитель центра коллективного пользования «Трёхмерное исследование биомеханики движений», Астраханский государственный университет, Астрахань, Россия.

Удочкина Лариса Альбертовна, доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой анатомии, Астраханский государственный медицинский университет, Астрахань, Россия.

Information about the authors

Olga I. Vorontsova, Candidate of Political Sciences, Head of the “Three-dimensional Study of Movement Biomechanics”, Astrakhan State University, Astrakhan, Russia.

Larisa A. Udochkina, Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Anatomy, Astrakhan State Medical University, Astrakhan, 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 conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 22.08.2023

The article was submitted 22.08.2023

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «ДНЕВНИК УЧЕТА СИЛОВОЙ ПОДГОТОВКИ»

Д.С. Степанов, stepanov.dmitrii01@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0783-6292>

В.С. Черепанов, cherepanovvadim@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0797-6383>

В.И. Ильиных, ilinyhvlada07530@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-1253-1310>

А.И. Ненашев, x715xevilpartizan@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6881-8963>

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

Аннотация. Цель: разработать мобильное приложение для сохранения данных силовых тренировок спортсмена и отслеживания тренировочного процесса, анализа изменений в уровне силовой подготовки. **Материалы и методы.** Исследование проходило на базе Института спорта, туризма и сервиса Южно-Уральского государственного университета (НИУ) и физкультурно-спортивного клуба. Выборку составили спортсмены циклических видов спорта (лыжные гонки, легкая атлетика, спортивное ориентирование, $n = 50$) в возрасте от 17 до 25 лет. Программная реализация данного приложения осуществлялась в среде разработки (IDE) Android Studio с использованием языка программирования Kotlin. **Результаты.** Результатом работы стало создание мобильного приложения для платформы Android «дневник силовой подготовки» с подключением к облачной базе данных, предоставляющей возможность совместной работы над дневником спортсмена и его тренера. Приложение предоставляет пользователю следующие функции: запись и редактирование тренировок, тренировочных планов, просмотр автоматически формируемой статистики. **Заключение.** Разрабатываемое приложение предоставляет возможность выстраивать тренировку посредством выбора упражнений с учетом не только мышечных групп, но и двигательной адекватности соревновательному упражнению. Кроме того, оно призвано облегчить взаимодействие тренера и спортсменов за счет использования облачной базы данных для хранения записей.

Ключевые слова: мобильное приложение, дневник, силовая тренировка, android, kotlin

Для цитирования: Разработка мобильного приложения «Дневник учета силовой подготовки» / Д.С. Степанов, В.С. Черепанов, В.И. Ильиных, А.И. Ненашев // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 4. С. 95–101. DOI: 10.14529/hsm230412

Original article
DOI: 10.14529/hsm230412

DEVELOPMENT OF THE 'STRENGTH TRAINING RECORDS' MOBILE APPLICATION

D.S. Stepanov, stepanov.dmitrii01@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0783-6292>

V.S. Cherepanov, cherepanovvadim@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0797-6383>

V.I. Ilinykh, ilinyhvlada07530@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-1253-1310>

A.I. Nenashev, x715xevilpartizan@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6881-8963>

South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Abstract. Aim. To develop a mobile application to save the data obtained during strength training, to monitor training progress, and to analyze changes in strength levels. **Materials and methods.** The study took place at the Institute of Sport, Tourism and Service of South Ural State University (National Research University) and the Physical Education and Sport Club. The sample involved cross-country skiers, track-and-field athletes, and orienteers ($n = 50$), ages 17–25. The application was created in an integrated development environment (Android Studio) with the Kotlin programming language. **Results.** A mobile cloud application for the Android OS was developed to provide prospects for simultaneous training record monitoring for both a coach and an athlete. The application also allows making and amending training records

and training plans, as well as monitoring automatically formed records. **Conclusion.** The application allows athletes and coaches to form their training plans by choosing physical activities that are adequate with respect to their muscle groups and physical activity levels. Moreover, it facilitates coach-athlete interaction due to the cloud storage of training data.

Keywords: mobile application, training records, strength training, android, kotlin

For citation: Stepanov D.S., Cherepanov V.S., Ilinykh V.I., Nenashev A.I. Development of the 'Strength training records' mobile application. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(4):95–101. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230412

Введение. Проблема повышения эффективности тренировочного процесса квалифицированных спортсменов циклических видов спорта была и остается актуальной. Анализ литературных источников показывает, что одним из лимитирующих факторов в росте физической работоспособности атлетов является силовая подготовка. Подтверждением актуальности темы стали сотни экспериментальных исследований в области спортивной подготовки, в которых показано, что некоторые режимы силовых упражнений позволяют повысить спортивный результат и экономичность двигательных действий [3, 5, 7, 9, 14].

Спортивный дневник – инструмент, используемый спортсменом и его тренером для фиксации проделанной работы, её контроля и анализа. Ведение спортивного дневника позволяет оценить эффективность тех или иных видов нагрузки для достижения поставленной тренировочной цели, также это позволяет отслеживать прогресс атлета. Для этого необходимо учитывать объективные параметры: тоннаж, количество подходов, повторений, движений, виды упражнений, продолжительность в контексте управления, контроля и анализа тренировочного процесса.

Для отслеживания данных параметров на сегодняшний день существует ряд решений, к примеру, GymPad, GymKeeper и GymUp [11–13], однако ни одно из них не учитывает основного принципа современной силовой тренировки – двигательной адекватности соревновательному упражнению (по углам в суставах, по угловой скорости и амплитуде) [1, 2, 8, 15].

Цель: разработать мобильное приложение для сохранения данных силовых тренировок спортсмена и отслеживания тренировочного процесса, анализа изменений в уровне силовой подготовки.

Организация и методы исследования. Программная реализация данного приложе-

ния осуществлялась в среде разработки (IDE) Android Studio с использованием языка программирования Kotlin [6]. Выбор IDE и языка программирования обоснован существующими стандартами программирования для платформы Android. Для хранения данных и получения к ним доступа с разных устройств использовали облачную базу данных на платформе Google Firebase.

Результаты исследования и их обсуждение. Применение данного приложения позволит оперативно оценивать эффективность тех или иных видов силовых нагрузок для достижения поставленной тренировочной цели. Нововведением данного программного решения является использование классификации силовых упражнений по принципу двигательной адекватности соревновательному движению.

Разрабатываемое приложение должно соответствовать ряду требований:

1) приложение должно позволять пользователю сохранять данные о проделанных тренировках;

2) приложение должно позволять пользователю просматривать и редактировать данные о тренировках;

3) приложение должно позволять пользователю создавать тренировочные планы;

4) приложение должно позволять пользователю просматривать созданные планы и редактировать их;

5) приложение должно позволять пользователю просматривать тренировочную статистику за выбранный период, результаты анализа проделанной работы;

6) приложение должно позволять пользователю-тренеру создавать, редактировать и отправлять планы для спортсменов, а также просматривать их тренировки.

Use-case диаграмма (диаграмма вариантов использования) разрабатываемого приложения представлена на рис. 1.

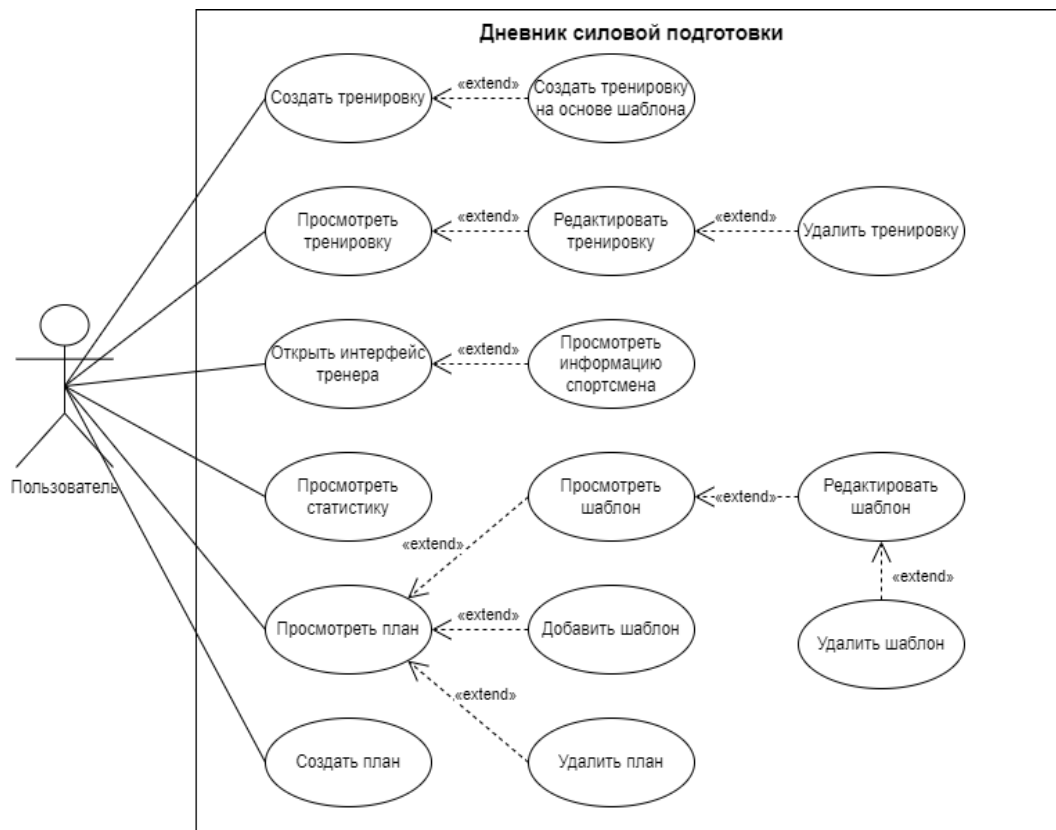


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования
Fig. 1. Use-case diagram

```

"users": {
  "user_id": {
    "workouts": {
      "workout_id": {
        "exercises": {
          "exercise_name": {
            "exerciseMuscle": int,
            "exerciseName": string,
            "exerciseTypeId": int,
            "rounds": [
              {
                "reps": int,
                "restTime": int,
                "roundId": int,
                "weight": int
              }
            ]
          }
        },
        "weight": {
          "group0Weight": int,
          "group1Weight": int,
          ...
          "group9Weight": int
        },
        "workoutDate": string,
        "workoutDesc": string,
        "workoutDifficulty": int,
        "workoutId": string,
        "workoutName": string
      }
    }
  }
}

```

Рис. 2. Фрагмент базы данных
Fig. 2. Fragment of a database structure

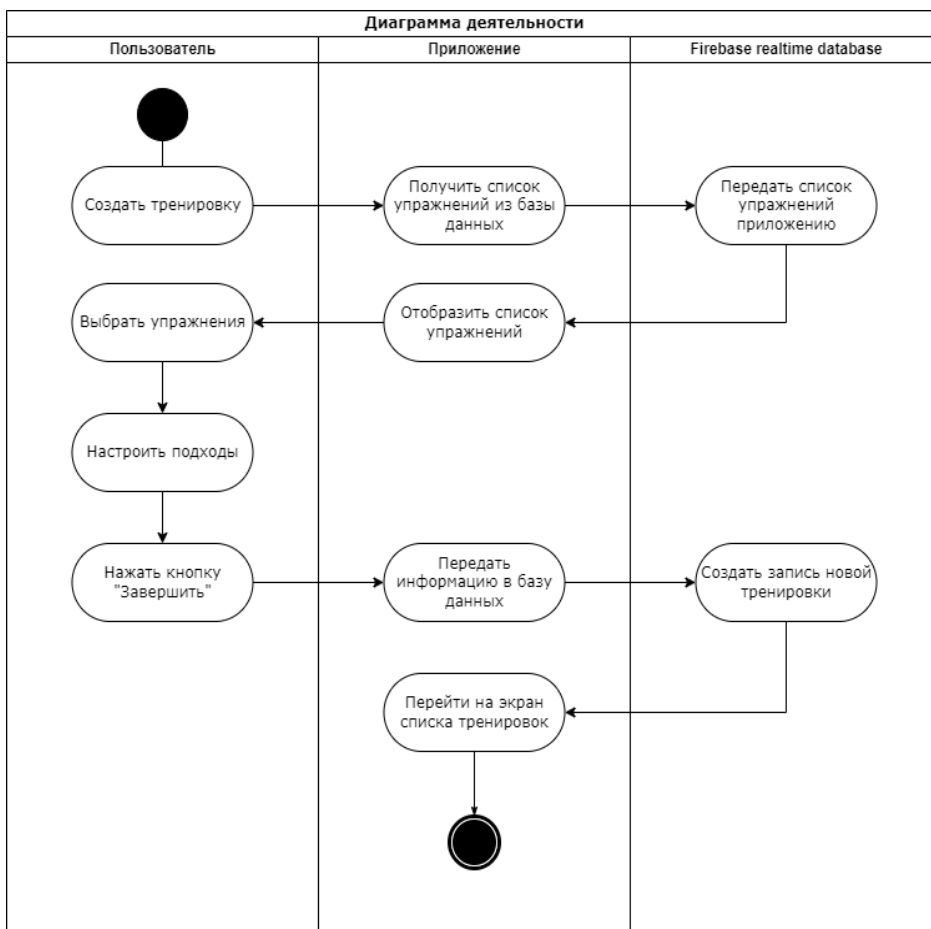


Рис. 3. Диаграмма деятельности
Fig. 3. Activity diagram

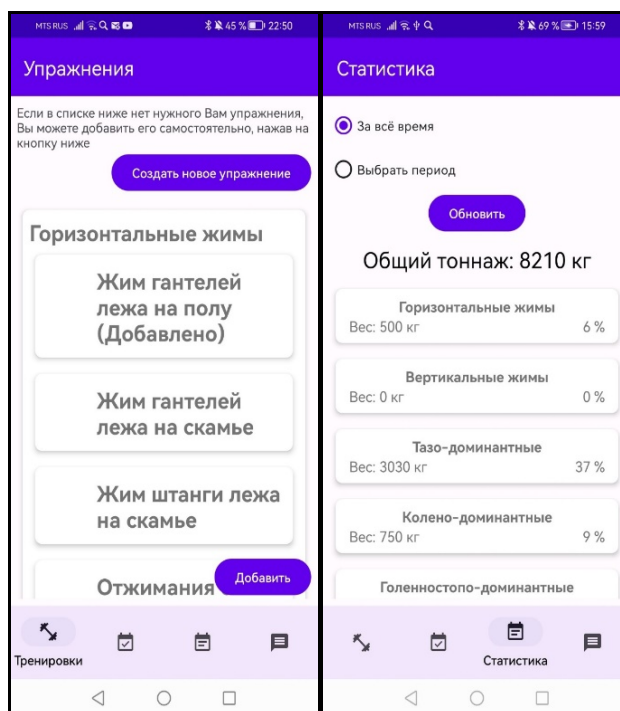


Рис. 4. Скриншоты приложения на устройстве
Fig. 4. Screenshots of the application

Для хранения данных и получения к ним доступа с разных устройств необходимо использовать облачную базу данных на платформе Google Firebase, предлагающую готовую к использованию систему для аутентификации пользователей любым из распространенных способов, а также доступ к базе данных firebase realtime database, хранящей данные в формате json файла [4, 10]. Фрагмент базы данных представлен на рис. 2.

На рис. 3 представлена диаграмма деятельности процесса создания записи тренировки.

На рис. 4 представлены скриншоты при-

ложения, запущенного на устройстве Honor 20S на системе Android.

Закключение. Таким образом, в перспективе заложены развитие проекта и разработка носимого устройства (часов, браслета, датчика) или android-приложения для существующих носимых устройств для сбора объективных данных автоматически. Планируется добавить графические инструменты для анализа тренировочного процесса, такие как график, отражающий изменения абсолютного и относительного веса, с которым работает спортсмен в рамках теста (рис. 5).

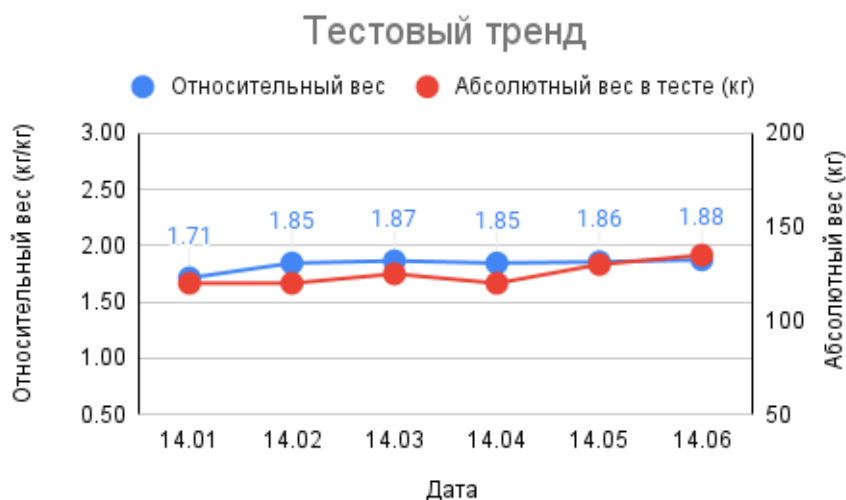


Рис. 5. Тестовые тренды
Fig. 5. Test trends

Список литературы

1. Бомпа, Т. Периодизация спортивной тренировки / Т. Бомпа, Т.С. Бузичели; [пер. с англ. М. Прокопьевой]. – 3-е изд. – М.: Спорт, 2016. – 383 с.
2. Карр, К. Анатомия функциональных тренировок / К. Карр, М.К. Фейт, В.М. Боженова. – Минск: Попурри, 2022. – 208 с.
3. Особенности выбора упражнений силового тестирования лыжников-гонщиков / А.С. Бахарева, А.П. Шаховский, Э.Ф. Латыпова и др. // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 2. – С. 59–66. DOI: 10.14529/hsm210207
4. Силовая подготовка спортсменов высокого класса в циклических видах спорта с преимущественным проявлением выносливости: моногр. / Е.Б. Мякинченко, А.С. Крючков, Т.Г. Фомиченко. – М.: Спорт, 2022. – 280 с.
5. Сысоев, Ю.В. Топография и специфика развития максимальной относительной силы мышц сгибателей и разгибателей нижних конечностей и туловища женщин спринтеров различной спортивной квалификации / Ю.В. Сысоев, А.А. Федорива-Шпаер // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2017. – № 3 (145). – С. 195–201.
6. Android Studio. – <https://developer.android.com/studio> (дата обращения: 15.02.2022).
7. Auto-regulation method vs. fixed-loading method in maximum strength training for athletes: a systematic review and meta-analysis / X. Zhang, H. Li, Shilin Bi, Y. Luo et al. // Front. Physiol. – 2021. – Vol. 12. DOI: 10.3389/fphys.2021.651112
8. Comparative analysis of perceived exertion and objective physiological standards of load intensity in the exercise test among skilled cross-country skiers / A.S. Bakhareva, A.S. Aminov, V.S. Cherepanov et al. // Journal of Physical Education and Sport. – 2022. – No. 7. – P. 1799–1803.

9. Effect of heavy strength training on muscle thickness, strength, jump performance, and endurance performance in well-trained Nordic Combined athletes / B.R. Ronnestad, O. Kojedal, T. Losnegard et al. // *Eur J Appl Physiol.* – 2012. – Vol. 112 (6). – P. 2341–2352.
10. Firebase. – <https://firebase.google.com/> (дата обращения: 25.02.2022).
11. GymKeeper. – <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.kg.app.sportdiary> (дата обращения: 28.02.2022).
12. GymPad. <https://www.gympad.ru/> (дата обращения: 28.02.2022).
13. GymUp. – <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.adaptech.gymup> (дата обращения: 28.02.2022).
14. Slimani, M. A meta-analysis to determine strength training related dose-response relationships for lower-limb muscle power development in young athletes / M. Slimani, A. Paravlic, U. Granacher // *Front. Physiol.* – 2018. – Vol. 9. DOI: 10.3389/fphys.2018.01155
15. The effects of feedback with and without strength Training on lower extremity biomechanics / D.C. Herman, J.A. Oñate, P.S. Weinhold et al. // *The American Journal of Sports Medicine* – 2009. – Vol. 37, iss. 7. – P. 1301–1308. DOI: 10.1177/0363546509332253

References

1. Bompa T., Buzicheli T.S. *Periodizatsiya sportivnoy trenirovki* [Periodization of Sports Training], english translation: M. Prokopeva. 3rd ed. Moscow: Sport Publ., 2016. 383 p.
2. Karr K., Feyt M.K., Bozhenova V.M. *Anatomiya funktsional'nykh trenirovok* [Anatomy of Functional Training]. Minsk, Popurri Publ., 2022. 208 p.
3. Bakhareva A.S., Shakhovskiy A.P., Latypova E.F. et al. Features of the Choice of Exercises for Strength Testing of Cross-Country Skiers. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 2, pp. 59–66. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210207
4. Myakinchenko E.B., Kryuchkov A.S., Fomichenko T.G. *Silovaya podgotovka sportsmenov vysokogo klassa v tsiklicheskiykh vidakh sporta s preimushchestvennym proyavleniyem vynoslivosti: monografiya* [Strength Training of High-class Athletes in Cyclic Sports with a Predominant Manifestation of Endurance]. Moscow, Sport Publ., 2022. 280 p.
5. Sysoyev Yu.V., Fedoriva-Shpayer A.A. [Topography and Specific Development of the Maximum Relative Strength of the Muscles of the Flexors and Extensors of the Lower Extremities and Torso of Female Sprinters of Various Sports Qualifications]. *Uchenyye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta* [Scientific notes of the University P.F. Lesgaft], 2017, no. 3 (145), pp. 195–201. (in Russ.)
6. Android Studio. Available at: <https://developer.android.com/studio> (accessed 15.02.2022).
7. Zhang X., Li H., Shilin Bi et al. Auto-regulation Method vs. Fixed-loading Method in Maximum Strength Training for Athletes: a Systematic Review and Meta-Analysis. *Front. Physiology*, 2021, vol. 12. DOI: 10.3389/fphys.2021.651112
8. Bakhareva A.S., Aminov A.S., Cherepanov V.S. et al. Comparative Analysis of Perceived Exertion and Objective Physiological Standards of Load Intensity in the Exercise Test Among Skilled Cross-country Skiers. *Journal of Physical Education and Sport*, 2022, no. 7, pp. 1799–1803.
9. Ronnestad B.R., Kojedal O., Losnegard T. et al. Effect of Heavy Strength Training on Muscle Thickness, Strength, Jump Performance, and Endurance Performance in Well-trained Nordic Combined Athletes. *European Journal Appl Physiology*, 2012, vol. 112(6), pp. 2341–2352. DOI: 10.1007/s00421-011-2204-9
10. Firebase. Available at: <https://firebase.google.com/> (accessed 25.02.2022).
11. GymKeeper. Available at: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.kg.app.sportdiary> (accessed 28.02.2022).
12. GymPad. Available at: <https://www.gympad.ru/> (accessed 28.02.2022).
13. GymUp. Available at: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.adaptech.gymup> (accessed 28.02.2022).
14. Slimani M., Paravlic A., Granacher U. A Meta-analysis to Determine Strength Training Related Dose-response Relationships for Lower-limb Muscle Power Development in Young Athletes. *Front. Physiology*, 2018, vol. 9. DOI: 10.3389/fphys.2018.01155
15. Herman D.C., Oñate J.A., Weinhold P.S. et al. The Effects of Feedback with and without Strength Training on Lower Extremity Biomechanics. *The American Journal of Sports Medicine*, 2009, vol. 37, iss. 7, pp. 1301–1308. DOI: 10.1177/0363546509332253

Информация об авторах

Степанов Дмитрий Сергеевич, студент кафедры системного программирования, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Черепанов Вадим Сергеевич, аспирант кафедры спортивного совершенствования, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Ильиных Владлена Игоревна, студент кафедры спортивного совершенствования, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Ненашев Александр Игоревич, студент кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Information about the authors

Dmitry S. Stepanov, Undergraduate Student, Department of System Programming, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Vadim S. Cherepanov, Postgraduate Student, Department of Athletic Performance Enhancement, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Vladlena I. Ilinykh, Undergraduate Student, Department of Athletic Performance Enhancement, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Alexander I. Nenashev, 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 conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 20.08.2023

The article was submitted 20.08.2023

ПРОГРАММИРОВАНИЕ ФИЗКУЛЬТУРНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ ЗАНЯТИЙ АЭРОБИКОЙ СО СТУДЕНТКАМИ РАЗЛИЧНОГО УРОВНЯ ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

Э.В. Макарова, *elina.makarova.2014@mail.ru*, <https://orcid.org/0000-0003-3133-7581>

М.В. Железнякова, *golianovo7@yandex.ru*, <https://orcid.org/0000-0001-9396-1043>

Е.В. Черкасова, *katya1107@mail.ru*, <https://orcid.org/0000-0002-2071-7928>

Е.Е. Щербакова, *helen4241@yandex.ru*, <https://orcid.org/0000-0001-5952-1706>

Московский политехнический университет, Москва, Россия

Аннотация. **Цель:** обосновать и разработать программу физкультурно-оздоровительных занятий аэробикой для студенток с различным уровнем физического состояния. **Материалы и методы.** В педагогическом эксперименте приняли участие 64 студентки в возрасте от 19 до 21 года, 2-го и 3-го курса обучения, основной медицинской группы здоровья. В учебный процесс экспериментальной группы был включен практический модуль «Оздоровительная аэробика». В процессе разработки и проведения практического модуля использовались следующие методы исследования: анализ литературы, педагогическое тестирование, антропометрия, расчет индексов и функциональных проб, педагогический эксперимент, методы математической статистики. **Результаты.** В процессе педагогического эксперимента были разработаны две программы занятий оздоровительной аэробики в зависимости от уровня физического состояния и двигательных способностей студенток. Программы были рассчитаны на 9 месяцев занятий с двумя занятиями в неделю по 90 минут. Особенностью методики проведения занятий было объединение двух программ по линейному типу в единый учебный модуль «Оздоровительная аэробика». Занятия по методике первой программы способствовали улучшению морфологических показателей студенток: снижение обхватных размеров тела (талии – на 8,2 %, плеча – на 9,2 %, бедра – на 6,3 %, ягодиц – на 5,3 %). После первого семестра занятий 34,5 % студенток повысили свой уровень физического состояния и перешли в новый функциональный класс, смогли перейти во вторую группу занимающихся и заниматься с повышенными аэробными нагрузками. **Заключение.** Анализируя результаты проведенных исследований, выявили, что проведенный педагогический эксперимент с разработкой комплексной двухуровневой системы занятий аэробикой для студенток свидетельствует об общей положительной динамике развития различных морфофункциональных показателей. Установлено достоверное повышение уровня гибкости на 82 %, скоростно-силовых качеств – на 28 %, динамической силы – на 22 %. Предложенная методика занятий аэробикой позволила объединить в группы занимающихся студенток с различными уровнями физического состояния, дифференцировать физические нагрузки, индивидуализировать подход к каждому занимающемуся и таким образом доказала свою эффективность.

Ключевые слова: студенты, оздоровительная аэробика, физическое состояние, физическая подготовка, программа занятий

Для цитирования: Программирование физкультурно-оздоровительных занятий аэробикой со студентками различного уровня физического состояния / Э.В. Макарова, М.В. Железнякова, Е.В. Черкасова, Е.Е. Щербакова // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 4. С. 102–108. DOI: 10.14529/hsm230413

PHYSICAL AND HEALTH PROMOTION ACTIVITIES IN FEMALE UNIVERSITY STUDENTS WITH DIFFERENT HEALTH LEVELS

E.V. Makarova, elina.makarova.2014@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3133-7581>

M.V. Zheleznyakova, golianovo7@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9396-1043>

E.V. Cherkasova, katya1107@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2071-7928>

E.E. Shcherbakova, helen4241@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5952-1706>

Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia

Abstract. Aim. To substantiate and develop a program of physical and health promotion activities for students with different health levels. **Materials and methods.** The study involved 64 female students, ages 19–21, from the main medical group. In the experimental group, health promotion activities included health-enhancing aerobic exercises. The following research methods were used: literature review, pedagogical testing, anthropometrical measurements, functional tests and related indicators, pedagogical experiment, and mathematical statistics. **Results.** Two programs of health-enhancing aerobic exercises were developed with respect to the health levels and motor abilities of students. Our nine-month program included two 90-minute classes per week. The main feature of the program was the integration of two programs into a single training module, “Health-enhancing aerobic exercises”. The first program contributed to the improvement of morphological indicators in female students, including circumference measurements (waist by 8.2 %, shoulders by 9.2 %, hips by 6.3 %, buttocks by 5.3 %). After the first semester, 34.5 % of female students improved their physical fitness and entered a new functional group with more intense aerobic exercise. **Conclusions.** The study shows that our complex two-level system of health-enhancing aerobic exercises resulted in the development of various morphofunctional parameters. A significant increase was recorded for such parameters as flexibility (82 %), speed and strength (28 %), and dynamic strength (22 %). The proposed program allowed female students with different health levels to unite while differentiating their physical activities and individualizing the approach to each student.

Keywords: university students, health-enhancing aerobic exercises, health level, physical training, training program

For citation: Makarova E.V., Zheleznyakova M.V., Cherkasova E.V., Shcherbakova E.E. Physical and health promotion activities in female university students with different health levels. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(4):102–108. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230413

Введение. В настоящее время в практику образовательного процесса по физическому воспитанию студентов происходит активное внедрение инновационных физкультурно-оздоровительных технологий с целью достижения и поддержания оптимальной физической подготовленности студентов в соответствии с их мотивацией и индивидуальными особенностями. Наиболее популярными среди молодежи являются занятия аэробикой. В силу своей доступности, эмоциональности и эффективности аэробика обладает универсальным средством активизации важнейших функциональных систем организма, высокой энергетической стоимостью выполняемой работы, приобретением стойкого оздоровительного эффекта и двигательного опыта [4, 7, 12].

Частные методики современной аэробики объединяются в единую цель и предназначе-

ны для достижения оптимального развития таких физических качеств, как сила, выносливость, гибкость, координация движений занимающихся, а также позитивно влияют на психическое состояние и способствуют коррекции фигуры [2, 9, 15]. Применение общеразвивающих, танцевальных и силовых упражнений, выполняемых под музыкальное сопровождение, обеспечивает широкий диапазон их использования в процессе решения задач физического воспитания студентов [10, 14]. В настоящее время накоплены многочисленные данные о благоприятном влиянии занятий аэробикой на организм занимающихся [1, 3, 11].

Анализ литературных данных показал, что многообразие и постоянное обновление научно-обоснованных программ аэробики позволяет лидировать среди других видов физ-

культурно-оздоровительной деятельности студентов [5, 13].

Современная оздоровительная аэробика становится очень динамичной с постоянным пополнением средств и методов аэробики. Особенный интерес к занятиям аэробики наблюдается со стороны студенток. Учебные занятия по физическому воспитанию в вузах организовываются, как правило, по элективной направленности, по выбору спортивных и оздоровительных направлений и программ [7, 8]. Комплектование групп по оздоровительной аэробике происходит с учетом группы здоровья и интересов занимающихся. Как показывает практика и опыт работы в вузе, состав группы занимающихся в таких случаях не однородный. В одной группе оказываются студенты с различным уровнем физической подготовленности и двигательных способностей. Таким образом, перед преподавателями возникает проблема выбора методики и направления оздоровительной аэробики для данных групп занимающихся.

Цель исследования – обосновать и разработать программу физкультурно-оздоровительных занятий аэробикой для студенток с различным уровнем физической подготовленности не физкультурных вузов.

Методы и организация исследования. В исследовании приняли участие 64 студентки в возрасте от 19 до 21 года, 2-го и 3-го курса обучения, основной медицинской группы здоровья. Экспериментальная группа (ЭГ) исследования состояла из 30 студенток Мосполитеха. Контрольная группа (КГ) в составе 34 студенток МГУПП в рассматриваемый период занималась согласно рабочей программе по дисциплине «Элективные дисциплины (модули) по физической культуре и спорту». Оценивался уровень физической подготовленности (УФП) студенток ЭГ и КГ по данным контрольно-педагогического тестирования: челночный бег 4×9 м, поднимание туловища из положения лежа на спине, наклон вперед, сгибание и разгибание рук в упоре лежа. Оценка уровня функционального состояния определялась по методике Е.А. Пироговой. Исследовались антропометрические данные (масса тела, длина тела) и функциональные показатели – жизненная емкость легких (ЖЕЛ), частота сердечных сокращений (ЧСС), артериальное давление (АД).

Результаты исследования. На первом этапе нашего исследования был проведен анализ базовых компонентов оздоровитель-

ной аэробики, изучены факторы, определяющие эффективность данных занятий на организм занимающихся. Анализ специальной научно-методической литературы показал, что, несмотря на многочисленность исследований, посвященных проблеме исследования средств и методов оздоровительной аэробики для студенток, недостаточно разработаны вопросы регламентации нагрузок, особенности методики занятий и дифференциации средств оздоровительной аэробики в неоднородных группах занимающихся. В работах И.Ф. Калининной [5] обосновывается комплексная методика оздоровительной аэробики по блочному принципу, который более эффективен, чем линейный принцип использования средств. А.А. Кряклина с соавт. [6] предлагают эффективное поэтапное применение средств оздоровительной аэробики по методике Т.С. Лисицкой для развития кардиореспираторной системы занимающихся [7]. Учитывая, что в настоящее время существуют такие эффективные направления аэробики, как гимнастико-атлетическая (классическая, степ-аэробика), танцевальная (хип-хоп, латина), аэробика циклического характера (сайкл), нами были разработаны две программы занятий оздоровительной аэробики в зависимости от уровня физической подготовленности и двигательных способностей студенток. Программы были рассчитаны на 9 месяцев занятий с двумя занятиями в неделю по 90 мин.

Первая программа разработана для студенток, имеющих низкий и ниже среднего уровни физического состояния. Цель программы – укрепить здоровье, снизить факторы риска развития сердечно-сосудистых заболеваний (снижение избыточной массы тела, нормализация артериального давления, повышение двигательной активности), улучшить показатели физической подготовленности. Физическая нагрузка носит выраженный аэробный характер с применением упражнений умеренной интенсивности силовой направленности с акцентом на определенные мышечные группы.

Вторая программа разработана для студенток, имеющих средний и выше среднего уровень физического состояния. Цель программы – расширить функциональные возможности сердечно-сосудистой и дыхательной систем, совершенствовать физическую подготовленность. Использовались упражнения аэробной направленности высокой интенсивности, со значительным темпом выполне-

ния двигательных действий и включением в работу крупных мышечных групп.

Особенностью методики проведения занятий было объединение двух программ по линейному типу в единый учебный модуль «Оздоровительная аэробика», в котором первая часть занятия проходила по методике первой программы, а вторая часть занятия соответственно по методике второй программы. Таким образом, студентки с разными уровнями физического состояния выполняли все вместе первую программу в течение 60 мин. Далее в течение 30 мин студентки с низким и ниже среднего уровнем физического состояния выполняли самостоятельно силовые упражнения (с преодолением веса собственного тела и малыми отягощениями 1–1,5 кг), а далее во второй части занятия продолжали заниматься студентки, имеющие высокий и выше средне-

го уровни физического состояния, доводя общий объем занятия до 90 мин. Такой комбинированный подход к методике занятий позволил дифференцированно подойти к объему и интенсивности нагрузки для студенток с различным уровнем физического состояния.

В результате практической реализации учебного модуля «Оздоровительная аэробика» с применением дифференцированных программ занятий, составленных с учетом структуры и уровня физического состояния занимающихся, нами была проведена сравнительная оценка эффективности программы по общепринятой и разработанной методике. В качестве критериев эффективности были выбраны информативные показатели физического состояния занимающихся.

Данные, представленные в таблице, подтверждают эффективность разработанной ме-

Динамика показателей физического состояния в группах занимающихся студенток по различным методикам ($M \pm m$) (n = 64)
Health measurements in university students engaged in different physical activities ($M \pm m$) (n = 64)

№ п/п	Показатели Parameter	До занятий / Baseline		После цикла занятий / Post-study	
		Контрольная группа Control group (n = 30)	Экспериментальная группа Experimental group (n = 34)	Контрольная группа Control group (n = 30)	Экспериментальная группа Experimental group (n = 34)
1	ЧСС покоя, уд./мин Resting HR, bpm	86 ± 1,67	85,4 ± 1,84	78,62 ± 1,42*	74,4 ± 1,8*
2	АД сис, мм рт. ст. Systolic BP, mmHg	119,5 ± 1,6	116,3 ± 1,46	113,4 ± 0,64	112,3 ± 0,75
3	АД дист, мм рт. ст. Diastolic BP, mmHg	76,4 ± 1,34	75,8 ± 1,67	72 ± 0,34	71,8 ± 0,68
4	ЖЕЛ, л Vital capacity, l	2,5 ± 0,4	2,8 ± 0,1	2,8 ± 0,3	2,9 ± 0,12
5	Масса тела, кг Body weight, kg	64,8 ± 1,06	63,1 ± 1,27	60,4 ± 0,7*	57,3 ± 1,12*
6	Индекс Кетле, г/см Quetelet index, g/cm	387 ± 4,8	368 ± 6,0	359 ± 5,3*	346 ± 7,6*
7	ИФС по Пироговой, усл. ед. Pirogova index, c. u.	0,514 ± 0,03	0,564 ± 0,02	0,63 ± 0,02*	0,69 ± 0,03*
8	Наклон туловища вперед, см Forward bend test, cm	4,5 ± 0,3	4,8 ± 0,27	13,8 ± 0,27*	12,2 ± 0,22*
9	Сгибание и разгибание рук, кол-во раз Push-ups, reps	13,5 ± 0,28	14,8 ± 0,68	18,3 ± 0,54*	22,1 ± 0,47*
10	Поднимание туловища в сед, кол-во раз Sit-ups, reps	9,3 ± 0,47	10,1 ± 0,28	13,1 ± 0,33*	14,9 ± 0,67*
11	Челночный бег 4×9, с 4×9 shuttle run test, s	12,2 ± 0,52	11,8 ± 0,48	11,2 ± 1,05*	10,4 ± 0,83*

Примечание: * – достоверные изменения показателей.

Note: * – changes are significant.

тодики проведения занятий. Как видно из таблицы, до начала эксперимента показатели физического состояния занимающихся в КГ и ЭГ практически не различаются. При повторном обследовании после курса занятий различия между показателями физического состояния занимающихся студенток в группах сравнения в большинстве случаев стали достоверными. Увеличились большинство показателей, среди них показатели гибкости, силовых способностей, координационных и скоростных данных, которые отражают улучшение морфофункционального состояния, физической подготовленности, адаптивных возможностей организма. Кроме того, занятия по методике первой программы способствовали улучшению морфологических показателей: снижение обхватных размеров тела (талии – на 8,2 %, плеча – на 9,2 %, бедра – на 6,3 %, ягодиц – на 5,3 %). После первого семестра занятий 34,5 % студенток повысили свой уровень физического состояния и перешли в новый функциональный класс, смогли перейти во вторую группу занимающихся и заниматься с повышенными аэробными нагрузками. К концу учебного года, после 9 месяцев занятий, достоверно улучшились измеряемые показатели физической подготовленности и функционального состояния студенток ЭГ. Показатели студенток КГ изменились в

меньшем объеме и показали положительную динамику.

Заключение. Проведенный анализ и обобщение опыта работы ведущих специалистов позволяют рассматривать оздоровительную аэробику как объективно востребованное и эффективно действующее оздоровительно-физкультурное направление в образовательном пространстве современных вузов. Особенно важным и необходимым является правильно спланированный и научно-обоснованный процесс программирования занятий аэробики для студентов, учитывая их различный уровень физической подготовленности и развитие двигательных способностей. Проведенный педагогический эксперимент с разработкой комплексной системы занятий аэробикой для студенток свидетельствует об общей положительной динамике развития различных морфофункциональных показателей. Установлено достоверное повышение уровня гибкости на 82 %, скоростно-силовых качеств – на 28 %, динамической силы – на 22 %. Предложенная методика занятий аэробикой позволила объединить в группы занимающихся студенток с различными уровнями физического состояния, дифференцировать физические нагрузки, индивидуализировать подход к каждому занимающемуся и использовать ее в процессе физического воспитания высших учебных заведений.

Список литературы

1. Борисова, А.Ф. Влияние аэробики на физическую подготовленность студенток непрофильного вуза / А.Ф. Борисова, Н.Ю. Федосеева, А.Ю. Глинчикова // *Обзор пед. исследований.* – 2021. – Т. 3, № 8. – С. 134–137.
2. Голякова, Н.Н. Современные направления оздоровительной аэробики / Н.Н. Голякова, А.Н. Мазуленко // *Актуальные проблемы экономики, социологии и права.* – 2019. – № 4. – С. 20–22.
3. Изменения силовых показателей у студенток 18–19 лет, занимающихся в основном отделе со спортивной направленностью (аэробика) / Т.Е. Сиверкина, И.А. Кабанова, Т.А. Ведищева, Т.А. Качалова // *Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта.* – 2020. – № 3 (181). – С. 407–410. DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2020.3
4. Использование технологии концентрированного обучения на занятиях аэробикой / К.Н. Дементьев, Е.Г. Зуйкова, Т.В. Бушма [и др.] // *Теория и практика физ. культуры.* – 2020. – № 2. – С. 24–26.
5. Калинина, И.Ф. Комплексная методика проведения занятий по оздоровительной аэробике со студентками технического вуза / И.Ф. Калинина // *Вестник спортив. науки.* – 2007. – № 2. – С. 50–54.
6. Кряклина, А.А. Применение средств оздоровительной аэробики на занятиях физической культурой у студенток высших учебных заведений / А.А. Кряклина, Н.Ю. Харитонова, Л.В. Мальцева // *Физ. культура и спорт в образоват. пространстве: инновации и перспективы развития: материалы Всерос. науч.-практ. конф.: в 2 т.* – СПб.: Рос. гос. пед. ун-т им. А.И. Герцена, 2021. – С. 119–124.
7. Лисицкая, Т.С. Основные векторы развития современного фитнеса / Т.С. Лисицкая, С.А. Кувшинникова // *Физ. культура: воспитание, образование, тренировка.* – 2021. – № 1. – С. 8.

8. Оценка эффективности аэробики на занятиях по физической культуре у студенток специальной медицинской группы / Т.А. Максимова, Р.В. Кучин, Н.Д. Нененко [и др.] // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2018. – Т. 18, № S. – С. 147–153. DOI:10.14529/hsm18s21

9. Петрова, К.Т. Влияние занятий оздоровительной аэробикой на функциональное состояние и физическое развитие студентов педагогических колледжей / К.Т. Петрова, П.В. Родичкин, С.В. Алексеева // *Теория и практика физ. культуры*. – 2022. – № 9. – С. 81–83.

10. Технология занятий по физической культуре элективной направленности со студентками разного уровня здоровья / Э.В. Макарова, В.И. Дубатовкин, Е.Н. Олейник, Н.А. Федяев // *Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта*. – 2021. – № 4 (194). – С. 276–283. DOI:10.34835/issn.2308-1961.2021.4

11. Хвостенко, С.Ю. Значение оздоровительной аэробики для студентов / С.Ю. Хвостенко, Н.А. Мусихина // *Вестник Воронеж. ин-та высоких технологий*. – 2021. – № 1 (36). – С. 150–153.

12. Хуббиев, Ш.З. Аэробика как средство физической культуры в структуре здорового образа жизни студенток классического университета / Ш.З. Хуббиев, С.М. Лукина // *Актуальные проблемы физ. и спец. подготовки силовых структур*. – 2021. – № 1. – С. 246–250.

13. Шавырина, С.В. Развитие координационных способностей у студентов вуза на занятиях по физической культуре путем внедрения в учебный процесс элементов фитнес-аэробики / С.В. Шавырина, И.В. Тюрина, С.А. Ильина // *Автономия личности*. – 2020. – № 1 (21). – С. 31–36.

14. Chao Lan. Effects of different exercise programs on cardiorespiratory fitness and body composition in college students / Chao Lan, Yujie Liu, Yan Wang // *Journal of Exercise Science & Fitness*. – 2021. – Vol. 20 (1). – P. 62–69. - DOI: 10.1016/j.jesf.2021.12.004

15. Richard M. Buscombe. Affective change as a function of exercise intensity in a group aerobics class / Richard M. Buscombe, Helen Inskip // *Journal of Exercise Science & Fitness*. – 2013. – Vol. 11 (1). – P. 42–49. DOI: 10.1016/j.jesf.2013.04.001

References

1. Borisova A.F., Fedoseeva N.Y., Glinchikova A.Y. [The Impact of Aerobics on the Physical Fitness of Non-core University Students]. *Obzor pedagogicheskikh issledovaniy* [Overview of Pedagogical Research], 2021, vol. 3, no. 8, pp. 134–137. (in Russ.)

2. Golyakova N.N., Mazurenko A.N. [Modern Directions of Wellness Aerobics]. *Aktual'nye problemy ekonomiki, sociologii i prava* [Actual Problems of Economics, Sociology and Law], 2019, no. 4, pp. 20–22. (in Russ.)

3. Siverkina T.E., Kabanova I.A., Vedishheva T.A., Kachalova T.A. [Changes in Strength Indicators in Female Students Aged 18–19 who are Engaged in the Main Department with a Sports Orientation (Aerobics)]. *Uchenyye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta* [Scientific notes of the P.F. Lesgaft University], 2020, no. 3 (181), pp. 407–410. (in Russ.) DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2020.3

4. Dementiev K.N., Zuikova E.G., Bushma T.V. et al. [Using the Technology of Concentrated Training in Aerobics Classes]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2020, no. 2, pp. 24–26. (in Russ.)

5. Kalinina I.F. [Complex Methodology of Conducting Classes in Recreational Aerobics with Students of a Technical University]. *Vestnik sportivnoy nauki* [Bulletin of Sports Science], 2007, no. 2, pp. 50–54. (in Russ.)

6. Kryaklina A.A., Kharitonova N.Y., Maltseva L.V. [The Use of Recreational Aerobics in Physical Education Classes for Students of Higher Educational Institutions]. *Fizicheskaya kul'tura i sport v obrazovatel'nom prostranstve: innovacii i perspektivy razvitiya: materialov Vserossiyskoy nauch.-prakt. konf.* [Physical Culture and Sport in the Educational Space. Innovations and Development Prospects. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference], 2021, pp. 119–124. (in Russ.)

7. Lisitskaya T.S., Kuvshinnikova S.A. [The Main Vectors of the Development of Modern Fitness]. *Fizicheskaya kul'tura: vospitanie, obrazovanie, trenirovka* [Physical Culture. Upbringing, Education, Training], 2021, no. 1, p. 8. (in Russ.)

8. Maksimova T.A., Kuchin R.V., Nenenko N.D. et al. Evaluation of the Effectiveness of Aerobics in Physical Education Classes for Female Students of a Special Medical Group. *Human. Sport. Medicine*, 2018, vol. 18, no. S, pp. 147–153. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm18s21

9. Petrova K.T., Rodichkin P.V., Alekseeva S.V. [The Influence of Recreational Aerobics Classes on the Functional State and Physical Development of Students of Pedagogical Colleges]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2022, no. 9, pp. 81–83. (in Russ.)

10. Makarova E.V., Dubatovkin V.I., Oleinik E.N., Fedyaev N.A. [Technology of Elective Physical Culture Classes with Students of Different Health Levels]. *Uchenyye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta* [Scientific notes of the P.F. Lesgaft University], 2021, no. 4 (194), pp. 276–283. (in Russ.) DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2021.4

11. Hvostenko S.Yu., Musihina N.A. [The Importance of Recreational Aerobics for Students]. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokih tehnologiy* [Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies], 2021, no. 1(36), pp. 150–153. (in Russ.)

12. Hubbiev S.Z., Lukina S.M. [Aerobics as a Means of Physical Culture in the Structure of a Healthy Lifestyle of Classical University Students]. *Aktual'nye problemy fizicheskoy i special'noy podgotovki silovykh struktur* [Actual Problems of Physical and Special Training of Law Enforcement Agencies], 2021, no. 1, pp. 246–250. (in Russ.)

13. Shavyrina S.V., Tyurina I.V., Ilyina S.A. [Development of Coordination Abilities Among University Students in Physical Culture Classes by Introducing Elements of Fitness Aerobics into the Educational Process]. *Avtonomiya lichnosti* [Personal Autonomy], 2020, no. 1(21), pp. 31–36. (in Russ.)

14. Chao Lan, Yujie Liu, Yan Wang. Effects of Different Exercise Programs on Cardiorespiratory Fitness and Body Composition in College Students. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 2021, vol. 20 (1), pp. 62–69. DOI: 10.1016/j.jesf.2021.12.004

15. Buscombe R.M., Inskip H. Affective Change as a Function of Exercise Intensity in a Group Aerobics Class. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 2013, vol. 11 (1), pp. 42–49. DOI: 10.1016/j.jesf.2013.04.001

Информация об авторах

Макарова Элина Владимировна, доктор педагогических наук, доцент, профессор кафедры физического воспитания, Московский политехнический университет, Москва, Россия.

Железнякова Марина Витальевна, старший преподаватель кафедры физического воспитания, Московский политехнический университет, Москва, Россия.

Черкасова Екатерина Владимировна, старший преподаватель кафедры физического воспитания, Московский политехнический университет, Москва, Россия.

Щербакова Елена Евгеньевна, старший преподаватель кафедры физического воспитания, Московский политехнический университет, Москва, Россия.

Information about the authors

Elina V. Makarova, Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Physical Education, Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia.

Marina V. Zheleznyakova, Senior Lecturer, Department of Physical Education, Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia.

Ekaterina V. Cherkasova, Senior Lecturer, Department of Physical Education, Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia.

Elena E. Shcherbakova, Senior Lecturer, Department of Physical Education, Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia.

Статья поступила в редакцию 30.08.2023

The article was submitted 30.08.2023

ПОКАЗАТЕЛИ ПСИХОМОТОРНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ СПОРТСМЕНОВ РАЗНОГО ВОЗРАСТА И УРОВНЯ КВАЛИФИКАЦИИ В ЛЕГКОЙ АТЛЕТИКЕ

А.С. Белякова¹, alexa.belyakova@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1073-4692>

И.Ю. Горская^{1,2}, mbofkis@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3335-4529>

Т.А. Кравчук¹, torismomsk@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8811-9134>

А.И. Кравчук¹, torismomsk@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2795-3843>

¹ Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Омск, Россия

² Омский государственный университет путей сообщения, Омск, Россия

Аннотация. Цель: определить величину изменений разных видов психомоторных способностей по результатам сравнительного анализа показателей начинающих и высококвалифицированных легкоатлетов. **Материалы и методы исследования.** В исследовании приняли участие начинающие легкоатлеты 9–10 лет (n = 65 девочек, 60 мальчиков), спортсмены высокой квалификации (n = 59 женщин, 57 мужчин). Было проведено тестирование психомоторных способностей. **Результаты.** Как показали полученные результаты исследования, с возрастом и ростом уровня квалификации происходит улучшение психомоторных способностей, неодинаковое по величине прироста разных показателей (что отражается в разной величине процента прироста). Диапазон различий между показателями психомоторных способностей начинающих и высококвалифицированных легкоатлетов неоднозначный, величина прироста варьирует от 7 до 86 %. **Заключение.** Проведенное исследование позволило получить количественные значения психомоторного статуса начинающих и высококвалифицированных легкоатлетов с учетом пола, что может использоваться для оптимизации педагогического контроля в качестве критериев уровня развития показателей разных психомоторных способностей на этапе отбора, последующих этапах многолетней спортивной подготовки в легкой атлетике.

Ключевые слова: легкая атлетика, начинающие легкоатлеты, высококвалифицированные легкоатлеты, психомоторные способности

Для цитирования: Показатели психомоторных способностей спортсменов разного возраста и уровня квалификации в легкой атлетике / А.С. Белякова, И.Ю. Горская, Т.А. Кравчук, А.И. Кравчук // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 4. С. 109–116. DOI: 10.14529/hsm230414

Original article
DOI: 10.14529/hsm230414

PSYCHOMOTOR ABILITIES OF ATHLETES OF DIFFERENT AGES AND SKILL LEVELS IN TRACK AND FIELD ATHLETES

A.S. Belyakova¹, alexa.belyakova@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1073-4692>

I.Yu. Gorskay^{1,2}, mbofkis@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3335-4529>

T.A. Kravchuk¹, torismomsk@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8811-9134>

A.I. Kravchuk¹, torismomsk@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2795-3843>

¹ Siberian State University of Physical Culture and Sport, Omsk, Russia

² Omsk State Transport University, Omsk, Russia

Abstract. Aim. To identify changes in psychomotor abilities by comparing the data obtained in beginners and skilled athletes. **Materials and methods.** The study involved beginners, ages 9–10 (n = 65 girls, 60 boys), and skilled athletes (n = 59 female and 57 male athletes). During the study, psychomotor abilities were tested. **Results.** The study shows that with age and an increase in the skill level of athletes, psychomotor abilities develop to a different extent. The difference between the psychomotor abilities of beginners

and skilled athletes is ambiguous and varies from 7% to 86%. **Conclusions.** The study made it possible to evaluate in a sex-dependent manner the psychomotor profile of beginners and skilled athletes, which can be used as selective criteria for the development of psychomotor abilities and at subsequent stages of long-term training in track and field events.

Keywords: track and field, beginner athletes, skilled athletes, psychomotor abilities

For citation: Belyakova A.S., Gorskay I.Yu., Kravchuk T.A., Kravchuk A.I. Psychomotor abilities of athletes of different ages and skill levels in track and field athletes. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(4):109–116. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230414

Введение. Современный уровень динамичного развития спорта высших достижений в легкой атлетике обуславливает растущие требования к качеству отбора на начальном этапе и результативности подготовки обучающихся спортивных школ, что стимулирует разработку и внедрение в практику новых педагогических технологий, способствующих сохранению уровня здоровья обучающихся, повышению уровня их функциональных резервов, физических и психомоторных способностей [1, 4]. Грамотное осуществление отбора, проведенное на основе учета индивидуально-типологических свойств и способностей юного спортсмена, влияет не только на качественную подготовку, но и на будущую профессиональную успешность в спорте [2, 5, 10, 12, 13]. Спортсмену, занимающемуся легкой атлетикой, приходится осуществлять соревновательную деятельность в довольно жестких динамических и пространственно-временных условиях [3]. Особое внимание в этом вопросе отводится психомоторным способностям, так как высокий уровень развития точности движений по пространственным, силовым или временным параметрам, выраженные реагирующие способности и тонкие дифференцировки темпо-ритмовых характеристик движения являются маркером будущей успешности в конкретных видах легкой атлетики. В отличие от других двигательных способностей группа психомоторных способностей имеет двухкомпонентный уровень механизмов обеспечения. С одной стороны, это психический компонент, обусловленный необходимостью значительного вовлечения психических функций при выполнении психомоторных актов (внимание, восприятие информации, скорость ее обработки, выбор решения, двигательная память, скорость реакции на смену ситуации и др.). Второй компонент – двигательный (моторный), обуславливает необходимость точной дифференцировки усилий и простран-

ственно-временных параметров движения, ориентации в пространственно-временном поле сообразно ситуации и поставленной задаче. В значительной мере должный уровень развития психомоторных способностей обуславливает быстроту и успешность обучения, освоения новых двигательных действий (так называемая обучаемость), что особенно важно в видах спорта, характеризующихся многообразием и сложностью технических элементов. В наших более ранних экспериментальных работах определено предпочтительное сочетание разных компонентов психомоторных способностей для успешного прогноза спортивной результативности в разных дисциплинах легкой атлетики [3, 5]. В этой связи точная и как можно более ранняя диагностика психомоторных способностей в значительной мере обуславливает качество отбора, ориентации, выбора специализации в легкой атлетике и способствует поиску потенциально одаренных детей [7–9, 11]. Вместе с тем до настоящего времени остается открытым вопрос о степени генетической обусловленности и подверженности средовым влияниям (в том числе воздействию тренировочной подготовки) разных видов психомоторных проявлений. Очевидно, что уточнение информации о степени тренируемости тех или иных видов психомоторных способностей позволит дать более четкий прогноз будущей успешности юного спортсмена, ведь если определенные показатели психомоторики жестко генетически лимитированы и соответственно слабо поддаются тренирующим воздействиям, то необходимо выявлять индивидуумов с изначально высоким уровнем этих показателей на ранних этапах подготовки.

Цель исследования: определить величину изменений разных видов психомоторных способностей по результатам сравнительного анализа показателей начинающих и высококвалифицированных легкоатлетов.

Организация и методы исследования.

В исследовании приняли участие начинающие легкоатлеты 9–10 лет ($n = 65$ девочек, 60 мальчиков), спортсмены высокой квалификации ($n = 59$ женщин, 57 мужчин). Методы исследования: тестирование психомоторных способностей [6], сравнительный анализ, сопоставление, методы математической статистики. Исследование проведено на базе кафедры ЕНД СибГУФК.

Статистический анализ. Полученные в ходе исследований данные были подвергнуты статистической обработке с использованием пакета статистической обработки данных IBM SPSS Statistics 22. Рассчитывали числовые характеристики выборки: среднее арифметическое, среднее квадратичное отклонение. Сравнительная оценка результатов показателей психомоторного тестирования начинающих и высококвалифицированных легкоатлетов проводилась по критерию Манна – Уитни. Достоверность различий показателей считали существенной при уровнях значимости $p \leq 0,05$, что признается надежным в педагогических исследованиях.

Результаты. Выбор легкой атлетики для проведения данного исследования обусловлен разнообразием дисциплин в этом виде спорта (беговые спринтерские, беговые стайерские виды, барьерный бег, прыжковые, метательные виды), сложностью техники соревновательного упражнения в этих видах, а также выраженным вкладом высокого уровня психомоторных способностей в спортивную результативность легкоатлетов. В процессе проведения исследования был определен уровень психомоторных способностей по показателям реагирующих способностей (разные виды простых и сложных реакций на зрительный и слуховой сигнал), показателям точности движений (точность оценки, дифференцирования пространственных, силовых, временных параметров движения) и темпо-ритмовым характеристикам движения начинающих и высококвалифицированных спортсменов-легкоатлетов. Стаж занятий начинающих спортсменов составлял 2–3 года, возраст 9–10 лет (спортсмены без разряда), стаж легкоатлетов высокой квалификации составлял 8–10 лет, средний возраст 21,5 года (уровень квалификации КМС, МС). Проведено срезное исследование по одинаковой программе тестирования, целью которого было сравнение ювенильных и дефинитивных значений показателей пси-

хомоторных способностей спортсменов, занимающихся легкой атлетикой. Данное сравнение необходимо для получения информации о величине изменений показателей психомоторных способностей в процессе занятий, что может расширить сведения о степени тренируемости психомоторных способностей.

На начальном этапе подготовки влияние специфики занятий легкой атлетикой представляется минимальным, хотя начинающие спортсмены прошли отбор для занятий этим видом спорта. В этой связи значения показателей психомоторных способностей начинающих спортсменов по большинству показателей соответствуют средневозрастным нормам, по некоторым показателям превышают нормативные значения для данного возраста. Значения показателей спортсменов высокой квалификации выше нормативных значений для половозрелых лиц во всех случаях, что, безусловно, является следствием влияния многолетней тренировочной подготовки.

Как показали полученные результаты исследования, с возрастом и ростом уровня квалификации происходит улучшение психомоторных способностей, неодинаковое по величине прироста разных показателей (что отражается в разной величине процента прироста). Диапазон различий между показателями психомоторных способностей начинающих и высококвалифицированных легкоатлетов неоднозначный, величина прироста варьирует от 7 до 86 %, что, безусловно, отражает значимые различия в возможностях целенаправленного развития этих способностей под влиянием тренинга. По показателю точности воспроизведения заданного временного интервала, заполненного звуковым стимулом, достоверно значимых различий между показателями начинающих и высококвалифицированных спортсменов выявлено не было, что свидетельствует о выраженном генетическом контроле данного показателя и слабой подверженности средовому воздействию (тренингу), а также о достаточно раннем формировании двигательной точности по временным параметрам движения (табл. 1).

Следует отметить, что сопоставление данных с учетом пола свидетельствует о том, что количественные значения показателей психомоторных способностей у лиц мужского и женского пола неодинаковы. В частности, по показателям быстроты реагирования более высокий уровень результатов тестирования

Уровень прироста показателей психомоторных способностей
между начинающими и высококвалифицированными легкоатлетами ($\bar{X} \pm \sigma$)
Psychomotor abilities in beginners and skilled athletes ($\bar{X} \pm \sigma$)

Показатели Parameter	Среднегрупповые значения Mean group values		%
	Мальчики Boys (n = 60)	Мужчины Men (n = 57)	
Время реакции на свет (ПЗМР) (мс) Reaction time to light (ms)	320 ± 20	262 ± 12	18*
Время реакции на звук (ПСМР) (мс) Reaction time to sound (ms)	470 ± 23	274 ± 19	42*
Время реакции выбора (СЗМР) (мс) Choice reaction time (ms)	510 ± 52	389 ± 25	24*
Теппинг-тест (максимальная частота движений за 10 с, кол-во нажатий) Tapping test (max tapping frequency per 10 s, clicks)	60 ± 3	76 ± 5	27*
Теппинг-тест (максимальная частота движений за 60 с, кол-во нажатий) Tapping test (max tapping frequency per 60 s, clicks)	316 ± 40	409 ± 22	29*
Разница между max и min значением теппинг-теста (кол-во нажатий) Difference between max and min tapping values (clicks)	13 ± 2	11 ± 4	15
Точность воспроизведения ½ от максимального результата кистевого динамометра правая / левая рука (ошибка, кг) Reproducibility ½ of the maximum result, hand dynamometer, right/left hand (error, kg)	2,3 ± 0,6	1,8 ± 0,4	22
	2,2 ± 0,8	1,4 ± 0,4	36
Точность воспроизведения ½ от максимального результата в прыжке в длину с места (ошибка, см) Reproducibility ½ of the maximum result in the standing long jump (error, cm)	6 ± 2	4 ± 1	33
Точность оценки размера предъявляемых отрезков (ошибка, %) Accuracy of estimating the segment size (error, %)	23 ± 5	17 ± 3	26*
Точность оценки величины углов при их движении в пространстве (ошибка, %) Accuracy of estimating moving angles (error, %)	27 ± 2	6 ± 1	78*
Точность воспроизведения заданного временного интервала, заполненного световым/звуковым стимулом (ошибка, %) Reproducibility of a given time interval with a light/sound stimulus (error, %)	19 ± 3	16 ± 3	16
	13 ± 3	12 ± 4	7

Примечание: *отмечен достоверный прирост (при $P \leq 0,05$).
Note: *significant at $p \leq 0.05$.

выявлен у лиц мужского пола, что прослеживается как в выборке начинающих легкоатлетов, так и у спортсменов высокой квалификации. По показателям точности оценки, воспроизведения, отмеривания, дифференцирования силовых и пространственных параметров движения выявлено преимущество у спортсменок женского пола (табл. 1, 2). При этом величина изменений с возрастом и ростом уровня квалификации в выборках лиц женского и мужского пола соотносится между собой, о чем свидетельствует примерно оди-

наковый процентный прирост изучаемых показателей.

На основе полученных данных выявлено, что показатели точности оценки, воспроизведения, отмеривания, дифференцирования силовых и пространственных параметров движения с возрастом и ростом уровня квалификации изменяются наиболее выражено, о чем свидетельствует величина прироста в диапазоне 22–86 %. Следовательно, эти показатели наиболее подвержены тренировочному воздействию. Менее выражены приросты

Таблица 2
Table 2

Уровень прироста показателей психомоторных способностей
между начинающими и высококвалифицированными легкоатлетками ($\bar{X} \pm \sigma$)
Psychomotor abilities in beginners and skilled athletes ($\bar{X} \pm \sigma$)

Показатели Parameter	Среднегрупповые значения Mean group values		%
	Девочки Girls (n = 65)	Женщины Women (n = 59)	
Время реакции на свет (ПЗМР) (мс) Reaction time to light (ms)	356 ± 32	279 ± 21	22*
Время реакции на звук (ПСМР) (мс) Reaction time to sound (ms)	475 ± 29	285 ± 24	40*
Время реакции выбора (СЗМР) (мс) Choice reaction time (ms)	494 ± 51	387 ± 24	22*
Теппинг-тест (максимальная частота движений за 10 с, кол-во нажатий) Tapping test (max tapping frequency per 10 s, clicks)	60 ± 3	74 ± 4	23*
Теппинг-тест (максимальная частота движений за 60 с, кол-во нажатий) Tapping test (max tapping frequency per 60 s, clicks)	305 ± 18	393 ± 16	29*
Разница между max и min значением теппинг-теста (кол-во нажатий) Difference between max and min tapping values (clicks)	13 ± 2	13 ± 3	0
Точность воспроизведения ½ от максимального результата кистевого динамометра правая / левая рука (ошибка, кг) Reproducibility ½ of the maximum result, hand dynamometer, right/left hand (error, kg)	2,5 ± 0,9	1,8 ± 0,5	28*
	2,2 ± 0,8	1,5 ± 0,4	32
Точность воспроизведения ½ от максимального результата в прыжке в длину с места (ошибка, см) Reproducibility ½ of the maximum result in the standing long jump (error, cm)	6 ± 2	3 ± 1	50*
Точность оценки размера предъявляемых отрезков (ошибка, %) Accuracy of estimating the segment size (error, %)	23 ± 4	20 ± 2	13
Точность оценки величины углов при их движении в пространстве (ошибка, %) Accuracy of estimating moving angles (error, %)	36 ± 6	5 ± 1	86*
Точность воспроизведения заданного временного интервала, заполненного световым/звуковым стимулом (ошибка, %) Reproducibility of a given time interval with a light/sound stimulus (error, %)	18 ± 6	17 ± 3	6
	18 ± 5	16 ± 4	11

Примечание: *отмечен достоверный прирост (при $P \leq 0,05$).
Note: *significant at $p \leq 0.05$.

по показателям быстроты реагирования (между значениями результатов тестирования легкоатлетов 9–10 лет и половозрелых спортсменов высокой квалификации разница в 15–20 %). Показатели точности оценки, воспроизведения, отмеривания, дифференцирования временных параметров движения практически неизменны или меняются незначительно (6–16 %), следовательно, чувство времени слабо тренируемо, предопределено в большей степени генетическими задатками. Представляет интерес анализ отдельных темпо-ритмо-

вых характеристик движения в возрастном аспекте. В частности, выявлены значительные приросты абсолютных показателей частоты движений кистью, причем как за короткий интервал (10 с), так и суммарные значения за 60 с при выполнении теппинг-теста. Величина прироста составляет 23–29 % у лиц обоего пола. При этом анализ значений разницы между максимальными и минимальными показателями частоты движения в теппинг-тесте показывает отсутствие различий между показателями начинающих и квалифицированных

легкоатлетов и незначительные различия в мужской выборке. То есть индивидуальная специфичность свойств нервной системы, способность противостоять нарастанию утомления, сохраняя высокий темп движения, психомоторная устойчивость (выносливость) проявляются уже на ранних этапах подготовки.

Заключение. Проведенное исследование позволило получить количественные значения психомоторного статуса начинающих и высококвалифицированных легкоатлетов с учетом пола, что может использоваться для оптимизации педагогического контроля в качестве критериев уровня развития показателей разных психомоторных способностей на этапе отбора, последующих этапах многолетней спортивной подготовки в легкой атлетике. Выявлено, что с возрастом и ростом стажа занятий разные показатели психомоторных способностей изменяются неодинаковыми темпами, что свидетельствует о разной степени тренируемости этих способностей. Полученные сведения могут использоваться для повышения точности отбора и прогнозирования спортивной результативности, выбора и уточнения специализации в конкретных дисциплинах легкой атлетики. Например, при обосновании выбора спринтерских дистанций необходимо уже на ранних этапах

подготовки выявлять спортсменов с высокими показателями времени реагирования, так как возможности сдвига этих показателей в ходе тренировочных воздействий невысоки. Таким образом, зная уровень психомоторных способностей спортсмена и степень тренируемости определенных психомоторных проявлений, можно не только прогнозировать успешность в спортивной деятельности, но и провести более качественный отбор и ориентацию, тем самым не подвергать организм юных спортсменов изнуряющим тренировкам, не свойственным сочетанию индивидуально-типологических психомоторных особенностей конкретного индивидуума. Кроме того, полученные сведения представляют интерес с позиции применения дифференцированного подхода и индивидуализации подготовки на основе учета индивидуального профиля психомоторной подготовленности каждого спортсмена. Сопоставление индивидуальных значений с ориентировочными количественными среднегрупповыми показателями, определенными в данном исследовании для возрастных групп начинающих легкоатлетов и для половозрелых спортсменов разного пола, позволит выстроить индивидуальный вектор построения подготовки с учетом специфики той или иной конкретной дисциплины легкой атлетики.

Список литературы

1. Антоненко, М.Н. Легкая атлетика как часть здорового образа жизни / М.Н. Антоненко, В.В. Зотин, Н.И. Мансурова // *Аллея науки*. – 2018. – Т. 2, № 4 (20). – С. 401–404.
2. Бакин, А.В. Разработка методики совершенствования специальных психомоторных способностей у легкоатлетов-спринтеров / А.В. Бакин, Д.В. Ворончихин, В.А. Филиппович // *Современные вопросы биомедицины*. – 2021. – Т. 5, № 1(14). – С. 16.
3. Белякова, А.С. Психомоторные способности как фактор будущей успешности в легкой атлетике / А.С. Белякова, И.Ю. Горская // *Человек. Спорт. Медицина*. – Челябинск. – 2021. – Т. 21, № 1. – С. 102–107.
4. Боткина А.А., Легкая атлетика Омской области: к истории развития / А.А. Боткина, Г.П. Волхонская // *Проблемы совершенствования физ. культуры и спорта*. – 2019. – № 1. – С. 358–366.
5. Горская, И.Ю. Модельные характеристики морфотипологического и психомоторного статуса легкоатлетов-мужчин высокой квалификации / И.Ю. Горская, А.С. Белякова // *Теория и практика физ. культуры*. – 2019. – № 5. – С. 16.
6. Корягина, Ю.В. Исследователь временных и пространственных свойств человека № 2004610221 / Ю.В. Корягина, С.В. Нопин // *Программы для ЭВМ... (офиц. бюл.)*. – 2004. – № 2. – С. 51.
7. Марков, К.К. Совершенствование психомоторных качеств спортсменов-прыгунов в высоту / К.К. Марков, О.О. Николаева // *Теория и практика физ. культуры*. – 2016. – № 4. – С. 71–74.
8. Психодиагностика в системе психологического обеспечения подготовки спортсменов / Г.Д. Бабушкин, А.В. Бобровский, В.А. Бобровский, С.Е. Харахордин // *Бизнес. Образование. Право*. – 2021. – С. 405–408.

9. Ржанов, А.А. Методика спортивного отбора подростков с учетом их способности к решению двигательных задач / А.А. Ржанов // Вестник Краснояр. гос. пед. ун-та им. В.П. Астафьева. – 2021. – № 1 (55). – С. 133–143.

10. Biomechanical performance factors in the track and field sprint start: a systematic review / M.J. Valamatos et al. // International journal of environmental research and public health. – 2022. – No. 19 (7). – P. 4074. <https://doi.org/10.3390/ijerph19074074>

11. Deepti, J. Analysis of psychomotor abilities as predictive factor for female long jumpers / J. Deepti // International Journal of Physical Education, Sports and Health. – 2016. – Vol. 3, No. 3. – P. 479–481.

12. Minu, T. A comparative study of psychomotor abilities subjunior, junior and senior levels of women boxers / T. Minu, Dr. S. Biswas // International Journal of Physical Education, Sports and Health. – 2016. – Vol. 3, No. 5. – P. 400–402.

13. Supinski, J. Usefulness of the psychomotor tests for distinguishing the skill levels among older and younger judo athletes / J. Supinski, Z. Obminski, R. Kubacki et al. // Arch Budo. – 2014. – Vol. 10. – P. 315–322.

References

1. Antonenko M.N., Zotin V.V., Mansurova N.I. [Athletics as Part of a Healthy Lifestyle]. *Alleya nauki* [Alley of Science], 2018, vol. 2, no. 4 (20), pp. 401–404. (in Russ.)

2. Bakin A.V., Voronchikhin D.V., Fillipovich V.A. [Development of a Methodology for Improving Special Psychomotor Abilities in Track and Field Sprinters]. *Sovremennyye voprosy biomeditsiny* [Modern Issues of Biomedicine], 2021, vol. 5, no. 1(14), 16 p. (in Russ.) DOI: 10.51871/2588-0500_2021_05_01_16

3. Belyakova A.S., Gorskaya I.Yu. Psychomotor Abilities as a Factor of Future Success in Athletics. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 1, pp. 102–107. (in Russ.)

4. Botkina A.A., Volkhonskaya G.P. [Athletics of the Omsk Region. On the History of Development]. *Problemy sovershenstvovaniya fizicheskoy kul'tury i sporta* [Problems of Improving Physical Culture and Sports], 2019, no. 1, pp. 358–366. (in Russ.)

5. Gorskaya I.Yu., Belyakova A.S. [Model Characteristics of the Morphotypological and Psychomotor Status of Highly Qualified Male Track and Field Athletes]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2019, no. 5, 16 p. (in Russ.)

6. Koryagina Yu.V., Nopin S.V. [Researcher of Temporal and Spatial Properties of a Person no. 2004610221]. *Programmy dlya EVM... (ofitsial'nyy byulleten')* [Computer Programs... (Official Bulletin)], 2004, no. 2, p. 51. (in Russ.)

7. Markov K.K., Nikolayeva O.O. [Improving the Psychomotor Qualities of High Jumpers]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2016, no. 4, pp. 71–74. (in Russ.)

8. Babushkin G.D., Bobrovskiy A.V., Bobrovskiy V.A., Kharakhordin S.E. [Psychodiagnostics in the System of Psychological Support for Training Athletes]. *Biznes. Obrazovaniye. Pravo* [Business. Education. Right], 2021, pp. 405–408. (in Russ.)

9. Rzhanov A.A. [Methodology for Sports Selection of Adolescents Taking into Account their Ability to Solve Motor Problems]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. V.P. Astaf'yeva* [Bulletin of the Krasnoyarsk State Pedagogical University V.P. Astafiev], 2021, no. 1 (55), pp. 133–143. (in Russ.) DOI: 10.25146/1995-0861-2021-55-1-265

10. Valamatos M.J. et al. Biomechanical Performance Factors in the Track and Field Sprint Start: a Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022, no. 19 (7), p. 4074. DOI: 10.3390/ijerph19074074

11. Deepti J. Analysis of Psychomotor Abilities as Predictive Factor for Female Long Jumpers. *International Journal of Physical Education, Sports and Health*, 2016, vol. 3, no. 3, pp. 479–481.

12. Minu T., Biswas Dr.S. A Comparative Study of Psychomotor Abilities Subjunior, Junior and Senior Levels of Women Boxers. *International Journal of Physical Education, Sports and Health*, 2016, vol. 3, no. 5, pp. 400–402. DOI: 10.21013/jems.v5.n3.p1

13. Supinski J., Obminski Z., Kubacki R. et al. Usefulness of the Psychomotor Tests for Distinguishing the Skill Levels Among Older and Younger Judo Athletes. *Arch Budo*, 2014, vol. 10, pp. 315–322.

Информация об авторах

Белякова Александра Сергеевна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры теории и методики циклических видов спорта, Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Омск, Россия.

Горская Инесса Юрьевна, доктор педагогических наук, профессор кафедры естественно-научных дисциплин, Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Омск, Россия; профессор кафедры физического воспитания и спорта, Омский государственный университет путей сообщения, Омск, Россия.

Кравчук Татьяна Анатольевна, кандидат педагогических наук, заведующий кафедрой теории и методики туризма и рекреации, Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Омск, Россия.

Кравчук Анатолий Иосифович, доктор педагогических наук, профессор кафедры теории и методики туризма и рекреации, Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Омск, Россия.

Information about the authors

Alexandra S. Belyakova, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Theory and Methodology of Cyclic Sports, Siberian State University of Physical Culture and Sports, Omsk, Russia.

Inessa Yu. Gorskaya, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor of the Department of Natural Sciences, Siberian State University of Physical Culture and Sports, Omsk, Russia; Professor of the Department of Physical Education and Sports, Omsk State Transport University, Omsk, Russia.

Tatyana A. Kravchuk, Candidate of Pedagogical Sciences, Head of the Department of Theory and Methodology of Tourism and Recreation, Siberian State University of Physical Culture and Sports, Omsk, Russia.

Anatoly I. Kravchuk, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor of the Department of Theory and Methodology of Tourism and Recreation, Siberian State University of Physical Culture and Sports, Omsk, Russia.

Статья поступила в редакцию 16.08.2023

The article was submitted 16.08.2023

СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТЬ В ПРЫЖКАХ С ШЕСТОМ У ДЕВУШЕК 14–15 ЛЕТ В СОРЕВНОВАТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД НА ЭТАПЕ НАЧАЛЬНОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ

М.А. Дерябина, marinder@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2889-3635>
Е.С. Воробьева, elenavorob78@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-6819-6911>
В.Д. Попов, popov.v.d@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0004-8588-0947>
Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

Аннотация. Цель: исследование психической устойчивости юных спортсменок в соревновательном периоде для развития адаптации к условиям стрессовой соревновательной ситуации. **Материалы и методы.** В исследовании принимало участие 10 девушек 14–15 лет, имеющих спортивный разряд от 3-го юношеского до 1-го разряда. В соревновательном периоде было проведено эмпирическое исследование психоэмоциональной устойчивости спортсменок-легкоатлеток – прыгуньи с шестом подросткового возраста для определения стабильности эмоционального состояния, восприимчивости к разного рода помехам. **Результаты.** После анализа результатов диагностики авторы пришли к выводу о необходимости тестирования эмоционально-психической устойчивости прыгуньи с шестом, так как полученные результаты позволят индивидуализировать и эффективно применять методики антистрессовой психологической подготовки юных спортсменок во время соревновательного периода. **Заключение.** Анализ результатов психодиагностики позволил установить слабые и сильные стороны индивидуально-типологических качеств спортсменок, что позволит в дальнейшем успешно работать над проблемой стрессоустойчивости в соревновательном периоде, используя методики саморегуляции и помощь специалистов-психологов. Предложенные авторами методики исследования помогут эффективно оценить психоэмоциональную устойчивость спортсменок, тем самым помогая легкоатлеткам адаптироваться к стрессовым состояниям и, соответственно, улучшать спортивные результаты.

Ключевые слова: стрессоустойчивость, прыгуньи с шестом, начальная специализация, соревновательный период, психодиагностика, адаптация

Для цитирования: Дерябина М.А., Воробьева Е.С., Попов В.Д. Стрессоустойчивость в прыжках с шестом у девушек 14–15 лет в соревновательный период на этапе начальной специализации // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 4. С. 117–123. DOI: 10.14529/hsm230415

Original article
DOI: 10.14529/hsm230415

STRESS RESISTANCE IN FEMALE POLE VAULTERS AGES 14–15 DURING THE COMPETITIVE PERIOD AT EARLY SPORTS SPECIALIZATION

M.A. Deriabina, marinder@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2889-3635>
E.S. Vorobyeva, elenavorob78@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-6819-6911>
V.D. Popov, popov.v.d@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0004-8588-0947>
Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Abstract. Aim. To assess the mental stability of young athletes in the competitive period for the development of adaptation under stress. **Materials and methods.** The study involved 10 girls, ages 14–15, with different skill levels. In the competitive period, the mental stability of female pole vaulters was assessed to identify their emotional status and noise resistance. **Results.** The study shows the necessity of testing the emotional and mental stability of pole vaulters to individualize and effectively apply antistress

training during the competitive period. **Conclusions.** The weaknesses and strengths of athletes were identified to successfully cope with stress in the competitive period by means of self-regulation techniques and specialists in psychology. The methods proposed by the authors provide an effective assessment of mental stability, thereby helping athletes in their adaptation to stress and enhancing athletic performance.

Keywords: stress resistance, pole vaulters, early sports specialization, competitive period, psychodiagnostics, adaptation

For citation: Deriabina M.A., Vorobyeva E.S., Popov V.D. Stress resistance in female pole vaulters ages 14–15 during the competitive period at early sports specialization. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(4): 117–123. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230415

Введение. В одном из самых сложных видов легкой атлетики – прыжке с шестом – спортсмену предъявляются высокие требования. Для достижения высоких результатов необходимо обладать как хорошей физической подготовкой – высоким уровнем координационных способностей, скоростных и силовых качеств, – так и умением регулировать психоэмоциональное состояние. Тренировочный процесс должен быть выстроен таким образом, чтобы в соревновательном периоде спортсмен выходил на пик физической формы и имел хороший психологический настрой [6]. Поэтому важно уделить особое внимание психологической подготовке юных спортсменов на этапе начальной специализации, не умаляя при этом значения технической и общефизической подготовки, что позволит сделать тренировочный процесс управляемым. Соревновательные упражнения в учебно-тренировочном процессе на этапе начальной специализации являются эффективным средством в подготовке прыгунов с шестом. Во время соревнований интенсивность эмоционального напряжения очень высока и на этапе начальной специализации юным спортсменам непросто справиться с данным состоянием. Эмоциональный фон оказывает существенное влияние на результативность на соревнованиях, несмотря на уровень физической подготовленности. Спортсмен по физическим показателям может находиться на пике формы, а психологический фактор оказывает отрицательный эффект на соревновательный результат. Чрезмерные требования такой дисциплины легкой атлетики, как прыжок с шестом, повышает набор стресс-факторов (стрессоров). Особенности возраста 14–15 лет играют важную роль в тренировочном процессе юных прыгунов на этапе начальной специализации [6]. Сложность возрастного периода у девушек 14–15 лет заключается в том, что в этом возрасте происходят физиологические

изменения, гормональная перестройка организма, на этом фоне явно выражено снижение мотивации к обучению, падает авторитет взрослых, проявляется эмоциональная неустойчивость. В этом возрасте идет закладка моральных, социальных установок и индивидуально-типологических свойств личности [6]. Поэтому именно на этапе начальной специализации необходимо обеспечить психолого-педагогическое сопровождение спортсменов, помочь юным прыгуньям с шестом повысить мотивацию к занятиям спортом, развить адаптацию к стрессовым ситуациям на соревнованиях, научить контролировать свое состояние на соревнованиях и восстанавливаться после окончания соревнований.

В психологии понятие «стресс» объясняется как ответная реакция организма на факторы воздействия внешней среды, которые сопровождаются сильным эмоциональным напряжением в отсутствие недостаточной адаптивной реакции. Следует отметить, что не всякий стресс является отрицательным, стресс может носить и положительный характер, но такое явление встречается редко. Стрессорами (стресс-факторами) являются раздражители физические и психические как реально существующие (обстановка, конфликты с тренером, коллективом и т. д.), так и предполагаемые (страх неготовности справиться с поставленной задачей). Психическим стрессором является необходимость принятия решения, быстрой перестройки при резкой перемене стратегии поведения [11]. В спорте невозможно избежать стресса, но его можно и нужно регулировать, эмоциональное перенапряжение должно заканчиваться восстановлением [10]. Спортивные соревнования являются выраженной стрессовой ситуацией. Во время соревновательного процесса одна из причин возникновения стресса – это субъективное ощущение невозможности выполнения поставленной перед спортсменом задачи.

Сила проявления реакции организма спортсмена на стресс зависит от индивидуально-типологических свойств личности [1]. Для преодоления стресса человеку необходим набор таких свойств и качеств личности, которые являются системообразующими факторами стрессоустойчивости [2]. Стрессоустойчивость – это совокупность личностных качеств, благодаря которым человек спокойно переносит разрушительное действие стресс-факторов.

В сфере спорта категория «стрессоустойчивость» в основном сводится психологами к понятию «эмоциональная устойчивость». Большая часть исследований в сфере спортивной психологии посвящена эмоциональной устойчивости или стрессоустойчивости. Исследователи определяют эмоциональную устойчивость в качестве системного качества личности [9]. Т.С. Головкина трактует эмоциональную устойчивость, как снижение отрицательного воздействия сильного эмоционального напряжения, т.е. предупреждает проявление негативного воздействия стресса и мобилизует готовность спортсмена к действию. Исходя из вышесказанного, автор считает эмоциональную устойчивость одним из важных психологических показателей эффективности и успешности, а также стабильности в экстремальных соревновательных условиях [5]. А.Н. Грызунова, А.Ш. Гусейнов говорят о связи приобретения эмоциональной устойчивости с возрастом спортсменов, спортивным опытом, квалификацией спортсмена. Эти взаимосвязанные факторы помогают спортсмену сформировать индивидуальную систему саморегуляции [3]. По мнению М.В. Газиевой, стрессоустойчивость рассматривается как свойство личности, состоящее из совокупности шести компонентов: 1) психофизиологического компонента, который включает в себя тип нервной системы; 2) мотивационного компонента, который определяет эмоциональную устойчивость; 3) эмоционального опыта в устойчивости к отрицательному воздействию стрессовых ситуаций; 4) волевого компонента, который выражается в осознанной саморегуляции; 5) компонента подготовленности личности к выполнению задач; 6) когнитивного компонента – заключается в оценке ситуации, прогнозе её возможного изменения, быстроте принятия решений и способах действий [4]. Д.Г. Нугманов предлагает для развития стрессоустойчивости спортсменов обратить внимание на психологическую подготовку

спортсменов путём обучения саморегуляции, а также искусственного создания выявленных стресс-факторов, использования в тренировочном процессе соревновательных элементов [7].

Целью работы явилось изучение психоэмоциональной устойчивости (стрессоустойчивости) девушек – прыгуней с шестом 14–15 лет в соревновательный период с помощью подобранных методик психодиагностики.

Материалы и методы. В исследовании принимало участие 10 девушек 14–15 лет, имеющих спортивный разряд от 3-го юношеского до 1-го разряда. Данное экспериментальное исследование проводилось в несколько этапов: 1) подготовительный этап, включающий в себя беседу с испытуемыми, с тренером, подбор методик, формирование первичной выборки; 2) констатирующий этап, включающий в себя подготовку и проведение диагностического обследования в соревновательном периоде, анализ и обсуждение результатов. Диагностика проводилась на городских соревнованиях по легкой атлетике. При подборе тестов авторы опирались на необходимые, на наш взгляд, представления о психологическом состоянии юных спортсменов в соревновательном периоде. Нас интересовал уровень нервно-психической устойчивости спортсменов, уровень реактивной и личностной тревожности, мотивация к занятиям спортом, соревновательная психическая надежность юных прыгуней с шестом.

Диагностика стрессоустойчивости спортсменов проводилось при помощи следующих методик:

1. Методика «Прогноз», разработанная в ЛВМА им. С.М. Кирова. В исследовании использовалась для прогнозирования развития адаптации в условиях стрессовой соревновательной ситуации – психической устойчивости спортсменов (НПУ).

2. Методика изучения психической надежности, устойчивости к стрессу спортсмена В.Э. Мильмана, В.Л. Марищук. Во время соревнований исследовалась эмоциональная соревновательная устойчивость (СЭУ); уровень саморегуляции (СР); мотивационно-энергетическая составляющая (МЭ); стабильность нервной системы и уровень помехоустойчивости (Ст-П) [8].

3. Шкала оценки уровня реактивной и личностной тревожности Ч.Д. Спилберга, адаптированная Ю.Л. Ханиным, выбрана авто-

рами для выявления предрасположенности у обследуемых склонности к страху провала на соревнованиях, проявлениям тревожности [8].

Результаты исследования представлены на рис. 1–4.

Результаты диагностики нервно-психической устойчивости (НПУ) у спортсменок-легкоатлеток – прыгуний с шестом показывают, что до соревнования большинство подростков находятся в состоянии ожидания провала, на грани нервного срыва. После окончания соревнования нервно-психическая неустойчивость снижется до среднего уровня.

Результаты диагностики устойчивости к стрессу у спортсменок-легкоатлеток – прыгуний с шестом показывают, что до начала соревнования у большинства подростков снижена соревновательная устойчивость, низкий уровень саморегуляции, до начала соревнований более высокий мотивационно-энергетический показатель, у всех обследуемых средний уровень стабильности нервной системы. После соревнования психическая устойчивость повышается, саморегуляция остается на прежнем уровне, мотивационно-энергетические показатели падают, что связано с неудачным выступлением.

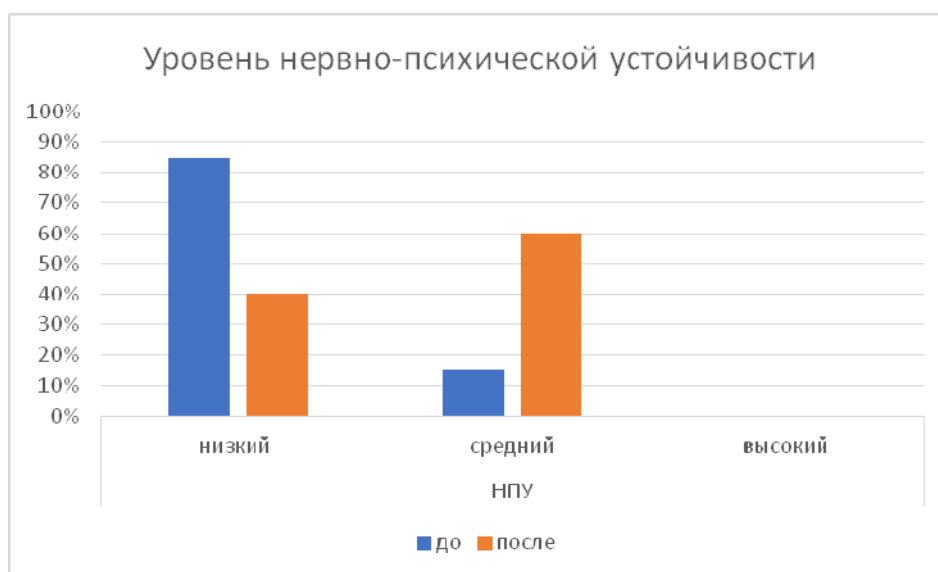


Рис. 1. Анализ показателей по методике «Прогноз»
Fig. 1. Data analysis with the Prognoz (Forecast) method

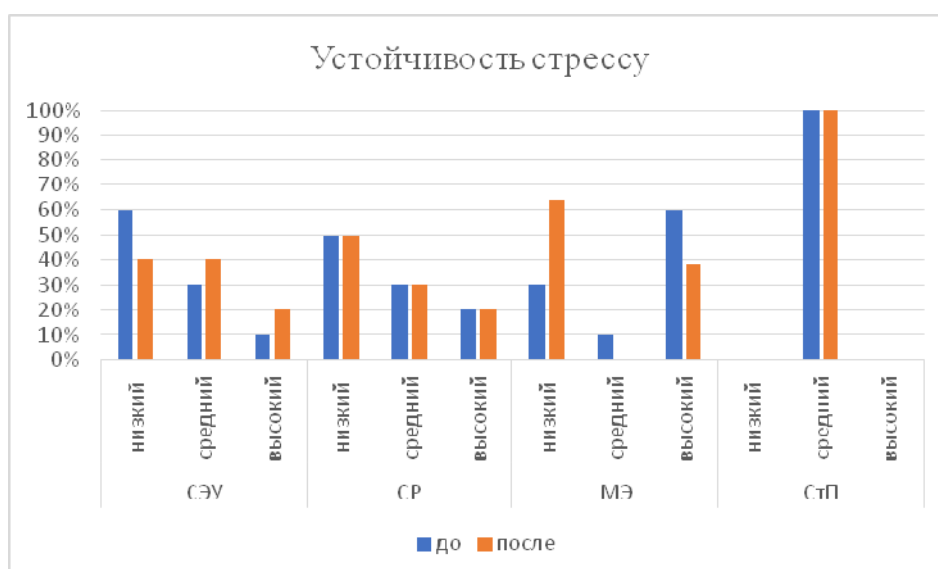


Рис. 2. Анализ показателей по методике изучения устойчивости к стрессу
В.Э. Мильмана, В.Л. Маришчук
Fig. 2. Data analysis with the resistance to stress assessment method (V. Milman, V. Marishchuk)

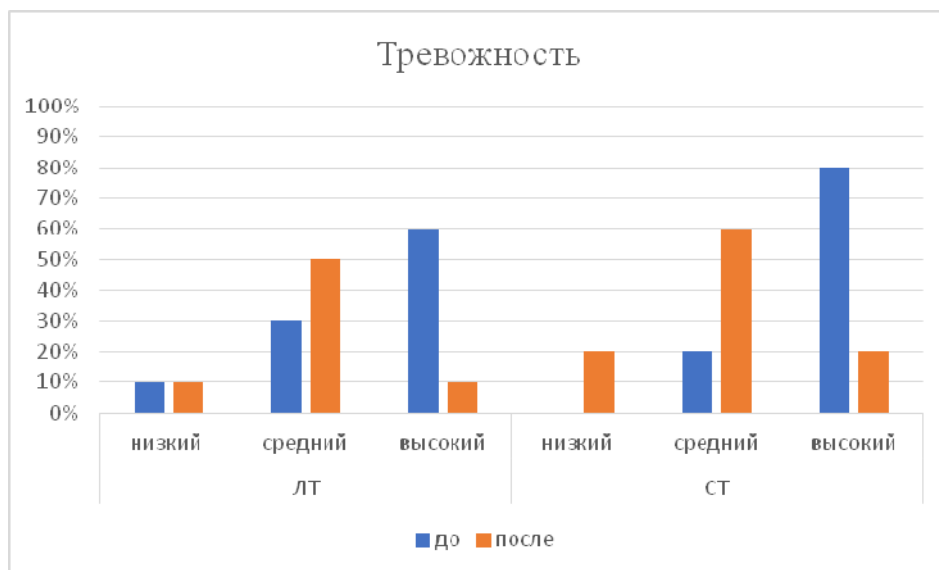


Рис. 3. Анализ показателей ситуативной и личностной тревожности по шкале Ю.Л. Ханина
Fig. 3. Situational and personal anxiety (Yu. Hanin)

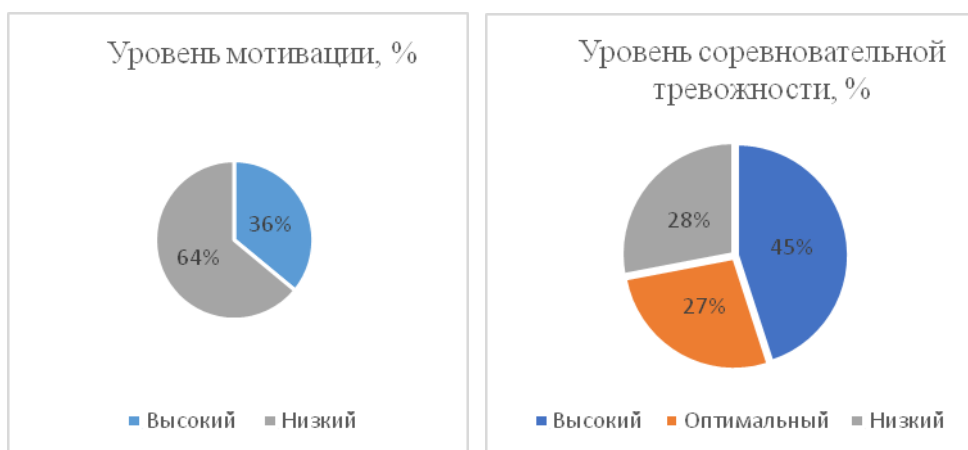


Рис. 4. Индивидуально-типологические характеристики прыгуньи с шестом 14–15 лет
Fig. 4. Individual and typological characteristics of pole vaulters, ages 14–15

Результаты диагностики тревожности у спортсменов-легкоатлетов – прыгунов с шестом демонстрируют, что факт предстоящего соревнования у большинства подростков вызывает тревожность. После соревнования тревожность снижается.

Анализ результатов исследования индивидуально-типологических качеств спортсменок показал удовлетворительный уровень нервно-психической устойчивости, относительно низкий уровень соревновательной эмоциональной устойчивости, средний уровень саморегуляции, стоит отметить высокий уровень мотивации у 36 % опрошенных. Выявлен сравнительно низкий уровень стабиль-

ности. Высокий уровень соревновательной тревожности выявлен у 45 %, оптимальный – у 27 %, у 28 % – низкий уровень тревожности, состояние тревоги возникает перед выполнением соревновательного упражнения, под влиянием ожидаемых воздействий со стороны соперников, тренера, зрителей и товарищей по команде и других стрессоров.

Таким образом, мы считаем, что подобранные нами методики диагностики индивидуально-типологических качеств спортсменок помогут юным прыгуньям с шестом на этапе начальной специализации и их тренерам сформировать полную картину психоэмоциональной готовности спортсменок к стартам и

позволят проработать те психоэмоциональные состояния, которые ухудшают качество выступления и соответственно не позволяют достичь высокого спортивного результата.

Заключение. Для развития адаптации к стрессоустойчивости девушек-прыгунь с шестом важным показателем является факт участия в соревнованиях различного уровня и повышение спортивной квалификации. Стрессоры невысокой интенсивности, например, такие как на внутригрупповых соревнованиях, отборочных стартах, способствуют адаптации к стрессорам более высокой интенсивности.

С недавнего времени в спортивной практике используется психолого-педагогическое сопровождение спортсмена. Сопровождение осуществляет профессиональный психолог или тренер в виде педагогической поддержки и психологической подготовки, направленной на развитие психических процессов, формирование положительной мотивации, с учетом

диагностики индивидуально-типологических свойств личности (эмоционального состояния, уровня тревожности, нервно-психической устойчивости) юных спортсменов. Зная свои эмоциональные особенности, юные прыгуньи должны осваивать с помощью психолога или тренера подходящие приемы саморегуляции, например, дыхательные методики, визуализацию, антистрессовую терапию (стресс-прививочную терапию) Дона Мейхенбаума, которая основана на следующей закономерности: регулярное влияние стрессора небольшой интенсивности повышает адаптацию к аналогичным стрессорам, имеющим большую интенсивность. Психоэмоциональная диагностика на этапе начальной специализации позволит улучшить психологическую готовность девушек-прыгунь с шестом 14–15 лет к предстоящим стартам, повысит эффективность тренировочного процесса и позволит успешно выступать на соревнованиях, достигая более высоких спортивных результатов.

Список литературы

1. Абрамова, В.В. Пути преодоления стресса спортсменами в спортивной соревновательной деятельности / В.В. Абрамова, Ю.А. Иванькова // *Научный результат. Педагогика и психология образования*. – 2016. – Т. 2, № 4 (83). – С. 1–7.
2. Бодров, В.А. Психологический стресс: развитие и преодоление / В.А. Бодров. – М.: Изд-во «ПЕР СЭ», 2018. – 528 с.
3. Грызунова, А.Н. Устойчивость к стрессу и навыки контроля как факторы успеха в спорте / А.Н. Грызунова, А.Ш. Гусейнов // *Молодой ученый*. – 2020. – № 23 (313). – С. 551–552.
4. Газиева, М.В. Современные подходы к проблеме исследования стресса и стрессоустойчивости / М.В. Газиева // *МНКО*. – 2018. – № 3 (70).
5. Головкина, Т.С. Эмоциональная устойчивость как фактор психического здоровья личности / Т.С. Головкина // *Экономика и социум*. – 2014. – № 3–4 (12).
6. Дерябина, М.А. Коррекция техники прыжка с шестом с использованием упражнений на батуте у девушек на этапе начальной специализации: учеб.-метод. пособие / М.А. Дерябина, И.В. Сегал; науч. ред. Т.И. Мясникова. – Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2022. – 86 с.
7. Нугманов, Д.Г. Исследование стресс-реакций и внешних факторов стресса в спортивной деятельности (теоретические и практические аспекты) / Д.Г. Нугманов // *Акмеология*. – 2019. – № 5 (145). – С. 48–55.
8. Практикум по психологии состояний / под ред. проф. А.О. Прохорова. – СПб.: Речь, 2004. – 480 с.
9. Солянкина, Л.Е. Формирование у студентов-спортсменов умений регулировать состояние стресса, возникающего во время соревновательных ситуаций / Л.Е. Солянкина, Н.Б. Савва // *Вестник Тамбов. ун-та. Сер. Гуманитар. науки*. – 2015. – № 5 (145). – С. 1–6.
10. Штырц, В.В. Психолого-педагогическое сопровождение спортсмена в период соревновательной деятельности (легкая атлетика) / В.В. Штырц, Н.А. Штырц // *Психология и педагогика: методика и проблемы практич. применения*. – 2012. – № 24–2.
11. Ярмиева, З.А. Стресс и его особенности. Способы и приемы психической саморегуляции / З.А. Ярмиева // *Экономика и социум*. – 2016. – № 11–1 (30).

References

1. Abramova V.V., Ivankova Yu.A. [Ways of Overcoming Stress by Athletes in Sports Competitive Activity]. *Nauchnyy rezultat. Pedagogika i psikhologiya obrazovaniya* [Scientific Result. Pedagogy and Psychology of Education], 2016, vol. 2, no. 4, pp. 1–7. (in Russ.)
2. Bodrov V.A. *Psikhologicheskiy stress: razvitiye i preodoleniye* [Psychological Stress. Development and Overcoming]. Moscow, PER SE Publ., 2018. 528 p.
3. Gryzunova A.N., Huseynov A.Sh. [Resistance to Stress and Control Skills as Success Factors in Sports]. *Molodoy ucheniy* [Young Scientist], 2020, no. 23, pp. 551–552. (in Russ.)
4. Gazieva M.V. [Modern Approaches to the Problem of Stress and Stress Resistance Research]. *Mir nauki, kultury, obrazovaniya* [The World of Science Culture Education], 2018, no. 3 (70). (in Russ.)
5. Golovkina T.S. [Emotional Stability as a Factor of Mental Health of the Individual]. *Ekonomika i sotsium* [Economy and Society], 2014, no. 3–4 (12). (in Russ.)
6. Deryabina M.A., Segal I.V. *Korreksiya tekhniki pryzhka s shestom s ispol'zovaniyem uprazhneniy na batute u devushek na etape nachal'noy spetsializatsii: uchebno-metodicheskoye posobiye* [Correction of Pole Vault Technique Using Trampoline Exercises for Girls at the Stage of Initial Specialization]. Ekaterinburg, UrFU Publ., 2022. 86 p.
7. Nugmanov D.G. [Study of Stress Reactions and External Stress Factors in Sports Activities (Theoretical and Practical Spects)]. *Akmeologiya* [Acmeology], 2019, no. 5 (145), pp. 48–55. (in Russ.)
8. Prokhorov A.O. (Ed.) *Praktikum po psikhologii sostoyaniy* [Workshop on the Psychology of States]. St. Petersburg, Speech Publ., 2004. 480 p.
9. Solyankina L.E., Savva N.B. [Formation of Student-athletes' Abilities to Regulate the State of Stress that Occurs During Competitive Situations]. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Gumanitarnyye nauki* [Bulletin of the Tambov University. Ser. Humanities], 2015, no. 5 (145), pp. 1–6. (in Russ.)
10. Shtyrts V.V., Shtyrts N.A. [Psychological and Pedagogical Support of an Athlete During Competitive Activity (Athletics)]. *Psikhologiya i pedagogika: metodika i problemy prakticheskogo primeneniya* [Psychology and Pedagogy. Methodology and Problems of Practical Application], 2012, no. 24–2. (in Russ.)
11. Yarmieva Z.A. [Stress and its Features. Methods and Techniques of Mental Self-regulation]. *Ekonomika i sotsium* [Economy and Society], 2016, no. 11–1 (30). (in Russ.)

Информация об авторах

Дерябина Марина Александровна, старший преподаватель кафедры физической культуры, Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия.

Воробьева Елена Сергеевна, старший преподаватель кафедры физической культуры, Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия.

Попов Владимир Дмитриевич, старший преподаватель кафедры физической культуры, Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия.

Information about the authors

Marina A. Deriabina, Senior lecturer, Department of Physical Education, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia.

Elena S. Vorobyeva, Senior Lecturer, Department of Physical Education, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia.

Vladimir D. Popov, Senior lecturer, Department of Physical Education, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia.

Статья поступила в редакцию 02.08.2023

The article was submitted 02.08.2023

Восстановительная и спортивная медицина Rehabilitation and sport medicine

Научная статья

УДК 616.211/22-089.8:796

DOI: 10.14529/hsm230416

МОТИВАЦИЯ К ПОВЫШЕНИЮ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ В СПОРТЕ И КОРРЕКЦИЯ ВОЗМОЖНЫХ НЕУДАЧ, СВЯЗАННЫХ СО ЗДОРОВЬЕМ, НА ПРИМЕРЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ ВЕРХНИХ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ

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

А.А. Кривоपालов^{2,3}, Krivopalov@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6047-4924>

*А.Х. Талибов*⁴, t.abset@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2005-1609>

*Н.В. Корнова*¹, versache-k@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6077-2377>

*А.А. Хлестова*¹, Chlestova@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0001-6142-4216>

¹ Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, Россия

² Санкт-Петербургский НИИ уха, горла, носа и речи, Санкт-Петербург, Россия

³ Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

⁴ Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Цель: повысить мотивацию спортсменов к достижению высоких результатов на основе раннего выявления не угрожающих жизни отклонений здоровья и их коррекции. **Материалы и методы.** Приведён анализ демотивирующих причин заниматься спортом на примере спортсменов, занимающихся стендовой стрельбой, имеющих в анамнезе деформации носовой перегородки с вторичным вазомоторным или гипертрофическим ринитом. На стыке кафедры оториноларингологии Южно-Уральского государственного медицинского университета, Санкт-Петербургского НИИ уха, горла, носа и речи и университета физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта в условиях спортивного стрелкового стенда за период май – июль 2023 года обследовано 11 спортсменов-стендовиков различного уровня подготовки, давших добровольное письменное согласие. В дополнение к общеклиническим исследованиям проведены отдельные биохимические исследования оценки общего состояния всех обследуемых лиц. **Результаты.** У всех отобранных спортсменов с деформацией носовой перегородки выявлены вторичные вазомоторно-гипертрофические изменения носовых раковин, затрудняющие носовое дыхание. Полученные результаты биохимических исследований назального секрета на этапах тренировочного процесса подтвердили значимые отклонения окислительной деградации липидов и окислительной модификации белков, связанных с хронической гипоксией. Хирургическая коррекция выявленных физиологических отклонений в верхних дыхательных путях позволила не только сохранить, но и повысить спортивную мотивацию и желание достичь более высоких результатов на соревнованиях. **Заключение.** Наличие у спортсменов не угрожающих жизни физиологических отклонений в организме может стать причиной снижения мотивации и отказа заниматься спортом. Целесообразно проводить активную разъяснительную пропаганду среди спортсменов о важности вопроса по раннему восстановлению физиологических отклонений.

Ключевые слова: спортивная мотивация, тренировочный процесс, спортивный результат, биохимические показатели, самооценка

Для цитирования: Мотивация к повышению результативности в спорте и коррекция возможных неудач, связанных со здоровьем, на примере заболеваний верхних дыхательных путей / М.Ю. Коркмазов, А.А. Кривоपालов, А.Х. Талибов и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 4. С. 124–134. DOI: 10.14529/hsm230416

Original article
DOI: 10.14529/hsm230416

MOTIVATION FOR ATHLETIC PERFORMANCE ENHANCEMENT AND CORRECTION OF POSSIBLE HEALTH-RELATED FAILURES ON THE EXAMPLE OF UPPER RESPIRATORY DISEASES

M.Yu. Korkmazov¹, Korkmazov74@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8642-0166>
A.A. Krivopalov^{2,3}, Krivopalov@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6047-4924>
A.Kh. Talibov⁴, t.abset@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2005-1609>
N.V. Kornova¹, versache-k@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6077-2377>
A.A. Khlestova¹, Chlestova@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0001-6142-4216>

¹ South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia

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

³ North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russia

⁴ Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health, St. Petersburg, Russia

Abstract. Aim. To increase the motivation of athletes to achieve high athletic performance through the early detection and correction of non-life-threatening health deviations. **Materials and methods.** This paper presents a review of demotivating factors to do sports on the example of skeet shooters with a history of nasal septum deformities with secondary vasomotor or hypertrophic rhinitis. The study involved 11 volunteer skeet shooters of various skill levels who were examined at the Department of Otorhinolaryngology of the South Ural State Medical University, the St. Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech, and the Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health during May – July 2023. In addition to general clinical studies, separate biochemical studies were carried out to assess the general condition of all the examined persons. **Results.** All selected athletes with nasal septum deformities were found to have secondary vasomotor and hypertrophic changes in the turbinate that impeded nasal breathing. Biochemical analysis of nasal secretions during training confirmed significant changes in the oxidative degradation of lipids and the oxidative modification of proteins associated with chronic hypoxia. Surgical correction of these physiological abnormalities in the upper respiratory tract allowed for the maintenance and enhancement of athletic motivation for better competitive results. **Conclusion.** The presence of non-life-threatening physiological abnormalities in athletes can reduce motivation and result in refusal to do sports. It is advisable to tell athletes about the importance of early treatment of their physiological abnormalities.

Keywords: athletic motivation, training, athletic performance, biochemical parameters, self-assessment

For citation: Korkmazov M.Yu., Krivopalov A.A., Talibov A.Kh., Kornova N.V., Khlestova A.A. Motivation for athletic performance enhancement and correction of possible health-related failures on the example of upper respiratory diseases. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(4):124–134. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230416

Введение. Важным вопросом в стратегии развития российского спорта является сохранение здоровья спортсменов. Достигается это реализацией национальных программ и выполнением регламентирующих законодательных документов, направленных на выявление противопоказаний к занятиям спортом по медицинским показаниям, а также организацией необходимых мер по оказанию медицинской помощи лицам, занимающимся физической культурой и спортом. Наиболее действенными в настоящее время являются три приказа¹

Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации. Указан-

ста 2010 г. № 613н. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902229984>; Приказ Министерства здравоохранения РФ «О Порядке организации оказания медицинской помощи лицам, занимающимся физической культурой и спортом включая порядок медицинского осмотра лиц...», от 1 марта 2016 г. № 134н. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71327708/>; Приказ Министерства здравоохранения РФ «Об утверждении порядка организации оказания медицинской помощи лицам, занимающимся физической культурой и спортом, включая порядок медицинского осмотра лиц, желающих заниматься физической культурой и спортом и выполнить нормативы ГТО и форм медицинских заключений о допуске к участию в спортивных мероприятиях», от 23 октября 2020 г. № 1144н (документ не вступил в силу). URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74898631/>.

¹ Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации «Об утверждении порядка оказания медицинской помощи при проведении физкультурных и спортивных мероприятий», от 9 августа

ные документы охватывают широкий круг вопросов, начиная от стандартных общезначимых и медицинских осмотров до выявления медицинских противопоказаний, препятствующих занятиям спортом и физической культурой. В последнем документе предусматривается примерный перечень патологических состояний и заболеваний, препятствующих допуску к занятиям спортом, который состоит из 11 групп заболеваний: все острые и хронические заболевания в стадии обострения; особенности физического развития; нервно-психические заболевания; заболевания внутренних органов; хирургические заболевания; травмы и заболевания лор-органов; травмы и заболевания глаз; стоматологические заболевания; кожно-венерические заболевания; заболевания половой сферы; инфекционные заболевания. В этих же документах обозначены примерные сроки возобновления занятий физкультурой и спортом после перенесенных заболеваний или травм. Например, отдельно в 6-м пункте прописаны заболевания и травмы лор-органов (по В.А. Левандо, 1985), а также хирургические манипуляции и возможные сроки продолжения занятий спортом представлены в таблице:

– острые тонзиллиты (кроме флегмонозного), при безболезненной глотании, воспа-

лительных явлений в зева, нормальном анализе мочи и крови, удовлетворительном общем состоянии с нормальной температурой тела в течение трех дней допуск к тренировкам возможен через 12–14 дней и допуск к соревнованиям – через 12–20 дней.

– фарингит острый с такими же клиническими признаками выздоровления – допуск к тренировкам возможен через 12–14 дней и допуск к соревнованиям – через 12–20 дней.

В представленных нормативных документах и таблице оториноларингологические проблемные вопросы, связанные со здоровьем, отражены на достаточно высоком уровне, но при этом практически не затрагиваются вопросы не угрожающих жизни физиологических отклонений организма, которые могут привести к снижению мотивации заниматься отдельными видами спорта, например стендовой стрельбой, и завершить карьеру. В этом контексте исследование влияния отклонений физиологического состояния организма на мотивацию спортсмена заниматься спортом и их коррекция имеют важное значение.

Цель: на основании раннего выявления не угрожающих жизни отклонений здоровья и их коррекции повысить мотивацию спортсменов к тренировочному процессу и достижению высоких результатов.

**Возможные сроки допуска к тренировочному процессу и соревнованиям
 после некоторых заболеваний лор-органов**
Possible eligibility criteria for training and competitions after certain ENT diseases

Заболевания Disease	Признаки выздоровления Signs of recovery	Допуск к тренировкам Eligibility criteria for training	Допуск к соревнованиям Eligibility criteria for competitions
Острые тонзиллиты Acute tonsillitis	Отсутствие клинической симптоматики Absence of clinical symptoms	12–14 дней 12–14 days	12–20 дней 12–20 days
Фарингит острый Acute pharyngitis	То же Same	2–3	4–6
Острые синуситы Acute sinusitis	Отсутствие клинической симптоматики Absence of clinical symptoms	7–8	10–12
Острый гнойный отит с перфорацией Acute otitis media with perforation	Прекращение гноетечения, рубцевание перфорации Termination of purulent flow, perforation healing	14–20	20–30
Парез лицевого нерва Facial nerve paresis	Полное восстановление Full recovery	50–60	75–80
Фурункул носа Furuncle of the nose	Полное исчезновение явлений воспаления. Моча, кровь в норме Complete disappearance of inflammation. Urine and blood parameters are within reference values.	2–5	7–10
Септопластика Septoplasty	Отсутствие реактивных явлений No reactive phenomena	5–7	10–12

Материалы и методы. На стыке кафедр оториноларингологии Южно-Уральского государственного медицинского университета, Санкт-Петербургского НИИ уха, горла, носа и речи и университета физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта в условиях спортивного стрелкового стенда за период май – июль 2023 года обследовано 11 спортсменов-стендовиков различного уровня подготовки, давших добровольное письменное согласие на исследование. Со всеми спортсменами перед проведением обследований были проведены беседы по выявлению демотивирующих причин заниматься спортом и периодически появляющегося желания завершить спортивную карьеру. Следующим этапом все спортсмены в дополнение к общеклиническим исследованиям проходили тщательный оториноларингологический осмотр. В настоящее исследование не вошли результаты аудиологических и вестибулометрических обследований, так как они проводились нами ранее и были опубликованы [3, 9, 7, 11]. Из общего количества лиц, занимающихся стендовой стрельбой, было отобрано 11 спортсменов с деформацией перегородки носа (ДПН), из них у 5 исследуемых констатированы вторичные вазомоторные, у 4 участников гипертрофические изменения носовых раковин и в 2 случаях верифицирован двусторонний нелеченый полипозный риносинусит (ПРС). Группу контроля составили 8 добровольцев, у которых не были выявлены указанные отклонения.

Для большего понимания проблемы необходимо разобраться с терминологией «мотивация» и с дополнительными демотивирующими причинами заниматься спортом. Существует несколько определений понятия «мотивация». Так, Р.А. Пилюян (1984) в спортивной деятельности человека характеризует мотивацию движущим внутренним состоянием, способствующим выполнению поставленной цели, где основной задачей является достижение максимально высоких спортивных результатов [1, 13]. Несомненно, огромное влияние мотивации на весь спектр спортивной деятельности, начиная от реакции организма на нагрузку (временные параметры утомления и их компенсация, психологическое восприятие новых упражнений и их усвоение) до воспитания волевых качеств и стремления к совершенству [17, 18]. Поскольку главной составляющей спортивной моти-

вации является влияние на спортивные результаты, с философской и психологической точек зрения само понятие «мотив» исследователями рассматривается как феномен, присущий внутреннему «миру» человека, и, как правило, отождествляет мотивы и стремления спортсмена с потребностью [12, 14]. С другой точки зрения, «мотив» сводится к понятиям, где побудительными причинами могут являться как внутренние потребности, так и внешние, например, наказание или поощрение [19, 21]. Имеются мнения, рассматривающие внутренние потребности как субъективные относительно объективно выступающих в повседневной деятельности спортсмена существующих предметов, вещей, явлений и т. д. [2]. Обобщая описанные точки зрения по мотивации вообще, можно отметить элементы диалектического единства и что главной составляющей спортивной мотивации является результат соревнований. В то же время психологические приемы предопределяют не только стремление к преодолению трудностей, но и позитивное отношение к спортивным занятиям, чувства уверенности в своих силах, эмоциональной и психологической устойчивости, укрепление волевых качеств и т. д. [10, 15, 20].

Таким образом, можно констатировать большой вклад исследователей и тренеров на повышение спортивных достижений, начиная от философии спорта, мотивации, выявления функциональных и резервных возможностей организма, медицинских показаний и противопоказаний к занятию спортом. Но при этом практически отсутствуют регламентирующие материалы по изучению влияния на демотивирующие причины заниматься спортом лиц, имеющих физиологические отклонения организма, не угрожающие жизни. К таковым причинам можно отнести различные деформации перегородки носа (ДПН), вторичные вазомоторные и гипертрофические риниты, полипозные риносинуситы. Патогенетический механизм развития неуверенности и низких спортивных показателей у спортсменов в данном случае может заключаться в назальной обструкции из-за сужения или закрытия просвета носовых ходов. Затруднённое носовое дыхание сопровождается нарушением мукоцилиарного клиренса и угнетением дыхательных рецепторов в задних отделах полости носа. Это неминуемо приводит к увеличению частоты дыхательных движений (ЧДД), само

дыхание становится более поверхностным, возникают гипоксические явления, прежде всего головного мозга без явных клинических проявлений. При этом у спортсмена может возникнуть быстрая утомляемость, нарушение концентрации внимания, неудачи могут сопровождаться депрессией, тревожностью, а непринятие корректирующих мер – привести к завершению спортивной карьеры.

В контексте вышесказанного всем исследуемым пациентам были проведены по абсолютным показаниям оперативные вмешательства – риносептопластика с последующей нижней вазо- или конхотомией, при наличии полипозов носа – полипотомия. В послеоперационном периоде использовались стандартные методики ведения пациентов, прописанные в действующих клинических рекомендациях [4–8, 16]. Спортсменам с ПРС и вторичным гипертрофическим ринитом перед операцией для лучшей верификации анатомических структур полости носа и ОНП были проведены лучевые методы исследования на спиральных томографах Siemens Definition AS 128 (Германия) и Hi Speed DX/i (США) в коронарной и аксиальной проекциях при уровне 210–250 HU и ширине окна 1800–2250 HU с толщиной среза 1 мм. Суммарное сопротивление и объемный поток воздуха полости носа определяли передней активной риноманометрией (ПАРМ) с давлением 150 Па на аппарате Otopront RHINO-SYS (Германия). Из биохимических исследований на спектрофотометре «СС-104» с длиной волны 540 нм в отделяемом из полости носа были определены продукты перекисного окисления липидов (ПОЛ), основания Шиффа – (ШО), диеновые конъюгаты (ДК), карбонильные соединения, изучены по показателям супероксиддисмутазы и каталазы, активность антиоксидантной защиты (АОЗ). Контрольные обследования спортсмены проходили на 10-й день после хирургического вмешательства и через один месяц.

Результаты и обсуждение. Проведенные обследования до хирургических вмешательств и оперативное лечение позволили достичь достоверного улучшения носового дыхания, нормализации физиологического состояния организма спортсменов, повысить мотивацию заниматься спортом и улучшить спортивные показатели.

При проведении передней активной риноманометрии до оперативного вмешательства объемный поток воздуха у спортсменов

с вторичным вазомоторным ринитом на фоне ДПН составил $387,70 \pm 0,18 \text{ см}^3/\text{с}$, гипертрофическим ринитом – $386,14 \pm 0,3 \text{ см}^3/\text{с}$ и полипозным риносинуситом – $385,19 \pm 0,14 \text{ см}^3/\text{с}$ при среднестатистических показателях добровольцев $623,11 \pm 12,00 \text{ см}^3/\text{с}$.

В послеоперационном периоде сроки восстановления проходили по-разному и зависели от тяжести перенесенного хирургического вмешательства. Так, на 10-й день объемный поток воздуха при риноманометрии у спортсменов с вазомоторным ринитом составил $490,8 \text{ см}^3/\text{с}$ и через 1 месяц – $610,5 \text{ см}^3/\text{с}$; с гипертрофическим ринитом – $411,7 \text{ см}^3/\text{с}$ и через 1 месяц – $620,1 \text{ см}^3/\text{с}$, и немного хуже были показатели у лиц с полипозным риносинуситом – через 10 дней – $389,4 \text{ см}^3/\text{с}$ и через 1 месяц – $542,2 \text{ см}^3$ (рис. 1).

У всех спортсменов до хирургического вмешательства различий между выявленными нарушениями полости носа не было обнаружено ($p \geq 0,05$), при сравнении с группой контроля отмечены различия ($p < 0,05$). Нормализация показателей объемного потока воздуха при передней активной риноманометрии через 1 месяц наблюдалась у всех спортсменов, кроме тех, у которых был выявлен полипозный риносинусит.

Из биохимических показателей определяли реакции свободнорадикального окисления посредством исследования содержания продуктов ПОЛ в назальном секрете до и после лечения. До лечения было отмечено увеличение ($p \geq 0,05$) в гептановой фракции липидного экстракта в назальном секрете и содержание продуктов ПОЛ как первичных, так и вторичных. Такая же тенденция отмечена в липидном экстракте изопропанольной фракции при пересчете на индексы окисления. В целом это является показателем нарушения оксигенации слизистой оболочки полости носа и повреждения клеточных мембран и органелл. Кроме того, отмечено увеличение активности супероксиддисмутазы в реакциях свободнорадикального окисления участвующих в генерации АФК прооксидантных систем и каталазы.

На 10-й день после лечения сохранялся дисбаланс активности ферментов антиоксидантной защиты, который практически выравнивался с показателями здоровых добровольцев уже через 1 месяц (рис. 2).

Выявленное повышение относительного содержания диеновых конъюгатов E_{232} у спорт-

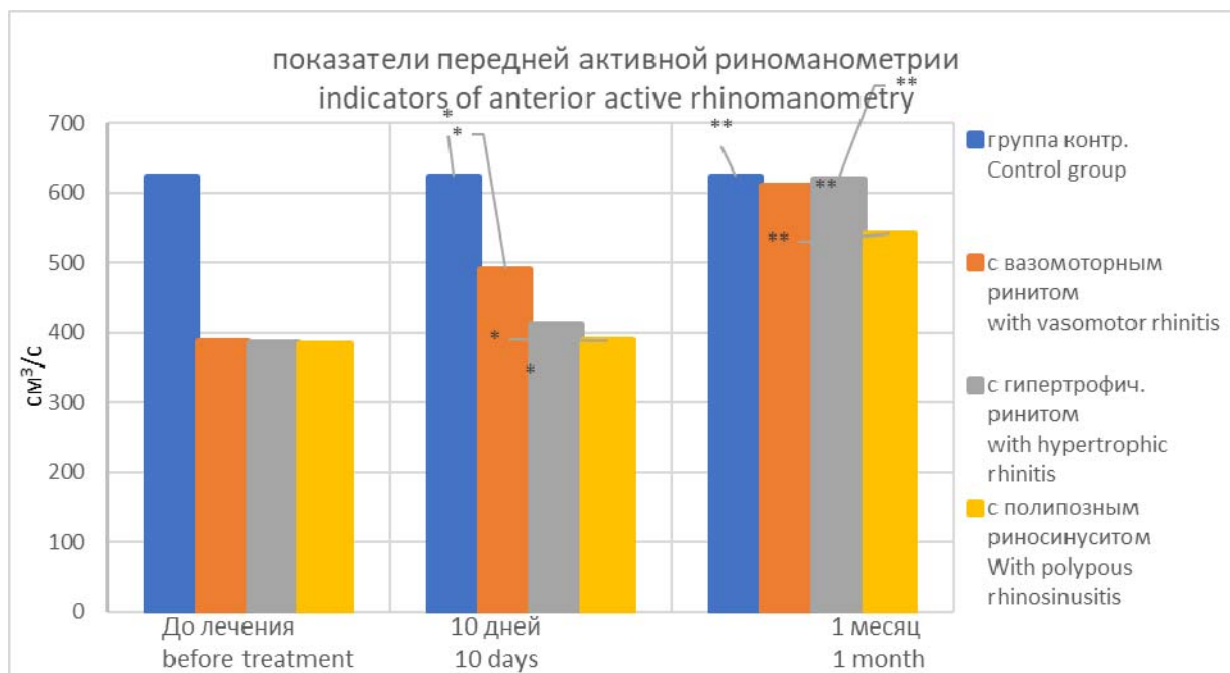


Рис. 1. Показатели объемного потока воздуха у спортсменов до и после хирургического лечения:

* – достоверность показателей в срок наблюдений 10 дней;

** – достоверность показателей в срок наблюдений 1 месяц

Fig. 1. Air volume flow in athletes before and after surgical treatment:

* – significance after 10 days of observation; ** – significance after 1 month of observation

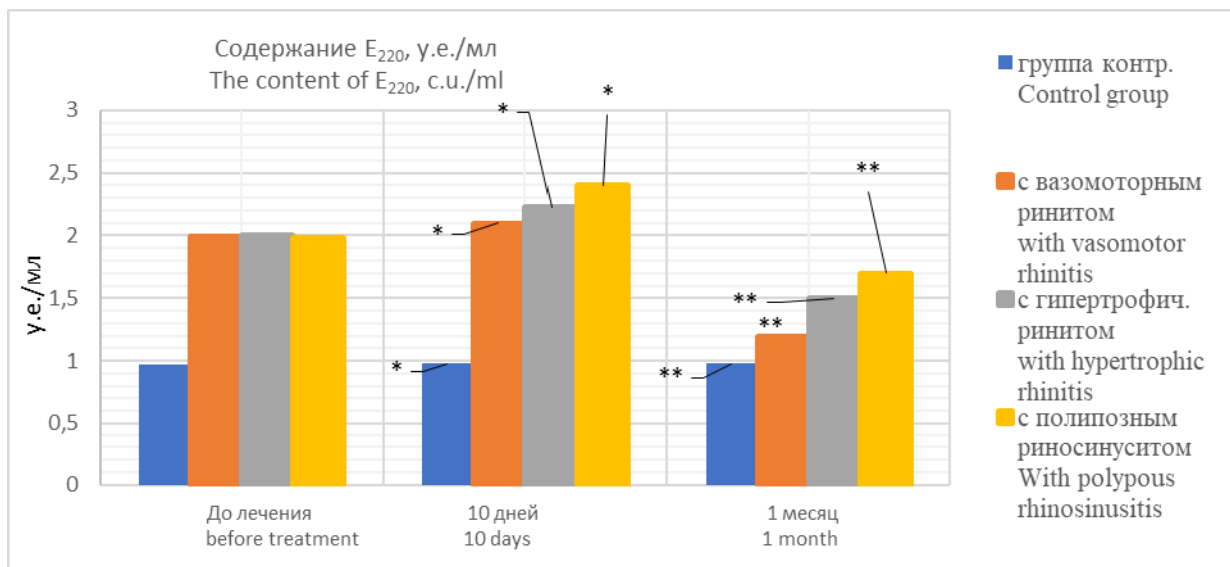


Рис. 2. Показатели содержания диеновых конъюгатов в гептановой фракции у спортсменов до и после хирургического лечения:

* – достоверность показателей в срок наблюдений 10 дней;

** – достоверность показателей в срок наблюдений 1 месяц

Fig. 2. Diene conjugates in the heptane fraction in athletes before and after surgical treatment:

* – significance after 10 days of observation; ** – significance after 1 month of observation

сменов в назальном секрете до выполнения хирургической коррекции составило: с вазомоторным ринитом на фоне ДПН ($0,86 \pm 0,15$) у.е./мл, с гипертрофическим ринитом ($0,84 \pm 0,15$) у.е./мл, с полипозным риносинуситом ($0,90 \pm 0,11$) у.е./мл. Достоверные различия

относительно добровольцев ($p < 0,05$) превышения E_{232} более чем в 3,5 раза у спортсменов с ДПН и полипозным риносинуситом подтверждают наличие воспалительных процессов на поверхности слизистой оболочки полости носа. Относительное снижение содержания ДК,

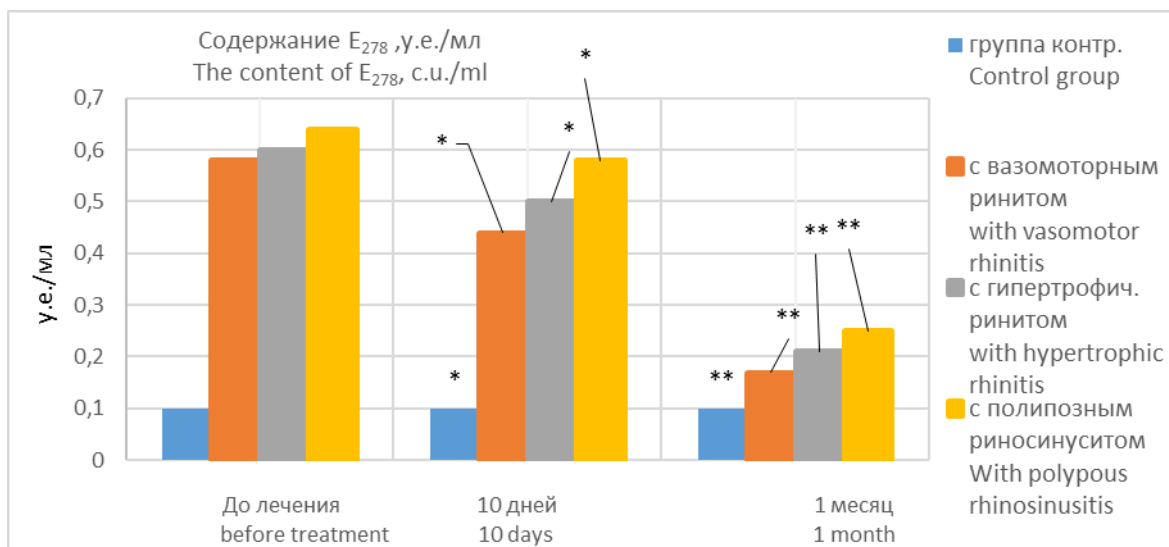


Рис. 3. Показатели содержания уровня кетодиенов в гептановой фракции у спортсменов до и после хирургического лечения:

* – достоверность показателей в срок наблюдений 10 дней;

** – достоверность показателей в срок наблюдений 1 месяц

Fig. 3. Ketodienes in the heptane fraction in athletes before and after surgical treatment:

* – significance after 10 days of observation; ** – significance after 1 month of observation

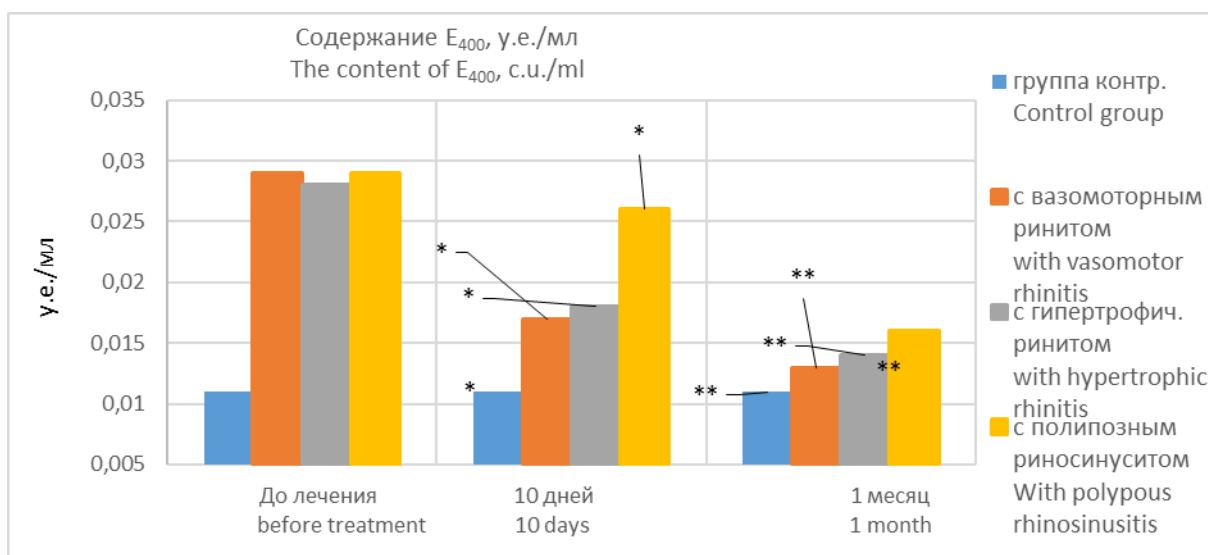


Рис. 4. Показатели содержания уровня шиффовых оснований в гептановой фракции у спортсменов до и после хирургического лечения:

* – достоверность показателей в срок наблюдений 10 дней;

** – достоверность показателей в срок наблюдений 1 месяц

Fig. 4. Schiff bases in the heptane fraction in athletes before and after surgical treatment:

* – significance after 10 days of observation; ** – significance after 1 month of observation

по сравнению с добровольцами, E_{232}/E_{220} в пределах от $(0,42 \pm 0,10)$ до $(0,44 \pm 0,14)$ у. е. связано прежде всего с окислительной деструкцией липидных оснований на фоне альтерации слизистой оболочки полости носа. Уже к 10-му дню после хирургического вмешательства отмечено повышение E_{232} у спортсменов с вазомоторным ринитом в 1,14 раза, гипертрофическим ринитом – в 1,9 раза и с полипоз-

ным риносинуситом – в 2,12 раза. Как видно из рис. 3, нормализация показателей E_{232} , ДК в гептановой фракции более выражено у лиц с вазомоторным ринитом ($p < 0,05$).

Как видно из рис. 3, содержание вторичных продуктов ПОЛ – кетодиенов с сопряженными триенами – в гептановой фазе назального секрета E_{278}/E_{220} повышено ($p < 0,05$) у всех обследуемых спортсменов, что является под-

тверждением присутствия патологических процессов на поверхности слизистой оболочки полости носа, связанных с ДПН. Проведение хирургического лечения позволяет уже к 27–30-му дню максимально нормализовать содержание кетодиенов с сопряженными триенами и снизить явления воспаления.

Если до лечения у исследуемых спортсменов достоверных различий шиффовых оснований E_{400} с показателями у добровольцев не было обнаружено ($p \geq 0,05$), то в послеоперационном периоде на 10-е сутки были получены различия между показателями, особенно у лиц с полипозным риносинуситом, которые приблизились к нормальным значениям относительно добровольцев к концу первого месяца после лечения (рис. 4).

Таким образом, наблюдаемый в антиоксидантной защите организма дисбаланс активности ферментов до лечения и на самом раннем послеоперационном периоде является реакцией на интенсификацию процессов свободно-

радикального окисления на воспалительный процесс и хирургическую альтерацию. Нормализация активности ферментов супероксиддисмутазы и каталазы к концу первого месяца от начала лечения показывает компенсаторные возможности организма, проявляющиеся повышением концентрации первичных продуктов перекисного окисления липидов при отсутствии изменения динамики активности ($p < 0,05$) концентрации промежуточных и конечных продуктов.

Проведенное исследование позволило, с одной стороны, раскрыть одну из демотивирующих причин спортсменов заниматься спортом и, с другой стороны, расширило возможности медицинской коррекции этих причин.

Заключение. Выявление причинных факторов, приводящих к снижению мотивации заниматься спортом, и их своевременное устранение во многих случаях позволит спортсменам продолжить тренировки и добиваться высоких спортивных результатов.

Список литературы

1. Возможности коррекции отдельных звеньев патогенеза аллергического ринита и бронхиальной астмы с оценкой качества жизни пациентов / М.Ю. Коркмазов, М.А. Ленгина, И.Д. Дубинец и др. // Медицинский совет. – 2022. – Т. 16, № 4. – С. 24–34. DOI: 10.21518/2079-701X-2022-16-4-24-34
2. Грачев, А.С. Изучение взаимосвязи мотивации достижения и выбора вида спорта / А.С. Грачев, Е.В. Гавришова, А.А. Третьяков // Ресурсы конкурентоспособности спортсменов: теория и практика реализации. – 2019. – № 1. – С. 94–96.
3. Коркмазов, М.Ю. Необходимость дополнительных методов реабилитации больных с кохлео-вестибулярной дисфункцией / М.Ю. Коркмазов, М.А. Ленгина // Вестник оториноларингологии. – 2012. – № S5. – С. 76–77.
4. 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
5. Кривопапов, А.А. Комплексная терапия острого инфекционного ринита / А.А. Кривопапов, С.В. Рязанцев, П.А. Шамкина // Мед. совет. – 2019. – № 8. – С. 38–42. DOI: 10.21518/2079-701X-2019-8-38-42
6. 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
7. Особенности альтеративного 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
8. Оценка функциональной надежности спортсменов по показателям обменных процессов организма / Р.С. Рахманов, С.А. Разгулин, Т.В. Блинова и др. // Вестник спортивной науки. – 2018. – № 1. – С. 44–48.
9. Отдельные показатели иммунологической реактивности при хирургической альтерации лор-органов / М.Ю. Коркмазов, И.Д. Дубинец, М.А. Ленгина и др. // Рос. иммунол. журнал. – 2022. – № 25 (2). – Р. 201–206. DOI: 10.46235/1028-7221-1121-DIO

10. Пятнадцатилетний опыт пластики ликворных свищей с применением высокоинтенсивного лазерного излучения / М.Ю. Коркмазов, М.С. Ангелович, М.А. Ленгина и др. // *Мед. совет.* – 2021. – № 18. – С. 192–201. DOI: 10.21518/2079-701X-2021-18-192-201
11. Персонализированный подход к повышению качества жизни и психофизической готовности спортсменов-гиревиков коррекцией сенсорных и вазомоторных расстройств лор-органов / А.Х. Талибов, М.Ю. Коркмазов, М.А. Ленгина и др. // *Человек. Спорт. Медицина.* – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 29–41. DOI: 10.14529/hsm210404
12. Петровский, А.В. *Психология* / А.В. Петровский. – М.: Academia, 2005. – 500 с.
13. Пилюян, Р.А. *Мотивация спортивной деятельности* / Р.А. Пилюян. – М.: Физкультура и спорт, 1984. – 114 с.
14. Платонов, К.К. *Система психологии и теория отражения* / К.К. Платонов. – М.: Наука, 1982. – 265 с.
15. Родионов, А.В. *Влияние психологических факторов на спортивный результат* / А.В. Родионов. – М.: ФиС, 1983. – 126 с.
16. *Топическая антибактериальная терапия острого риносинусита* / С.В. Рязанцев, А.А. Кривопалов, С.А. Еремин и др. // *Рус. мед. журнал.* – 2020. – Т. 28, № 4. – С. 2–7.
17. *Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity* / J. Scherr, B. Wolfarth, J.W. Christle et al. // *European Journal of Applied Physiology.* – 2013. – Vol. 113, No. 1. – P. 147–155. DOI: 10.1007/s00421-012-2421-x
18. *Cardoos, N. Overtraining syndrome* / N. Cardoos // *Current Sports Medicine Reports.* – 2015. – Vol. 14, No. 3. – P. 157–158. DOI: 10.1249/JSR.0000000000000145
19. *How much is too much? (Part 2) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of illness* / M. Schweltnus, T. Soligard, J.-M. Alonso et al. // *British Journal of Sports Medicine.* – 2016. – Vol. 50, No. 17. – P. 1043–1052. DOI: 10.1136/bjsports-2016-096572
20. *Kohl, K. Uber Bedeutungsgehalte des Sportspiels* / K. Kohl // *Sportpsychologie.* – [S.l.]: Hoffman-Verlag, Schorndorf, 1972. – P. 125–136.
21. *Madsen, K.B. Modern Theories of Motivation* / K.B. Madsen. – Copenhagen: Munksgaard, 1959. – 352 p.

References

1. Korcmazov M.Yu., Lengina M.A., Dubinets I.D. et al. [Opportunities for Correction of Individual Links of the Pathogenesis of Allergic Rhinitis and Bronchial Asthma with Assessment of the Quality of Life of Patients]. *Meditsinskiy sovet* [Medical Council], 2022, vol. 16, no. 4, pp. 24–34. (in Russ.) DOI: 10.21518/2079-701X-2022-16-4-24-34
2. Grachev A.S., Gavrishova E.V., Tretyakov A.A. [Studying the Relationship between Achievement Motivation and Sport Choice]. *Resursy konkurentosposobnosti sportmenov: teoriya i praktika realizatsii* [Resources of Athletes' Competitiveness. Theory and Practice of Implementation], 2019, no. 1, pp. 94–96. (in Russ.).
3. Korcmazov 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.)
4. Korcmazov 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
5. Krivopalov A.A., Ryazansev S.V., Shamkina P.A. [Complex Homeopathic Therapy of Acute Infectious Rhinitis]. *Meditsinskiy sovet* [Medical Council], 2019, no. 8, pp. 38–42. (in Russ.) DOI: 10.21518/2079-701X-2019-8-38-42
6. Korcmazov M.Yu., Lengina M.A., Korcmazov 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
7. Korcmazov M.Yu., Korcmazov 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

8. Rakhmanov R.S., Razgulin S.A., Blinova T.V. et al. [Evaluation of Functional Reliability of Sportsmen According to Indices of Metabolic Processes in Human Organism]. *Vestnik sportivnoy nauki* [Sports Science Bulletin], 2018, no. 1, pp. 44–48. (in Russ.)
9. Korkmazov M.Yu., Angelovich M.S., Lengina M.A., Yastremsky A.P [Fifteen Years of Experience in Plastic Liquor Fistulas Using High-Intensity Laser Radiation]. *Meditsinskiy sovet* [Medical Council], 2021, no. 18, pp. 192–201. (in Russ.) DOI:10.21518/2079-701X-2021-18-192-201
10. Korkmazov M.Yu., Dubinets I.D., Lengina M.A. et al. [Separate Indicators of Immunological Reactivity in Surgical Alteration of ENT Organs]. *Rossiyskiy immunologicheskiy zhurnal* [Russian Journal of Immunology], 2022, vol. 25(2), pp. 201–206. (in Russ.) DOI: 10.46235/1028-7221-1121-DIO
11. Talibov A.Kh., Korkmazov M.Yu., Lengina M.A. et al. Personalized Approach to Improving the Quality of Life and Psychophysical Readiness of Weightlifters Through the Correction of Sensory and Vasomotor Disorders of ent Organs. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 4, pp. 29–41. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210404
12. Petrovsky A.V. *Psikhologiya* [Psychology]. Moscow, Academia Publ., 2005. 500 p.
13. Piloyan R.A. *Motivatsiya sportivnoy deyatel'nosti* [Motivation of Sports Activity]. Moscow, Physical Education and Sports Publ., 1984. 114 p.
14. Platonov K.K. *Sistema psikhologii i teoriya otrazheniya* [System of Psychology and Theory of Reflection]. Moscow, The Science Publ., 1982. 265 p.
15. Rodionov A.V. *Vliyanie psikhologicheskikh faktorov na sportivnyy rezul'tat* [The Influence of Psychological Factors on Sports Performance]. Moscow, FiS Publ., 1983. 126 p.
16. Ryazansev S.V., Krivopalov A.A., Eremin S.A. et al. [Topical Antibacterial Therapy for Acute Rhinosinusitis]. *Russkiy meditsinskiy zhurnal* [Russian Medical Journal], 2020, vol. 28, no. 4, pp. 2–7. (in Russ.)
17. Scherr J., Wolfarth B., Christle J.W. et al. Associations between Borg's Rating of Perceived Exertion and Physiological Measures of Exercise Intensity. *European Journal of Applied Physiology*, 2013, vol. 113, no. 1, pp. 147–155. DOI: 10.1007/s00421-012-2421-x
18. Cardoos N. Overtraining Syndrome. *Current Sports Medicine Reports*, 2015, vol. 14, no. 3, pp. 157–158. DOI: 10.1249/JSR.0000000000000145
19. Schweltnus M., Soligard T., Alonso J-M. et al. How Much is Too Much? (Part 2) International Olympic Committee Consensus Statement on Load in Sport and Risk of Illness. *British Journal of Sports Medicine*, 2016, vol. 50, no. 17, pp. 1043–1052. DOI: 10.1136/bjsports-2016-096572
20. Kohl K. *Uber Bedeutungs Gehalte des Sportspiels*. Sportpsychologie. [S.l.], Hoffman-Verlag, Schorndorf, 1972. pp. 125–136.
21. Madsen K.B. *Modern Theories of Motivation*. Copenhagen, Munksgaard, 1959. 352 p.

Информация об авторах

Коркмазов Мусос Юсуфович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой оториноларингологии, Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, Россия.

Кривоपालов Александр Александрович, доктор медицинских наук, заведующий научно-исследовательским отделом патологии верхних дыхательных путей, Санкт-Петербургский НИИ уха, горла, носа и речи, Санкт-Петербург, Россия; профессор кафедры оториноларингологии, Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия.

Талибов Абсет Хакиевич, доктор биологических наук, профессор, преподаватель кафедры теории и методики атлетизма, Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург, Россия.

Корнова Наталья Викторовна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры оториноларингологии, Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, Россия.

Хлестова Анастасия Александровна, студент 5-го курс лечебного факультета, 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.

Alexander A. Krivopalov, Doctor of Medical Sciences, Head of the Research Department of Pathology of the Upper Respiratory Tract, St. Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech, St. Petersburg, Russia; Professor of the Department of Otorhinolaryngology, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russia.

Abset Kh. Talibov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Lecturer at the Department of Theory and Methods of Athleticism, Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health, St. Petersburg, Russia.

Natalia V. Kornova, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Otorhinolaryngology, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia.

Anastasia A. Khlestova, Undergraduate Student, Faculty of General Medicine, 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 conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 22.08.2023

The article was submitted 22.08.2023

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЙ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ СО СТУДЕНТАМИ СПЕЦИАЛЬНОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ГРУППЫ

Е.М. Янчик, yanchikem@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0699-2947>
К.Б. Щелгачева, shchelgachevakb@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2010-0538>
А.С. Ушаков, ushakovas74@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7591-3678>
О.Б. Ведерникова, plave9913@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9800-3821>
А.А. Захарец, zakharetsaa@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0153-3557>
Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

Аннотация. **Цель:** оценить эффективность методики физического воспитания для студентов специальной медицинской группы. **Материалы и методы.** В выборку были включены две группы студентов в возрасте 18–22 лет ($n = 32$). Был проведен тщательный анализ состава СМГ по диагнозам на основании медицинских справок, выданных врачом: показатели физического развития, функционального состояния организма, артериальное давление (АД), жизненный индекс, тест физической подготовленности. **Результаты.** Зафиксированы положительные сдвиги в состоянии здоровья, физической подготовленности и общей работоспособности студентов. Показатели параметров общей выносливости в экспериментальной группе А значительно увеличились. **Заключение.** Созданы педагогические условия, обеспечившие дифференцированный подход к организации занятий со студентами с нарушениями в состоянии здоровья разных нозологических типов, педагогическое воздействие осуществлено более четко и оперативно. Внедрение комплексного программно-методического обеспечения практических занятий позволило повысить эффективность процесса физического воспитания студентов специальной медицинской группы.

Ключевые слова: физическая культура в вузе, специальная медицинская группа, методика, системный подход, деление по нозологиям

Для цитирования: 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

Original article
DOI: 10.14529/hsm230417

PHYSICAL EDUCATION FOR UNIVERSITY STUDENTS WITH HEALTH CONDITIONS

Е.М. Yanchik, yanchikem@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0699-2947>
К.Б. Shchelgacheva, shchelgachevakb@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2010-0538>
A.S. Ushakov, ushakovas74@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7591-3678>
O.B. Vedernikova, plave9913@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9800-3821>
A.A. Zakharets, zakharetsaa@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0153-3557>
South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Abstract. Aim. To assess the effectiveness of a physical education program for university students with health conditions. **Materials and methods.** The study involved two groups of university students aged 18–22 ($n = 32$). A comprehensive analysis of health conditions among students was performed based on their medical certificates. The study parameters included physical development, functional status, blood pressure (BP), vital index, and the physical fitness test. **Results.** The results obtained showed positive changes in health conditions, physical fitness, and general performance. A significant improvement in general endurance was observed in group A. **Conclusion.** Pedagogical conditions were created to provide a differentiated

approach to physical education for students with various health conditions, ensuring directed and timely pedagogical influence. The use of a comprehensive program of practical lessons was found to be more effective in providing physical education for students with health conditions.

Keywords: physical education, university students, health conditions, method, systematic approach, nosology

For citation: Yanchik E.M., Shchelgacheva K.B., Ushakov A.S., Vedernikova O.B., Zakharets A.A. Physical education for university students with health conditions. *Human. Sport. Medicine*. 2023;23(4):135–144. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230417

Введение. Проблема постоянного роста количества студентов с нарушениями в состоянии здоровья вызывает необходимость обеспечения условий обучения двигательным навыкам, соответствующим уровню их физической подготовленности, и диктует потребность в модернизации программы по физическому воспитанию в вузе [1].

В педагогическом сообществе активно обсуждается и анализируется организационно-методическое сопровождение, эффективность и влияние на параметры физического здоровья занятий по физической культуре у студентов специальной медицинской группы (СМГ) [2–4]. Существует общепринятое деление студентов СМГ по тяжести, характеру и обратимости заболевания или нарушения [5]. При этом в одной группе по физической культуре, называемой «специальной медицинской», оказываются студенты с абсолютно разными диагнозами и нарушениями здоровья постоянного или временного характера. Вуз обязан в соответствии с программой по физическому воспитанию обеспечить должный уровень физической подготовки и здоровьесохраняющую среду для реализации поставленных задач [6, 17]. Работа педагога в данном случае направлена на коррекцию имеющегося нарушения, формирование заинтересованности и мотивации к регулярным занятиям, уменьшение количества и тяжести обострений заболеваний, если они хронические, обучение методике применения коррекционных воздействий индивидуально, разъяснение жизненной необходимости в большинстве случаев в занятиях физической культурой и прочее.

Предлагаемые в литературе способы организации физического воспитания в СМГ подразумевают чаще всего разделение студентов по схожим нозологическим профилям и проведение занятий отдельно с каждым из них [7–11]. Менее распространенным является подход к набору групп для преподавания по уровню физического развития. Авторы

признают существующие проблемы в организации занятий для данного контингента и предлагают различные способы их решения. Исследования эффективности учебного процесса в СМГ чаще всего касаются педагогических условий и технологий проведения занятий [12, 13, 18], физической и функциональной подготовленности обучающихся. В результате анализа доступных работ был сделан вывод, что исследования несут либо констатирующую информацию, либо посвящены лишь некоторым аспектам сложной и многосторонней деятельности педагога СМГ. Несмотря на большое количество теоретических и методических разработок по организации учебного процесса в СМГ, вопрос эффективности педагогического воздействия остается не решен. Работу педагога затрудняет то, что состав группы СМГ не является постоянным, это связано с подвижностью расписания занятий, появлением в группе новых студентов в течение семестра, года и т. д. Необходим более универсальный и гибкий подход в организации занятий, который позволил бы работать одновременно со студентами, имеющими совершенно разные нарушения здоровья в течение всего периода обучения. В реальных условиях проведения практических занятий преподавателем должны быть созданы условия эффективной организации его деятельности, способствующие сохранению оптимальной моторной плотности урока, развитию устойчивой мотивации студентов к физической активности, результативности всего процесса физического воспитания.

В соответствии с целью работы были поставлены задачи: исследование состава группы по нозологиям; разработка актуального программно-методического обеспечения; исследование влияния внедренной методики на показатели здоровья занимающихся.

Следствием системного подхода [14–16] стало внутригрупповое деление по нозологиям, конкретизация задач и мониторинг ре-

зультатов, что позволило связать компоненты педагогического процесса (предмет, объект, воспитание и обучение, цели, задачи, принципы, результаты и т. д.) и превратить их в целостную, объемную и подвижную структуру. Подобный общеметодологический принцип сделал возможным установить и спрогнозировать модельные характеристики физической и функциональной подготовленности студентов, осуществить педагогический контроль, разработку, подбор и коррекцию программы двигательной активности занимающихся.

Проведен анализ состава СМГ по нозологическим профилям за несколько лет. Исследовано воздействие предложенных средств и методов физического воспитания на переносимость студентами физической нагрузки, отмечено улучшение состояния функциональных систем организма. Существенно выросли показатели эффективности внешнего дыхания, адаптационных резервов организма и работоспособности студентов СМГ: на 16,9 % выросла ЖЕЛ у юношей, у девушек – на 11,3 % соответственно (группа А).

Представленная методика может быть полезна преподавателю как практический способ проведения занятий в реальных условиях, так как она позволяет быстрее адаптировать студентов к физической нагрузке, заинтересовать в занятиях, учитывая имеющиеся нарушения в состоянии организма и недостаточную физическую подготовленность. Кроме того, информацию о влиянии оздоровительных методик и опыт их применения, полученные в ходе организованных на научной основе занятий, обучающиеся смогут использовать в течение последующей жизни. Это важно, так как большинство из них после окончания вуза будут решать вопросы коррекции своих физических и функциональных кондиций самостоятельно.

Материалы и методы. Всех студентов СМГ, независимо от заболевания или нарушения, объединяет слабая физическая подготовленность, с чем связан не всегда адекватный ответ организма на физические нагрузки. Поэтому методами исследования стали показатели физического развития (масса тела, длина тела, жизненная емкость легких (ЖЕЛ)), функционального состояния организма (частота сердечных сокращений (ЧСС), артериальное давление (АД), жизненный индекс (ЖИ = ЖЕЛ (мл)/массу тела (кг)) и физической подготовленности (тест Купера). Измерение роста тела проводилось стоя ростоме-

ром с точностью до 1 см. Масса тела определялась с помощью электронных весов, результаты фиксировались в килограммах. Измерения проводились в первой половине дня перед выполнением физических упражнений. Величина ЖЕЛ устанавливалась спирометром. Для этого надо было 2–3 раза вдохнуть и выдохнуть, а затем сделать глубокий вдох и, взяв спирометр, равномерно выдохнуть в него воздух до отказа. Производилось 2–3 попытки, и фиксировался наибольший результат. Тест Купера (12-минутная дистанция легким бегом с переходом на шаг при утомлении) фиксировался в метрах.

Описанные методы исследования также позволили обеспечить однородный с точки зрения антропометрии состав групп (и подгрупп) студентов на этапе комплектования во избежание разброса показателей и для получения результатов с наибольшей достоверностью.

Исследование проведено в течение 2021/2022 учебного года на базе кафедры физического воспитания и здоровья Южно-Уральского государственного университета (г. Челябинск). В исследовании принимали участие две группы студентов в возрасте 18–22 лет ($n = 32$). Был проведен тщательный анализ состава СМГ по диагнозам на основании медицинских справок, выданных врачом. Группа А состояла из трех подгрупп (1 – студенты с заболеваниями сердечно-сосудистой системы (ССС); 2 – с нарушениями и заболеваниями опорно-двигательного аппарата (ОДА); 3 – с заболеваниями желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), мочеполовой системы и нарушениями обмена веществ) и занималась по разработанной авторами методике. В группе В разделения по нозологиям не было, и студенты занимались по традиционной программе. Необходимо отметить, что группы А и В были идентичны по составу, то есть процентное соотношение по нозологиям в группах было одинаковым.

Для каждой подгруппы внутри группы А было разработано программно-методическое обеспечение, включавшее комплексы корригирующих упражнений в том числе для самостоятельных занятий с учетом нозологического профиля подгруппы, рекомендации по дозированию физической нагрузки. Занятия были организованы по принципу круговой тренировки с использованием дозированной ходьбы и упражнений лечебно-профилактического характера. Студенты в соответствии

с принадлежностью к одной из подгрупп в начале занятия получали конкретное задание: одни начинали с дыхательных упражнений (например, в случае нарушений со стороны сердечно-сосудистой системы); другие – с суставной гимнастики (для имеющих нарушения ОДА); третьи приступали к дозированной ходьбе. Затем первые и вторые могли перейти к дозированной ходьбе, третьи выполняли корректирующие упражнения на ковриках, гимнастической стенке, скамейке и так далее. Занятия проходили в условиях легкоатлетического манежа, и подобная их организация позволяла, во-первых, «не перегружать» пространство площадки и беговой дорожки, во-вторых, разнообразить арсенал физических упражнений, сохраняя интерес к занятиям.

В начале и в конце учебного года были исследованы параметры физического развития, функционального состояния и физической подготовленности обучающихся.

Результаты. В соответствии с одной из задач исследования был проведен сбор и анализ статистических данных структуры студентов СМГ ЮУрГУ по нозологиям за несколько лет.

На рис. 1 представлена статистика состава групп СМГ по нозологиям за 2014/2015, 2017/2018, 2021/2022 учебные годы.

На рис. 1 четко прослеживается тенденция к увеличению количества студентов с за-

болеваниями сердечно-сосудистой системы (гипертония, вегетососудистая дистония, пороки сердца, бронхиальная астма, осложнения после COVID-19 и др.). С 2014/2015 учебного года процент подобных нарушений среди студентов СМГ ЮУрГУ вырос на 11 % к 2017/2018 учебному году, а к 2021/2022 – еще на 5,4 %. Можно заключить, что показатель роста заболеваний ССС – весьма подвижный и нельзя не заметить явного преобладания со временем в структуре студенческой группы СМГ нарушений со стороны именно сердечно-сосудистой системы. Вторая (сколиоз, плоскостопие, артриты, последствия травм и операций на суставах и костях и др.) и третья (гастриты, пиелонефриты, аллергии, метаболические заболевания) группы студентов тоже достаточно подвижны в смысле их качественного состава, что видно на диаграмме. Такое скачкообразное изменение состава групп по заболеваниям может косвенно указывать на появление осложнений, вызванных пандемией COVID-19, а также вынужденной гиподинамией, связанной с дистанционным характером обучения и возможным дефицитом двигательной активности во время локдауна.

В ходе работы было обнаружено возрастающее количество студентов СМГ с наличием двух и более заболеваний. Эта тенденция показывает стабильный рост в течение иссле-

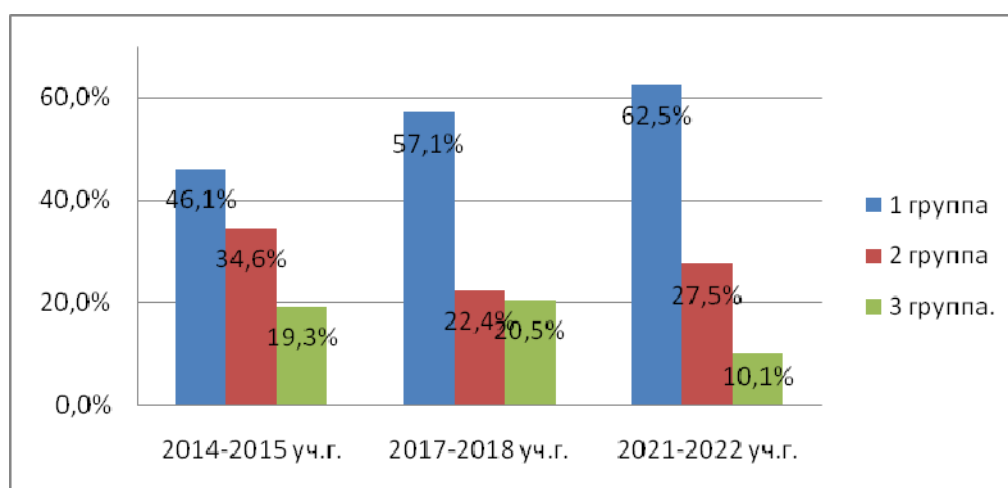


Рис. 1. Процентное распределение студентов СМГ по нозологиям по годам:

1-я группа – студенты с заболеваниями ССС; 2-я группа – студенты с нарушениями и заболеваниями ОДА; 3-я группа – студенты с заболеваниями ЖКТ, мочеполовой системы и нарушениями обмена веществ; ССС – сердечно-сосудистая система; ОДА – опорно-двигательный аппарат; ЖКТ – желудочно-кишечный тракт

Fig. 1. Distribution of students by nosology and year of study:

Group 1 – cardiovascular conditions; Group 2 – musculoskeletal conditions; Group 3 – gastrointestinal, urogenital, and metabolic conditions

дуемого периода, что говорит о неуклонном снижении уровня здоровья студенческой молодежи. На рис. 2 представлена статистика увеличения количества занимающихся в СМГ студентов с двумя и более зафиксированными медицинскими диагнозами.

С 2014/2015 учебного года и к 2021/2022 учебному году процент студентов с двумя и более медицинскими диагнозами вырос на 26,7 %, причем рост отмечен именно в последние годы и имеет достаточно уверенный характер. Сложившаяся ситуация вызвала необходимость создания актуального программно-методического обеспечения оздоровительной и коррекционной работы со студентами СМГ в рамках процесса физического воспитания, что стало одной из задач исследования.

Для наиболее точного анализа эффективности корректирующих воздействий в группы А и В были отобраны студенты, схожие по антропометрическим признакам. В табл. 1 представлены данные антропометрии студентов обеих групп.

Поскольку одной из задач работы было изучение влияния разработанной методики на показатели здоровья занимающихся, в качестве подтверждения эффективности были использованы данные показателей функционального состояния организма студентов (табл. 2).

Анализ показателей ЧСС и АД у студентов СМГ (см. табл. 2) позволяет заключить, что в начале исследования не было существенных различий между представителями обеих групп, но на контрольном этапе исследования выявлена тенденция к нормализации показателей в обеих группах под влиянием систематических занятий оздоровительной направленности, что характеризует процесс адаптации к физической нагрузке. Приближение к норме ЖИ в группе А доказывает эффективность воздействия выбранной методики, причем поскольку в группах не было студентов с избыточной массой тела, рост данного показателя произошел по причине увеличения ЖЕЛ к концу исследования.

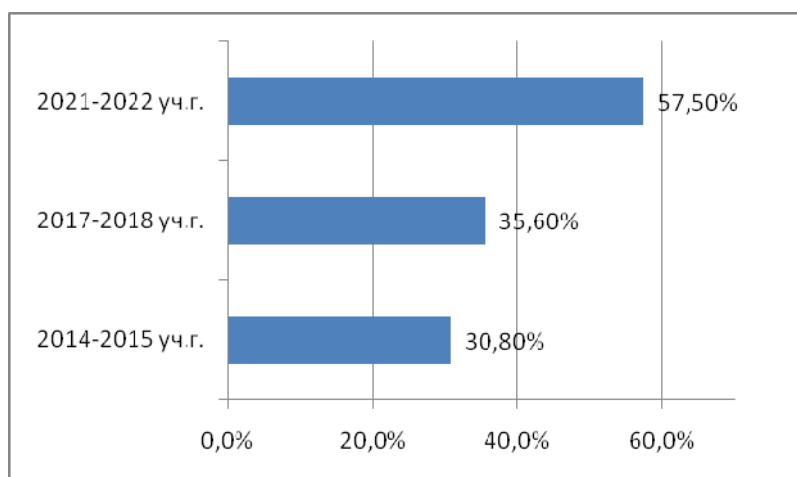


Рис. 2. Процентное соотношение студентов СМГ с двумя и более медицинскими диагнозами по годам

Fig. 2. Distribution of students with two or more health conditions by year of study

Таблица 1
Table 1

Антропометрические данные групп студентов СМГ в начале исследования
Baseline anthropometric measurements of students with health conditions

Показатель Parameter	Группа А / Group A (n = 16)		Группа В / Group B (n = 16)	
	Юноши Male students	Девушки Female students	Юноши Male students	Девушки Female students
Масса тела, кг Body weight, kg	66,3 ± 0,2	51,3 ± 0,5	65,5 ± 0,4	52,6 ± 0,2
Длина тела, см Body length, cm	177,6 ± 19,4	164,5 ± 9,2	179,7 ± 18,1	166,2 ± 7,5

Показатели функционального состояния студентов СМГ
в начале (1) и в конце исследования (2)
Baseline and post-study functional measurements of students with health conditions

Показатель Parameter	Группа А / Group A (n = 16)				Группа В / Group B (n = 16)			
	1		2		1		2	
	Ю (n = 8)	Д (n = 8)	Ю (n = 8)	Д (n = 8)	Ю (n = 8)	Д (n = 8)	Ю (n = 8)	Д (n = 8)
ЧСС, уд./мин HR, bpm	98,2 ± 10,3	83,3 ± 8,7	85,1 ± 3,2	77,4 ± 2,4	95,8 ± 8,3	88,4 ± 9,9	90,5 ± 7,8	82,0 ± 9,1
АД, мм рт. ст. BP, mmHg	127,8 ± 20,6 / 81,5 ± 7,4	115,9 ± 13,2 / 75,25 ± 5,1	115,4 ± 9,3 / 76,3 ± 3,1	112,7 ± 4,1 / 71,4 ± 2,3	131,2 ± 17,4 / 79,7 ± 8,3	114,6 ± 11,6 / 72,1 ± 4,8	122,8 ± 14,4 / 73,8 ± 7,3	111,9 ± 10,6 / 69,8 ± 5,3
Тест Купера, м Cooper test, m	1225,6 ± 110,5	1110,5 ± 93,0	1325,5 ± 156,0	1235,5 ± 110,0	1280,8 ± 190,5	1130,5 ± 105,0	1305,4 ± 128,5	1175,0 ± 120,0
ЖЕЛ, мл VC, ml	3250,7 ± 30,8	2750,6 ± 26,4	3900,5 ± 20,4	3100,8 ± 18,8	3350,1 ± 30,1	2800,3 ± 24,8	3650,5 ± 34,7	2950,6 ± 28,6
ЖИ, мл/кг VI, ml/kg	55,6 ± 3,1	44,7 ± 5,2	63,8 ± 2,3	54,2 ± 1,8	57,1 ± 2,5	43,9 ± 3,8	59,8 ± 5,1	48,3 ± 4,5

Заключение. Студенты с ограниченными физическими и функциональными возможностями временного или постоянного характера должны быть максимально вовлечены в процесс физического воспитания для сохранения и укрепления здоровья. С этой целью вуз предоставляет им возможность заниматься сильной физической культурой в СМГ. Но состав СМГ не является постоянным, что затрудняет работу педагога в отношении построения структуры урока, выбора средств и методов проведения, дозировки нагрузки, индивидуализации и т. д. В реальных условиях преподаватель при проведении занятий имеет дело с абсолютно разным контингентом студентов как по уровню физического развития, физической и функциональной подготовленности, так и по состоянию здоровья, и, кроме этого, вынужден учитывать конкретное нарушение или заболевание каждого.

Студенты, с одной стороны, нуждаются в должном уровне физической подготовки, с другой же – существует противоречие между содержанием программы и фактическим состоянием здоровья студентов, которое не позволяет реализовать ее в полной мере, вынуждая адаптировать реальные занятия для решения актуальных оздоровительных и тренировочных задач программы в условиях профессиональной подготовки будущих специалистов. Кроме всего прочего, преподавателю необходимо заинтересовать студентов

в занятиях, что важно для достижения целей физического воспитания. Около 20 % студентов СМГ ЮУрГУ ранее в школе были освобождены от занятий физической культурой постоянно или время от времени в связи с обострениями заболеваний, иногда по причине невозможности организации занятий для них. Большинство не имели представления о методиках коррекционного воздействия при помощи средств и методов физической культуры. Преподаватель должен не просто предоставить студентам арсенал упражнений и методик оздоровительной направленности, но и вынужден вести разъяснительную работу по вопросам физиологического действия физических упражнений на организм при той или иной патологии. Например, даже при наличии бронхиальной астмы студенты никогда не занимались дыхательной гимнастикой и не имеют никакого представления о важности освоения методики правильного дыхания в покое и при движении. Или при наличии нарушений осанки не видят связи своей пониженной работоспособности с дисбалансом мышц и их слабостью или повышенным тонусом.

Одним из преимуществ разработанной программы занятий было то, что студенты СМГ могли, имея не один диагноз, заниматься в разных подгруппах, выбирая комплексы упражнений, соответствующие состоянию здоровья, благодаря чему занятия были более разнообразными и интересными для них. На-

пример, дозированная ходьба как циклическое упражнение универсальна в СМГ, упражнения для коррекции осанки на расслабление и укрепление мышц полезны не только для студентов с нарушениями ОДА, а также и лицам с ССС и прочим, различные техники дыхательных упражнений статического или динамического характера показаны всем без исключения.

Данное исследование эффективности процесса физического воспитания в СМГ показало, что внутригрупповое деление студентов на нозологические группы позволило более точно подбирать и использовать средства и методы физического воспитания с целью корректирующего воздействия и существенно повысило эффективность процесса физического воспитания. Предлагаемую в исследовании методику занятий стало возможно реализовать, так как имелась соответствующая материально-техническая база и возможность комплектации групп с оптимальным количеством занимающихся.

Проведенный длительный анализ нозологий в СМГ с 2014 года позволил адаптировать

средства и методы коррекционной работы под имеющийся контингент в динамике. Необходимо отметить, что в обеих группах в начале исследования зафиксирована недостаточная физическая подготовленность занимающихся и сниженная мотивация к занятиям. В конце исследования в группе А произошло достоверное улучшение результатов теста Купера ($p < 0,001$), тогда как в группе В мы наблюдаем изменения только в виде тенденции (см. табл. 2). На результаты теста Купера повлияли занятия, направленные на повышение общей выносливости, дыхательные упражнения общие и специальные, в покое и в движении.

Нормализация показателей ЖЕЛ, ЖИ связана с индивидуализацией корректирующих средств во время занятий, что отвечало задачам исследования. Внимательное изучение состава группы позволило выявить особенности снижения уровня двигательной активности студентов, определить наиболее эффективные методы коррекции, разработать и предоставить соответствующие условия процесса физического воспитания.

Список литературы

1. Аксенова, А.Н. Сравнительная оценка уровня физической подготовленности студентов с различным состоянием здоровья / А.Н. Аксенова, Е.Г. Монахова, Н.В. Перегудова // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2022. – № 2 (204). – С. 9–13.
2. Беспалько, В.П. Педагогика и прогрессивные технологии / В.П. Беспалько. – М.: Педагогика, 1995. – 85 с.
3. Биодинамические характеристики функциональной адаптации квалифицированных прыгунов с шестом / М.А. Гапичева, А.В. Ненашева, А.А. Плетнев и др. // Человек. Спорт. Медицина. – 2022. – Т. 22, № 2. – С. 112–118. DOI: 10.14529/hsm220313
4. Блауберг, И.В. Становление и сущность системного подхода / И.В. Блауберг, Э.Г. Юдин. – М.: Наука, 1973.
5. Гапичева, М.А. Особенности пространственного положения позвоночника у прыгунов с шестом / М.А. Гапичева, А.А. Плетнев, А.С. Ушаков // Человек. Спорт. Медицина. – 2020. – Т. 20, № S2. – С. 20–25. DOI: 10.14529/hsm20s203
6. Карпова, С.Н. Технология использования унифицированных тренировочных комплексов в ходе физического воспитания студентов специальных медицинских групп / С.Н. Карпова, Г.С. Пригода // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2019. – № 6 (172). – С. 113–117.
7. Кононов, А.А. Физическое воспитание студентов, имеющих заболевания органов зрения / А.А. Кононов // Молодежь и науч.-техн. прогресс. – 2021. – С. 656–659.
8. Макаров, А.В. Состояние здоровья студентов / А.В. Макаров, М.В. Шубина // Вестник Воронеж. ин-та высоких технологий. – 2020. – № 1. – С. 77–79.
9. Оздоровительная ходьба в системе занятий студенток специальной медицинской группы с нарушениями сердечно-сосудистой системы / Е.М. Янчик, К.Б. Щелгачева, В. Потоп, А.А. Королева // Человек. Спорт. Медицина. – 2020. – Т. 20, № S2. – С. 77–83. DOI: 10.14529/hsm20s213
10. Полифункциональная и метаболическая оценка организма лыжников-гонщиков высокой и высшей квалификации – участников чемпионата России / А.П. Исаев, А.А. Кравченко, В.В. Эрлих и др. // Вестник ЮУрГУ. Сер. Образование, здравоохранение, физическая культура. – 2012. – № 28 (287). – С. 27–31.

11. 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

12. Содержание технологии использования унифицированных тренировочных комплексов в ходе физического воспитания студентов специальных медицинских групп / А.В. Зюкин и др. // *Физ. культура и спорт в образоват. пространстве: инновации и перспективы развития*. – 2020. – С. 231–235.

13. Сорокина, В.А. Лечебная физическая культура при нарушениях сердечного ритма у студентов / В.А. Сорокина, В.А. Брыкина // *Наука-2020*. – 2021. – № 9 (54). – С. 99–105.

14. Структура психолого-педагогических условий, необходимых для улучшения состояния здоровья студентов специальных медицинских групп в ходе применения унифицированных тренировочных комплексов / А.В. Зюкин и др. // *Физ. культура и спорт в образоват. пространстве: инновации и перспективы развития*. – 2020. – С. 226–230.

15. Шаршак, М.Н. Влияние современных физкультурно-оздоровительных технологий на организм студентов при заболеваниях дыхательной системы / М.Н. Шаршак, О.В. Резенькова // *Стратегии развития соврем. науки*. – 2019. – С. 161–166.

16. Features of physical training of students of a special medical group in the conditions of a streaming form of education / I. Yegiazaryan, A. Bogdanova, E. Imenkhoev, A. Matveev // *Theory and Practice of Physical Culture*. – 2022. – С. 49–52.

17. Semra, A. Relationship between musculoskeletal disorders and physical inactivity in adolescents / A. Semra, B. Raikan, A. Ümmühan // *Journal of Public Health*. – 2019. – Vol. 27 (1). – С. 49–56.

18. Shkola, A. Conceptual basic principles of the organization of lessons with the students of the special medical groups in general educational establishments / A. Shkola, T. Osiptsov, Y. Tuzov // *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки*. – 2018. – С. 197–202.

References

1. Aksenova A.N., Monakhova E.G., Peregudova N.V. [Comparative Assessment of the Level of Physical Fitness of Students with Different Health Conditions]. *Uchenyye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific Notes of the University P.F. Lesgafta], 2022, no. 2 (204), pp. 9–13. (in Russ.)

2. Bepal'ko V.P. *Pedagogika i progressivnyye tekhnologii* [Pedagogy and Progressive Technologies]. Moscow, Pedagogy Publ., 1995. 85 p.

3. Gapicheva M.A., Nenasheva A.V., Pletnev A.A. et al. Biodynamic Characteristics of Functional Adaptation in Pole Vaulters. *Human. Sport. Medicine*, 2022, vol. 22, no. 2, pp. 112–118. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm220313

4. Blauberg I.V., Yudin E.G. *Stanovleniye i sushchnost' sistemnogo podkhoda* [Formation and Essence of the Systems Approach]. Moscow, Science Publ., 1973.

5. Gapicheva M.A., Pletnev A.A., Ushakov A.S. Features of the Spatial Position of the Spine in Pole Vaulters. *Human. Sport. Medicine*, 2020, vol. 20, no. S2, pp. 20–25. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm20s203

6. Karpova S.N., Prigoda G.S. [Technology of Using Unified Training Complexes in the Course of Physical Education of Students of Special Medical Groups]. *Uchenyye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific Notes of the University P.F. Lesgafta], 2019, no. 6 (172), pp. 113–117. (in Russ.)

7. Kononov A.A. [Physical Education of Students with Vision Diseases]. *Molodezh' i nauchno-tekhnicheskii progress* [Youth and Scientific and Technological Progress], 2021, pp. 656–659. (in Russ.)

8. Makarov A.V., Shubina M.V. [State of Health of Students]. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy* [Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies], 2020, no. 1, pp. 77–79. (in Russ.)

9. Yanchik E.M., Schelgacheva K.B., Potop V., Koroleva A.A. Recreational Walking in Special Medical Group Students with Cardiovascular Impairment. *Human. Sport. Medicine*, 2020, vol. 20, no. S2, pp. 77–83. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm20s213

10. Isaev A.P., Kravchenko A.A., Erlikh V.V. et al. Multifunctional and Metabolic Assessment of the Body of High and Highly Qualified Cross-country Skiers – Participants in the Russian Championship. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Education, Healthcare, Physical Education*, 2012, no. 28 (287), pp. 27–31. (in Russ.)

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

12. Zyukin A.V. et al. [Contents of the Technology of Using Unified Training Complexes in the Course of Physical Education of Students of Special Medical Groups]. *Fizicheskaya kul'tura i sport v obrazovatel'nom prostranstve: innovatsii i perspektivy razvitiya* [Physical Culture and Sports in the Educational Space. Innovations and Development Prospects], 2020, pp. 231–235. (in Russ.)

13. Sorokina V.A., Brykina V.A. [Therapeutic Physical Culture for Cardiac Arrhythmia in Students]. *Nauka-2020* [Science-2020], 2021, no. 9 (54), pp. 99–105. (in Russ.)

14. Zyukin A.V. et al. [The Structure of Psychological and Pedagogical Conditions Necessary to Improve the Health Status of Students of Special Medical Groups During the Use of Unified Training Complexes]. *Fizicheskaya kul'tura i sport v obrazovatel'nom prostranstve: innovatsii i perspektivy razvitiya* [Physical Culture and Sports in the Educational Space. Innovations and Development Prospects], 2020, pp. 226–230. (in Russ.)

15. Sharshak M.N., Rezen'kova O.V. [The Influence of Modern Physical Culture and Health Technologies on the Body of Students with Diseases of the Respiratory System]. *Strategii razvitiya sovremennoy nauki* [Strategies for the Development of Modern Science], 2019, pp. 161–166. (in Russ.)

16. Yegiazaryan I., Bogdanova A., Imenkhoev E., Matveev A. Features of Physical Training of Students of a Special Medical Group in the Conditions of a Streaming form of Education. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2022, pp. 49–52.

17. Semra A., Raikan B., Ümmühan A. Relationship between Musculoskeletal Disorders and Physical Inactivity in Adolescents. *Journal of Public Health*, 2019, vol. 27 (1), pp. 49–56. DOI: 10.1007/s10389-018-0923-7

18. Shkola A., Osiptsov T., Tuzov Y. Conceptual Basic Principles of the Organization of Lessons with the Students of the Special Medical Groups in General Educational Establishments. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки*, 2018, pp. 197–202.

Информация об авторах

Янчик Елена Милесовна, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры физического воспитания и здоровья, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Щелгачева Камилла Батырбековна, аспирант кафедры теории и методики физической культуры и спорта, старший преподаватель кафедры физического воспитания и здоровья, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

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

Ведерникова Ольга Борисовна, доцент, доцент кафедры теории и методики физической культуры и спорта, преподаватель кафедры физического воспитания и здоровья института спорта, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Захарец Анна Андреевна, лаборант кафедры физического воспитания и здоровья, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Information about the authors

Elena M. Yanchik, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Education and Health, Institute of Sport, Tourism and Service, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Kamilla B. Shchelgacheva, Postgraduate student, Department of Theory and Methods of Physical Education and Sport; Senior Lecturer, Department of Physical Education and Health, Institute of Sport, Tourism and Service, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

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

Olga B. Vedernikova, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Theory and Methods of Physical Education and Sport; Lecturer, Department of Physical Education and Health, Institute of Sport, Tourism and Service, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Anna A. Zakharets, Department Assistant, Department of Physical Education and Health, 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 conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 08.08.2023

The article was submitted 08.08.2023

БИОМЕХАНИКА ХОДЬБЫ В НОРМЕ И ПРИ НАЛИЧИИ ПРОТЕЗА НОГИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСА Xsens

В.В. Эрлих, erlikhvvv@susu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4416-1925>

В.В. Епишев, epishevvv@susu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7284-7388>

С.Б. Сапожников, sapozhnikovsb@susu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7022-4865>

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

Аннотация. Цель: сравнительная оценка кинематики движений человека с протезом и без протеза с использованием компьютерного комплекса захвата движений. **Материалы и методы.** Исследование проводилось с использованием компьютерного комплекса захвата движений Xsens. В исследовании приняли участие 2 добровольца, схожих по антропометрическим данным: № 1 – здоровый доброволец (масса тела 78,1 кг), № 2 – доброволец с ампутированной левой нижней конечностью на уровне верхней 1/3 бедра (масса тела без протеза 67 кг). Сравнительная оценка ходьбы 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. **Результаты.** У добровольца с протезом при ходьбе на тредбане со скоростью 3 км/час зафиксированы большие (на 28,5 %) вертикальные колебания таза, большая вариация вертикальных ускорений таза. У добровольца с протезом ходьба на 100 м приводит к увеличению ЧСС на 22 уд./мин (с 74 до 96 уд./мин), что в совокупности с кинематическими параметрами ходьбы свидетельствует о существенно большем количестве энергии, затрачиваемом на движение. **Заключение.** На основе данных, полученных с комплекса Xsens, а также расчётных массовых параметров сегментов тел разработана методика и определены максимальные усилия в точках контакта с поверхностью беговой дорожки, а также энергетические затраты на движение по изменению ЧСС. Поскольку ЦТ 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.

Ключевые слова: биомеханика, кинематика, протез, ходьба, Xsens

Благодарности. Работа выполнена в рамках госзадания Министерства науки и высшего образования РФ FENU-2023-0017 (2023217ГЗ).

Для цитирования: Эрлих В.В., Епишев В.В., Сапожников С.Б. Биомеханика ходьбы в норме и при наличии протеза ноги с использованием комплекса Xsens // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 4. С. 145–154. DOI: 10.14529/hsm230418

Original article
DOI: 10.14529/hsm230418

GAIT BIOMECHANICS IN NORMAL CONDITIONS AND WITH A LOWER-EXTREMITY PROSTHESIS CAPTURED BY THE Xsens SYSTEM

V.V. Erlikh, erlikhvvv@susu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4416-1925>

V.V. Epishev, epishevvv@susu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7284-7388>

S.B. Sapozhnikov, sapozhnikovsb@susu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7022-4865>

South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Abstract. Aim. To compare kinematics between normal conditions and a lower-extremity prosthesis by using the Xsens motion capture system. **Materials and methods.** Two volunteers with similar anthropometry participated in the study: one apparently healthy individual weighing 78.1 kg and another weighing 67 kg without the prosthesis. A gait assessment was undertaken on the Life Fitness treadmill, covering

a distance of 100 meters at a speed of 3 km/h. Heart rate measurements were obtained at baseline and immediately after exercise. **Results.** Walking with the prosthesis on the treadmill at a speed of 3 km/h resulted in 28.5 % more vertical pelvic oscillations and a greater variety of vertical pelvic accelerations. In a volunteer with prosthesis, walking at a distance of 100 meters resulted in an increase in HR of 22 bpm (from 74 to 96 bpm). The results obtained along with kinematic walking data show a significantly higher energy cost compared to walking in normal conditions. **Conclusion.** Based on the data obtained with the Xsens motion capture system and a calculated segmental body mass, the method was developed, and maximal efforts in contact areas on the treadmill were measured along with the energy cost of HR modulation. As soon as the CoM is located in the pelvis area, a pelvis sensor is recommended for further studies to provide a timely assessment of changes. This makes numerical differentiation unnecessary, as the Xsens system provides it automatically for all body segments.

Keywords: biomechanics, kinematics, prosthesis, walking, Xsens

Acknowledgements. This work was accomplished as part of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation FENU-2023-0017 (2023217Г3).

For citation: Erlich 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;23(4):145–154. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230418

Введение. Биомеханика движений человека широко изучается в научной литературе применительно к различным условиям: ходьбе по неровной поверхности, по снегу, бегу, прыжкам, при выполнении типовых движений у спортсменов и военнослужащих [1–6]. Анализ движений людей при наличии протезов представляет собой отдельное научное направление, связанное, как правило, с реабилитацией после тяжёлых травм [1, 4]. Движения людей в норме существенно отличны от движений с протезами, так как протезы не обладают источниками энергии и механизмами для силового поворота соседних сегментов. Современные протезы колена или стопы [11, 14] оснащают системой сенсоров, микропроцессором для управления лишь жёсткостью в суставах и демпфированием при сгибе или распрямлении, а также элементами искусственного интеллекта. Следует заметить, что такие протезы сложны в обслуживании и настройке и весьма дороги. Большое распространение получили настраиваемые на определённые движения механические протезы [12–14].

Очевидно, что первоочередным требованием к протезу ноги, в частности, относится обеспечение самостоятельных перемещений: ходьбы по ровной поверхности с умеренной скоростью (до 2–3 км/ч). Более сложными движениями считаются посадка и подъём со стула, движение по ступеням вверх и вниз, движение по поверхности с неровностями, бег, прыжки и т. п.

Протезы, выпускаемые в мире, имеют определённые пределы по нагрузке, амплитуде движений, отличаются массой и размерами,

а также материалами, из которых они изготовлены (алюминиевые сплавы, титан, стали, стекло- и углепластики, полиуретан и др.) [9–11, 13, 14].

Существенной проблемой для человека при обеспечении необходимой эргономики движений является настройка протеза. Даже при подгонке длины и углов ориентации частей нового протеза специалистами протезно-ортопедических предприятий это занимает длительное время и зачастую требует итераций. Более того, в процессе эксплуатации мягкие ткани культи могут деформироваться, и реальная длина протезированной конечности уменьшается, что приводит к ходьбе с заметной хромотой, к увеличению энергозатрат на движение (увеличение амплитуды колебаний центра тяжести). Как и какими средствами это можно оперативно оценить – актуальная проблема, практически не освещённая в литературе [2].

В настоящей работе рассмотрено применение компьютерного комплекса захвата движений Xsens [12] с использованием внешних датчиков, регистрирующих положение, линейные и угловые скорости и ускорения в местах их установки на теле человека.

Цель исследования – сравнительная оценка кинематики движений человека с протезом и без протеза с использованием компьютерного комплекса захвата движений.

Материалы и методы. Исследование проводилось с использованием компьютерного комплекса захвата движений Xsens. Комплекс состоит из аппаратной и программной части. К аппаратной относятся: костюм и эла-

стичные ремни для крепления до 34 автономных радиосенсоров (рис. 1) вместе с приёмным модулем Awinda Station. Программное обеспечение Motion Tracking Manager Software работает под Windows и может фиксировать трёхмерную ориентацию модели человека, данные сенсоров и их экспорт в виде ASCII-файлов для последующего анализа.



Рис. 1. Костюм, эластичные ремни и сенсор (размеры 47×30×13 мм, вес 16 г)
Fig. 1. Xsens motion capture suit, elastic bands, and a sensor (dimensions: 47×30×13 mm, 16 g)

Перед проведением кинезиметрии в систему необходимо ввести ряд параметров испытуемого: рост, вес, охват талии, ширину плеч и т. п. Для калибровки сенсоров комплекса рекомендуется записать положение человека стоя, а также в процессе ходьбы по ровной поверхности с разворотом и ходьбой в обратном

направлении. После успешной калибровки возможны любые изменения положения человека в радиусе 50 м от приёмного модуля.

В экспериментах на тело человека были установлены 17 сенсоров (рис. 2) на следующих сегментах: голова (1), лопатки (2), шея (1), таз (1), плечи (2), предплечья (2), кисти (2), бедра (2), голени (2), стопы (2).

На основании введённых массо-геометрических данных по конкретному человеку ПО комплекс Xsens рассчитывает положения сенсоров на сегментах, длины сегментов и координаты суставов, используя статистические параметры, внесённые производителем в базу данных комплекса. Это позволяет определять не только параметры движения точек установки сенсоров, но и вычислять углы поворота в суставах, угловые ускорения сегментов, положение центра массы тела и др. [5, 12].

В таблице приведены обозначения сенсоров в выходном файле Xsens.

Сравнительная оценка ходьбы со скоростью 3 км/ч на расстояние 100 м проводилась на беговой дорожке Life Fitness в научно-исследовательском центре спортивной науки ЮУрГУ. В исследовании приняли участие 2 добровольца, схожих по антропометрическим данным: № 1 – здоровый доброволец (масса тела 78,1 кг), № 2 – доброволец с ампутированной левой нижней конечностью на уровне верхней 1/3 бедра (масса тела без протеза 67 кг) (рис. 3). Для косвенного определения энергетической стоимости ходьбы проводилось измерение ЧСС до ходьбы и сразу после.

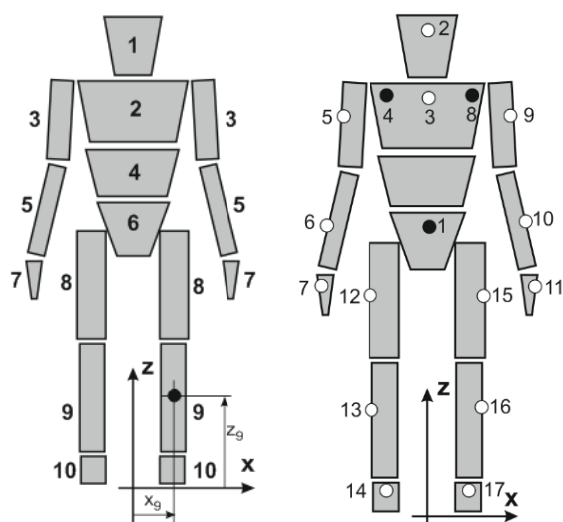


Рис. 2. Схематизация человека по сегментам с местами установки сенсоров и стандартная таблица весов сегментов в норме

Fig. 2. Body segments with sensor placement and reference values for segmental weights

сегмент	%	число	итог %
1	6,93	1	6,93
2	15,55	1	15,55
3	2,70	2	5,40
4	16,30	1	16,30
5	1,70	2	3,40
6	11,18	1	11,18
7	0,61	2	1,22
8	14,30	2	28,60
9	4,33	2	8,66
10	1,38	2	2,76
		сумма:	100,00

Обозначения сенсоров в комплексе Xsens
Xsens sensor legend

1	Таз (pelvis)	10	Левое предплечье (left lower arm)
2	Голова (head)	11	Левая кисть (left hand)
3	Шея (neck)	12	Правое бедро (right upper leg)
4	Правая лопатка (right shoulder)	13	Правая голень (right lower leg)
5	Правое плечо (right upper arm)	14	Правая стопа (right foot)
6	Правое предплечье (right lower arm)	15	Левое бедро (left upper leg)
7	Правая кисть (right hand)	16	Левая голень (left lower leg)
8	Левая лопатка (left shoulder)	17	Левая стопа (left foot)
9	Левое плечо (left upper arm)		

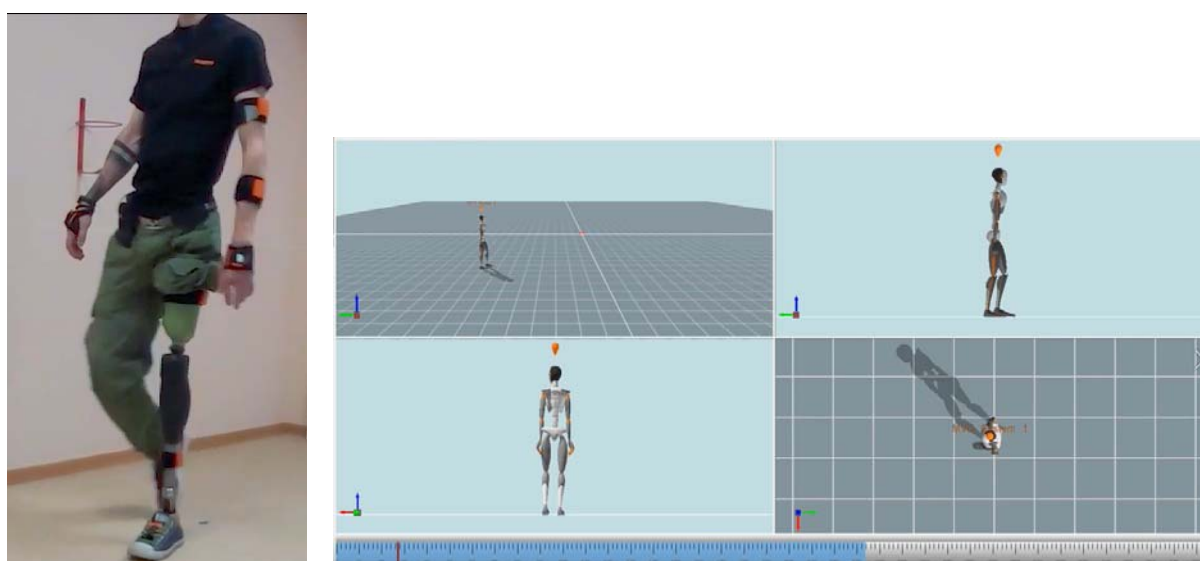


Рис. 3. Пример исследования добровольца № 2 с использованием комплекса Xsens
Fig. 3. Motion capture with the Xsens system for volunteer 2

Результаты. Обработка результатов осуществлялась по разработанной методике обработки данных. После проведения исследования в системе Xsens был сформирован файл *.xlsx, данные которого далее анализируются в пакете Excel. На рис. 4 приведены фрагменты соответствующих страниц.

Отметим, что положение сенсоров определяется в системе координат принимающей станции. Шаг между записями (колонка Frame) составляет 1/60 с.

Для примера методических особенностей измерений на рис. 5 показаны графики изменения расчётного положения центра тяжести человека (ЦТ – center of mass – CoM) и сенсора, установленного на тазе (pelvis).

Можно заметить практически полное их совпадение со сдвигом на 63 мм (ЦТ выше). Вертикальное ускорение ЦТ $a(t)$ можно получить с использованием двойного численного дифференцирования координаты $Z(t)$ (рис. 6):

$$a(t) = dV(t) / dt, V(t) = dZ(t) / dt, dZ_{i+1} \approx Z_{i+1} - Z_i, dt = 1/60 \text{ с}, dV_{i+1} \approx V_{i+1} - V_i, i - \text{номер кадра.}$$

Можно заметить, что графики на рис. 6 а, б качественно совпадают, а количественно – отличаются в 1,75 раза. Максимальное расчётное ускорение ЦТ существенно ниже реального для тазовых костей (4 и 7 м/с²).

В итоге использование сенсора *pelvis* намного предпочтительнее *вычисления* положения ЦТ, так как в случае *pelvis* система рассчитывает и скорости, и ускорения на аппаратном уровне. Добавим, что получить вертикальную реакцию R_z тела человека в любой момент времени t на опорную поверхность (рис. 6) можно, просуммировав вклады инерционных составляющих всех сегментов тела:

$$R_z(t) = Mg + \sum_{i=1}^n m_i a_{zi}(t). \quad (1)$$

Здесь M – масса тела, g – ускорение свободного падения, m_i – масса i -го сегмента (см. таблицу на рис. 2), a_{zi} – вертикальное ускорение i -го сегмента.

Segment position (положение сегментов)

Frame	Pelvis x	Pelvis y	Pelvis z	Neck x	Neck y	Neck z	Head x	Head y	Head z
0	0,98127	-2,848	0,982085	0,981803	-2,84049	1,548216	0,978079	-2,81194	1,63003
1	0,980563	-2,8472	0,982117	0,980378	-2,8387	1,548235	0,976598	-2,80999	1,629994
2	0,979855	-2,84639	0,982149	0,978953	-2,8369	1,548253	0,975117	-2,80805	1,629958
3	0,979068	-2,84556	0,982156	0,977475	-2,83505	1,548242	0,973578	-2,80605	1,629892
4	0,978167	-2,84469	0,982122	0,975933	-2,83312	1,548186	0,971971	-2,80398	1,62978

Segment velocity (скорость сегментов)

Frame	Pelvis x	Pelvis y	Pelvis z	Neck x	Neck y	Neck z	Head x	Head y	Head z
0	-0,0541	0,041551	0,005639	0	0	0	-0,08612	0,137871	-0,03375
1	-0,05601	0,042254	0,004551	-0,01179	0,0234	-0,00268	-0,09093	0,140829	-0,03354
2	-0,05793	0,042956	0,003462	-0,02359	0,0468	-0,00536	-0,09574	0,143788	-0,03332
3	-0,06043	0,043489	0,00283	-0,03602	0,066572	-0,00719	-0,10068	0,146762	-0,0331
4	-0,06405	0,043332	0,003087	-0,05041	0,080904	-0,00747	-0,10594	0,149886	-0,03303

Segment acceleration (ускорения сегментов)

Frame	Pelvis x	Pelvis y	Pelvis z	Neck x	Neck y	Neck z	Head x	Head y	Head z
0	-0,15129	0,086358	0,042045	-0,26181	0,168023	-0,04896	-0,2548	0,134515	0,009993
1	-0,15823	-0,12297	-0,06353	-0,2603	0,15764	0,019892	-0,28135	0,199501	0,054796
2	-0,13138	0,054371	-0,07062	-0,287	0,185526	-0,04356	-0,28219	0,146237	-0,01773
3	-0,10313	0,225771	-0,03357	-0,29656	0,2186	-0,06645	-0,30755	0,19723	0,000315
4	-0,19006	0,184334	0,026988	-0,30891	0,193438	-0,03775	-0,33586	0,207213	-0,04094

Segment angular velocity (угловые скорости сегментов)

Frame	Pelvis x	Pelvis y	Pelvis z	Neck x	Neck y	Neck z	Head x	Head y	Head z
0	-0,06655	-0,01939	0,026774	-0,09065	-0,01327	0,040009	-0,03915	0,013647	0,037152
1	-0,0867	-0,02116	0,030639	-0,09149	-0,01284	0,040717	-0,02862	0,014632	0,036698
2	-0,09115	-0,02778	0,03028	-0,09352	-0,01389	0,037081	-0,02816	0,010556	0,032382
3	-0,07754	-0,03324	0,028368	-0,09335	-0,01566	0,036986	-0,02297	0,012504	0,031715

Segment angular acceleration (угловые ускорения сегментов)

Frame	Pelvis x	Pelvis y	Pelvis z	Neck x	Neck y	Neck z	Head x	Head y	Head z
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	-1,20906	-0,10624	0,231864	-0,0506	0,02565	0,04244	0,631992	0,059128	-0,02725
2	-0,26676	-0,39753	-0,02149	-0,12157	-0,06259	-0,21816	0,027096	-0,24457	-0,25896
3	0,816162	-0,32749	-0,11475	0	0	0	0,311885	0,11687	-0,04004
4	0,447579	0,10348	0,705739	-0,14742	-0,12427	-0,16884	0,044862	-0,0658	0,00705

Center of mass (положение центра тяжести)

Frame	CoM x	CoM y	CoM z
0	0,985526	-2,84747	1,039383
1	0,984654	-2,84655	1,039425
2	0,983783	-2,84562	1,039467
3	0,982857	-2,84466	1,039484
4	0,981857	-2,84364	1,03946

Рис. 4. Фрагменты записей в файл данных исследований с использованием комплекса Xsens

Fig. 4. Study records obtained with the Xsens system

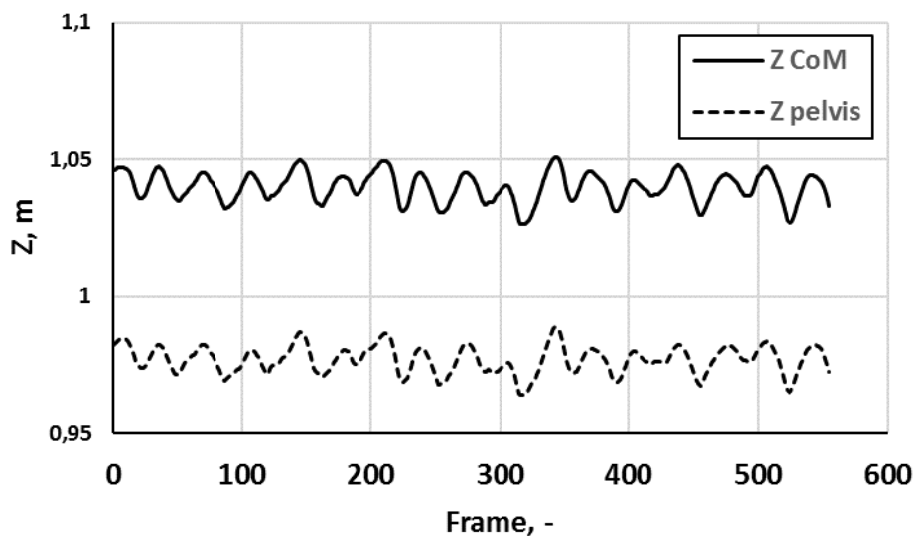


Рис. 5. Изменение положения ЦТ и сенсора, установленного на тазе
Fig. 5. Changes in CoM and pelvis sensor

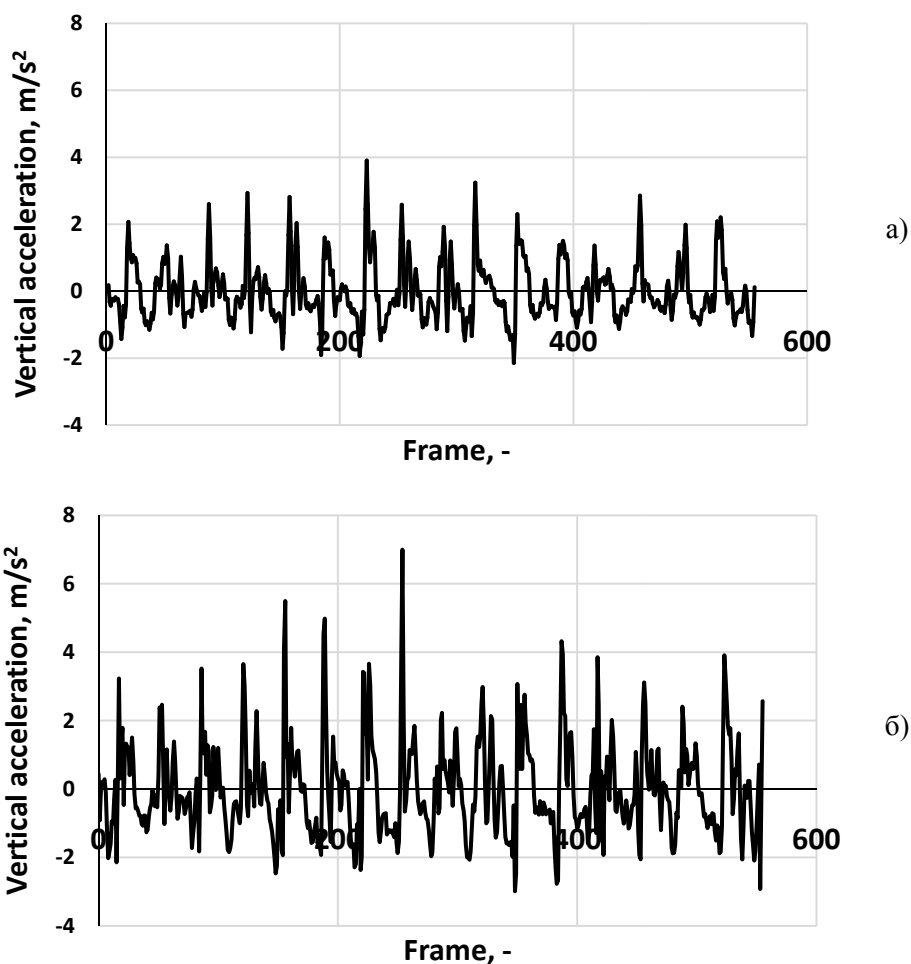


Рис. 6. Ускорения ЦТ (а) и таза (б) в процессе ходьбы
Fig. 6. CoM (a) and pelvis (б) accelerations during walking

Зависимость $R_z(t)$ полезна при определении нагрузки на голеностопные суставы при движении человека в норме или после протезирования (рис. 7).

Вариация усилия на беговую дорожку связана, очевидно, с непривычной обстановкой, не позволяющей вестибулярному аппарату человека нормально работать из-за движения опорной поверхности при покое окружающих предметов.

Для оценки «качества» движения в норме и с протезом рассмотрим изменение вертикальной координаты тазового сенсора *pelvis* при ходьбе на тредбане с постоянной скоростью (3 км/ч) и соответствующего вертикального ускорения (рис. 8, 9).

Из рис. 8, 9 видно, что кинезиметрия человека в норме и с протезом ноги существенно отличается. У добровольца 1 анализ данных Xsens показывает, что за время 9,283 с

сделано 557 кадров (скорость съёмки 60 кадров в секунду). Пройденное расстояние $S = 7,736$ м, средняя длина шага $l = 0,833$ м, частота ходьбы $f = 1,83$ Гц, колебания таза в среднем составили 2,5 см. Вертикальные ускорения таза $a(t)$ варьировались в диапазоне $-3...7$ м/с² (в дополнение к ускорению силы тяжести $g = 9,86$ м/с²).

У добровольца 2 при ходьбе на тредбане со скоростью 3 км/ч колебания таза в среднем составили 3,5 см, вертикальные ускорения таза варьировались в диапазоне $-2...11$ м/с². Установлено увеличение длины шага при росте амплитуды вертикальных колебаний таза на 28,5 % и повышение амплитуды вертикальных ускорений таза: у добровольца 1 варьировалось в диапазоне 10 м/с², у добровольца 2–13 м/с². Можно утверждать, что добровольцу с протезом пришлось затратить существенно большее количество энергии на движение.

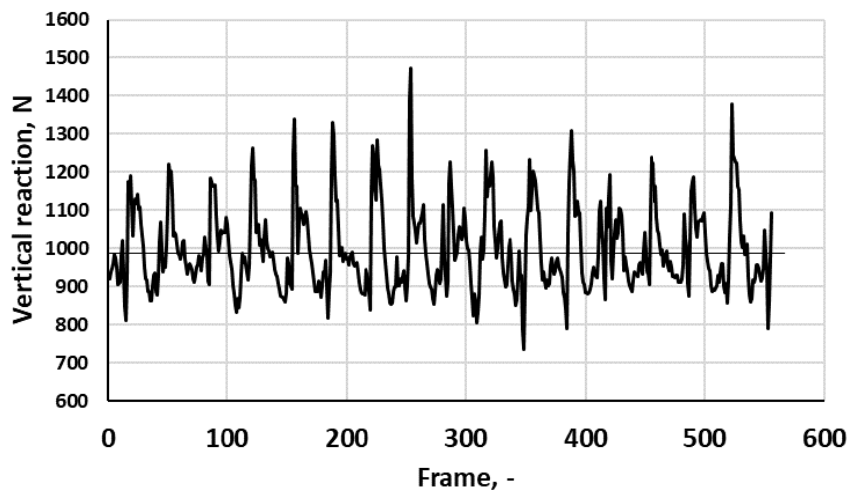


Рис. 7. Вертикальное усилие на поверхность беговой дорожки при ходьбе.
Горизонтальная линия – вес тела человека
Fig. 7. Vertical reaction on treadmill surface during walking.
The horizontal line stands for body weight

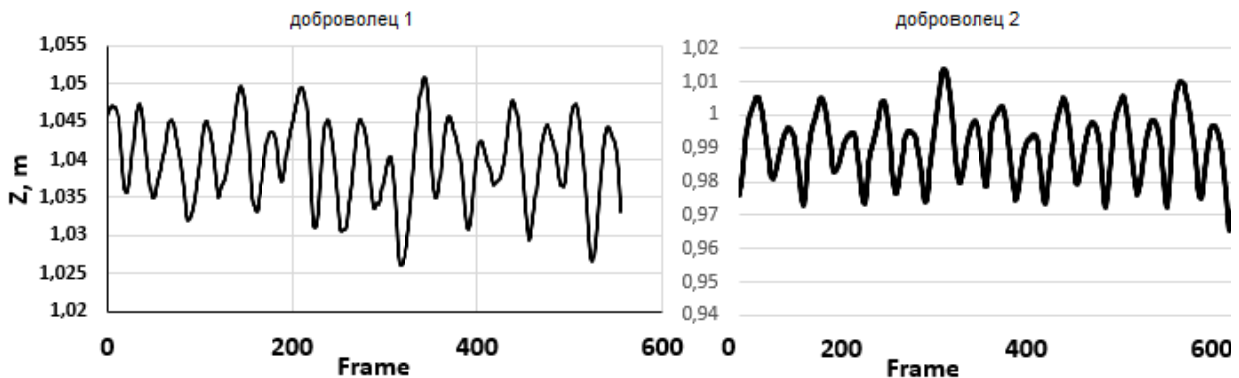


Рис. 8. Положение центра тяжести тазового сенсора при ходьбе со скоростью 3 км/ч у добровольцев
Fig. 8. CoM location of the pelvis sensor when walking with a speed of 3 km/h

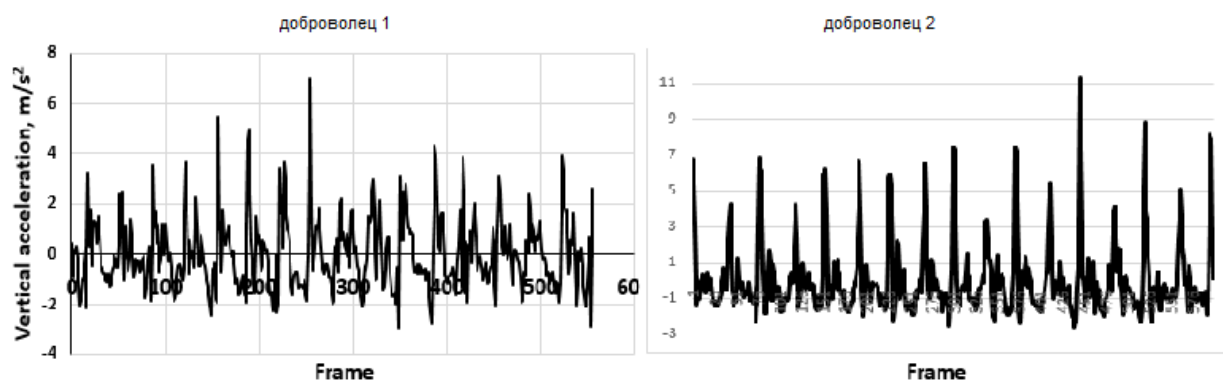


Рис. 9. Вертикальное ускорение тазового сенсора при ходьбе со скоростью 3 км/час у добровольцев
Fig. 9. Vertical acceleration of the pelvis sensor when walking with a speed of 3 km/h

Измерение частоты сердечных сокращений также является подтверждением: у добровольца без протеза ЧСС до ходьбы 100 м составила 84 уд./мин, после – 84 уд./мин; у добровольца с протезом ЧСС до ходьбы 100 м 74 уд./мин., после – 96 уд./мин.

Заключение. В работе проведена кинезиметрия ходьбы на комплексе Xsense двух добровольцев со схожими антропометрическими данными и отличающимися состоянием нижней конечности: с протезом и без него. В комплексе Xsense установленные на человека сенсоры позволяют с частотой 60 Гц регистрировать их положение, скорости и ускорения в трёх измерениях в процессе движений. На основе этих данных, а также расчётных массовых параметров сегментов тел разработана методика и определены максимальные усилия в точках контакта с поверхностью

беговой дорожки, а также энергетические затраты на движение по изменению пульса. Показано, что движение с протезом требует больших энергозатрат, так как связано с большим изменением положения центра масс и большими амплитудами колебаний тела по сравнению с теми же характеристиками здорового человека. Поскольку ЦТ расположен в зоне таза, 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.

Авторы также признательны Ф.В. Меркулеву за возможность проведения экспериментов на протезированной конечности.

Список литературы

1. Белянин, О.Л. Биомеханика ходьбы инвалидов при коротких культях бедер на усовершенствованных протезах / О.Л. Белянин, Л.М. Смирнова, И.М. Беляев // Вестник гильдии протезистов-ортопедов. – 2003. – № 2. – С. 18–24.
2. Григоренко, Д.Н. Анализ кинематических параметров движений в упражнении «подъем по штурмовой лестнице на четвертый этаж учебной башни» / Д.Н. Григоренко, К.К. Бондаренко, С.В. Шилько // Рос. журнал биомеханики. – 2012. – Т. 16, № 2 (56). – С. 95–106.
3. Кручинин, П.А. Об использовании свойств решений оптимальных механических задач при оценке эффективности движений человека. Материалы Всероссийской научно-практической конференции по вопросам спортивной науки в детско-юношеском спорте и спорте высших / П.А. Кручинин. – М.: ГКУ «ЦСТыСК» Москомспорта, 2016. – С. 189–195.
4. Рукина, Н.Н. Особенности биомеханических характеристик опороспособности и походки у пациентов с экзопротезом нижней конечности / Н.Н. Рукина, А.Н. Кузнецов, А.Н. Белова // Рос. журнал биомеханики. – 2014. – Т. 18, № 3 (65). – С. 389–397.
5. Ципин, Л.Л. Анализ движения общего центра масс легкоатлетов-спринтеров при старте / Л.Л. Ципин, М.А. Самсонов // Рос. журнал биомеханики. – 2013. – Т. 17, № 3 (61). – С. 122–130.
6. Brave steps to the future. <https://kinez.ru/en>.
7. Freedom Innovations Portfolio. <https://us.proteor.com/freedom-innovations-portfolio>.

8. Looney, D.P. *Metabolic Costs of Military Load Carriage over Complex Terrain* / D.P. Looney // *Military Medicine*. – 2018. – Vol. 183. – P. 357–362.
9. MTw Awinda. – <https://www.movella.com/products/wearables/xsens-mtw-awinda>.
10. Pandolf, K.B. *Metabolic energy expenditure and terrain coefficients for walking on snow* / K.B. Pandolf, M.F. Haisman, R.F. Goldman // *Ergonomics*. – 1976. – Vol. 19. – P. 683–690.
11. *Products and services from Ottobock*. <https://www.ottobock.com>.
12. *The Most Advanced Lower Limb Prosthetics in the World*– <https://www.blatchfordmobility.com>.
13. Voloshina, A.S. *Biomechanics and energetics of walking on uneven terrain* / A.S. Voloshina, A.D. Kuo, M.A. Daley // *Journal Experimental Biology*. – 2013. – Vol. 216. – P. 3963–3970.
14. *Welfare Equipment*. www.nabtesco.com/en/products/welfare.html.

References

1. Belyanin O.L., Smirnova L.M., Belyayev I.M. [Biomechanics of Walking of Disabled People with Short Stumps of the Thighs on Improved Prostheses]. *Vestnik gil'dii protezistov-ortopedov* [Bulletin of the Guild of Prosthetists and Orthopedists], 2003, no. 2, pp. 18–24. (in Russ.)
2. Grigorenko D.N., Bondarenko K.K., Shil'ko S.V. [Analysis of Kinematic Parameters of Movements in the Exercise Climbing the Assault Ladder to the Fourth Floor of the Training Tower]. *Rossiyskiy zhurnal biomekhaniki* [Russian Journal of Biomechanics], 2012, vol. 16, no. 2 (56), pp. 95–106. (in Russ.) DOI: 10.1134/S0036029512010041
3. Kruchinin P.A. [On the Use of Properties of Solutions to Optimal Mechanical Problems in Assessing the Effectiveness of Human Movements]. *Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii po voprosam sportivnoy nauki v detsko-yunosheskom sporte i sporte vysshikh* [Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference on Sports Science in Children's and Youth Sports and Higher Sports], 2016, pp. 189–195. (in Russ.)
4. Rukina N.N., Kuznetsov A.N., Belova A.N. [Features of Biomechanical Characteristics of Support Ability and Gait in Patients with Lower Limb Exoprosthesis]. *Rossiyskiy zhurnal biomekhaniki* [Russian Journal of Biomechanics], 2014, vol. 18, no. 3 (65), pp. 389–397. (in Russ.)
5. Tsipin L.L., Samsonov M.A. [Analysis of the Movement of the General Center of Mass of Track and Field Sprinters at the Start]. *Rossiyskiy zhurnal biomekhaniki* [Russian Journal of Biomechanics], 2013, vol. 17, no. 3 (61), pp. 122–130. (in Russ.)
6. Brave Steps to the Future. Available at: <https://kinez.ru/en>.
7. Freedom Innovations Portfolio. Available at: <https://us.proteor.com/freedom-innovations-portfolio>.
8. Looney D.P. *Metabolic Costs of Military Load Carriage over Complex Terrain*. *Military Medicine*, 2018, vol. 183, pp. 357–362. DOI: 10.1093/milmed/usx099.
9. MTw Awinda. Available at: <https://www.movella.com/products/wearables/xsens-mtw-awinda>.
10. Pandolf K.B., Haisman M.F., Goldman R.F. *Metabolic Energy Expenditure and Terrain Coefficients for Walking on Snow*. *Ergonomics*, 1976, vol. 19, pp. 683–690. DOI: 10.1080/00140137608931583
11. *Products and Services from Ottobock*. Available at: <https://www.ottobock.com>
12. *The Most Advanced Lower Limb Prosthetics in the World*. Available at: <https://www.blatchfordmobility.com>
13. Voloshina A.S., Kuo A.D., Daley M.A. *Biomechanics and Energetics of Walking on Uneven Terrain*. *Journal Experimental Biology*, 2013, vol. 216, pp. 3963–3970. DOI: 10.1242/jeb.081711
14. *Welfare Equipment*. Available at: www.nabtesco.com/en/products/welfare.html

Информация об авторах

Эрлих Вадим Викторович, доктор биологических наук, профессор, директор Института спорта, туризма и сервиса, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Епишев Виталий Викторович, директор научно-исследовательского центра спортивной науки, доцент кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

Сапожников Сергей Борисович, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник кафедры технической механики, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Information about the authors

Vadim V. Erlikh, Doctor of Biological Sciences, Professor, Director of the Institute of Sport, Tourism and Service, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Vitaly V. Epishev, Director of the Research Center for Sports Science, Associate Professor of the Department of Theory and Methods of Physical Education and Sports, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Sergey B. Sapozhnikov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of the Department of Technical Mechanics, 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 conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 20.08.2023

The article was submitted 20.08.2023

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОТЕЗОВ СТОПЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

С.Л. Сашенков¹, sashensl@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6007-1041>
А.Н. Панасенко², a_panasenko@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1125-3946>
А.А. Епишева³, epishevaaa@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3225-0373>
Ф.В. Меркульев³, fvmerkulyev@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-3160-577X>
Я.В. Бурнашов³, yaroslav.burnashov1337@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8978-5526>
А.А. Пискаев³, aleksander.piskaev@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2199-6893>

¹ Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, Россия

² Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, Россия

³ Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

Аннотация. Цель: определение перспективных направлений в проектировании протезов стопы нового поколения. **Материалы и методы.** С использованием баз данных Scopus, Web of Science и Google Scholar проведен анализ и обобщение современных подходов к проектированию протезов голени. Акцент был сделан на применяемые технологии изготовления, материалы и научно-технологические подходы, приводящие к снижению стоимости конечного изделия при сохранении высоких потребительских свойств. **Результаты.** Разработанные ранее 2000-х годов протезы стопы SACH (Solid Ankle Cushion Heel) предназначались преимущественно для восстановления вертикальной устойчивости и базовой ходьбы и представляли собой простейшую конструкцию, изготовленную из дерева или пластика, окруженную сжимаемым пеноуретаном. Эволюцией протезов стопы SACH являются протезы по технологии Energy-Storing-and-Returning (ESR), подразделяемые на Early ESR, Advanced ESR и Articulated ESR. С начала 2000-х годов начались разработки бионических протезов (bionic feet) или активных и гибридных адаптивных протезов стопы. Наиболее перспективным, на наш взгляд, является дальнейшее совершенствование протезов (ESR) с применением различных подходов – внесение конструктивных изменений (добавление имитации суставов пальцев стопы), поиск недорогих альтернатив углепластику (трехмерная печать нейлоновой нитью, армированной углеволокном), возможность индивидуализации протеза (новая методология проектирования с одним (one-keel) или несколькими киями (Multi-Keel)). **Заключение.** Наиболее перспективным направлением улучшения потребительских свойств и снижения стоимости протезов голени является разработка новых подходов к их проектированию. Научно-технологический задел должен формироваться, исходя из принципов персонализированной медицины с применением композитных материалов, обеспечивающих близкие по параметрам функции здоровой стопы.

Ключевые слова: протез голени, композитный материал, проектирование, углеволокно, нейлон

Благодарности. Работа выполнена в рамках госзадания Министерства науки и высшего образования РФ FENU-2023-0017 (2023217ГЗ).

Для цитирования: Анализ перспективных направлений в проектировании протезов стопы нового поколения / С.Л. Сашенков, А.Н. Панасенко, А.А. Епишева и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 4. С. 155–162. DOI: 10.14529/hsm230419

ANALYSIS OF OPPORTUNITIES FOR THE DEVELOPMENT OF A BRAND-NEW PROSTHETIC FOOT

S.L. Sashenkov¹, sashensl@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6007-1041>
A.N. Panasenko², a_panasenko@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1125-3946>
A.A. Episheva³, epishevaaa@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3225-0373>
F.V. Merkulyev³, fvmerkulyev@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-3160-577X>
Ya.V. Burnashov³, yaroslav.burnashov1337@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8978-5526>
A.A. Piskaev³, aleksander.piskaev@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2199-6893>

¹ South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia

² Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russia

³ South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Abstract. Aim. To identify opportunities for the development of a brand-new prosthetic foot. **Materials and methods.** Based on the data from Scopus, Web of Science, and Google Scholar, the paper provides a review of modern approaches to prosthetic design. Attention was focused on production technologies, materials, and scientific approaches that reduce the price of the finished product while preserving its consumer properties. **Results.** Before 2000, the SACH foot (Solid Ankle Cushion Heel) was mainly used for restoring vertical balance and basic gait patterns and was provided as a simple construction made of wood or plastic and surrounded by compressed urethane foam. The SACH technology evolved into ESR (Energy-Storing-and-Returning), including early ESR, advanced ESR, and articulated ESR. Starting in the 00s, bionic feet and active/hybrid adaptive foot prostheses have been actively developed. The most promising field of study, in our opinion, is further improvement of ESR prostheses through constructive changes (such as imitation of toes), the search for low-cost alternatives to carbon-fiber-reinforced polymers (nylon 3D printing with carbon fiber-reinforced nylon), prosthesis customization (one-keel or multi-keel prostheses). **Conclusion.** The most promising way to improve consumer properties and reduce costs is through the development of new approaches to prosthetic design. Scientific and technological foundations should be formed with respect to the principles of personified medicine and using composite materials that provide parameters close to a healthy foot.

Keywords: ankle prosthesis, composite material, design, carbon fibers, nylon

Acknowledgements. This work was accomplished as part of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation FENU-2023-0017 (2023217Г3).

For citation: Sashenkov S.L., Panasenko A.N., Episheva A.A., Merkulyev F.V., Burnashov Ya.V. Analysis of opportunities for the development of a brand-new prosthetic foot. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(4):155–162. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230419

Введение. Люди с ампутациями нижних конечностей сталкиваются со значительными трудностями при повседневном передвижении. Это нарушение по разным данным затрагивает от 37 до 55,7 млн человек во всем мире, причем наибольшее количество ампутаций приходится на Азию [4]. Высокая социальная значимость определяет и значительный научный интерес к разработке новых технологий и подходов к проектированию протезов конечностей. Так, по данным Shi Q-Q в период с 1 января 2000 г. по 31 октября 2022 г. было опубликовано 1827 публикаций по данной тематике, причем количество статей удвоилось в период с 2000 по 2008 г., в период с 2009 по 2022 г. наблюдался их стабильный рост [11].

Цель исследования – определение перспективных направлений в проектировании протезов стопы нового поколения.

Материалы и методы. С использованием баз данных Scopus, Web of Science и Google Scholar нами проведен анализ и обобщение современных подходов к проектированию протезов голени. Акцент был сделан на применяемые технологии изготовления, материалы и научно-технологические подходы, приводящие к снижению стоимости конечного изделия при сохранении высоких потребительских свойств.

Результаты. Стопа человека состоит из сложных суставов, что затрудняет разработку протеза стопы, который мог бы имитировать

биомеханику голеностопного сустава. Она состоит из трех сводов: поперечного свода, продольного свода (латерального и медиального), содержит сухожилия, связки и мышцы, обеспечивая ее функциональность [6, 12].

Разработанные ранее 2000-х годов протезы стопы SACH (Solid Ankle Cushion Heel) предназначались преимущественно для восстановления вертикальной устойчивости и базовой ходьбы и представляли собой простейшую конструкцию, изготовленную из дерева или пластика, окруженную сжимаемым пеноуретаном (рис. 1). Стопа SACH является наиболее часто используемым традиционным протезом стопы, который является отраслевым стандартом с 1980 года. Применение стоп SACH имеет ряд ограничений, может быть рекомендовано с ограниченной двигательной активностью, но она все еще используется из-за ее долговечности, доступности, меньшей стоимости и возможности использования [8].

Эволюцией протезов стопы SACH являются протезы по технологии Energy-Storing-and-Returning (ESR) (рис. 2–4), которые по данным Chiriас O.A. и Bucur D. можно подразделить на Early ESR, Advanced ESR и Articulated ESR [3].

Протезы SACH и ESR позволяют использовать только энергию, генерируемую самим человеком с ампутированной конечностью, чтобы имитировать функции здоровой стопы и голеностопного сустава.

С начала 2000-х годов начались активные разработки бионических протезов (bionic feet) (рис. 5) или активных и гибридных адаптивных протезов стопы.

Аппаратную конструкцию адаптивных протезов стопы можно разделить на несколько категорий, которые классифицируются по способу приведения в действие, степени свободы и типам приводов, на основе метода передачи энергии, метода регенерации энергии и метода крепления к остаточной конечности [12]:

1. Принцип срабатывания – в зависимости от метода источника энергии. В отличие от пассивных протезов активные протезы приводятся в действие с помощью внешних источников питания. Большинство современных адаптивных протезов стопы сочетают как с пассивными, так и с активными суставами, что повышает эффективность использования энергии во время ходьбы через пассивные суставы.

2. Количество суставов с внешним приводом.



Рис. 1. Конструкции протезов стоп, изготовленных по технологии SACH (Solid Ankle Cushion Heel)
Fig. 1. SACH foot



Рис. 2. Конструкции протезов стоп, изготовленных по технологии Early ESR (Early Energy-Storing-and-Returning)
Fig. 2. Early ESR foot



Рис. 3. Конструкции протезов стоп, изготовленных по технологии Advanced ESR (Advanced Energy-Storing-and-Returning)
Fig. 3. Advanced ESR foot



Рис. 4. Конструкции протезов стоп, изготовленных по технологии Articulated ESR (Articulated Energy-Storing-and-Returning)
Fig. 4. Articulated ESR foot



Рис. 5. Конструкции протезов стоп, изготовленных по технологии бионических протезов или активных и гибридных адаптивных протезов стопы.
Fig. 5. Bionic feet or active/hybrid adaptive foot prostheses

3. Типы приводов – бесщеточные двигатели, сервоприводы и т. п.

4. Принцип передачи энергии – использование зубчатых, цепных, ременных передач, рычажных механизмов, тросовых приводов.

5. Принцип регенерации энергии – наличие или отсутствие механизма рекуперации

энергии в различных технических комбинациях.

6. Способ крепления – использование соединения по типу «лодыжка – стопа» или пирамидального адаптера.

Несмотря на развитие конструкции протезов стоп, для восстановления подвижности

после перенесенной ампутации люди чаще всего используют пассивные протезы стоп, такие как протезы ESR или более распространенные и традиционные протезы SACH. Стопы SACH остаются наиболее широко используемыми и распространенными протезами в мире благодаря простоте изготовления и низкой стоимости [7]. Например, реализуемый проект Open-source Leg [1] создания бионической ноги имеет открытый исходный код, содержит интегрированное аппаратное решение с программным обеспечением для низкоуровневого управления и связи с системами управления (рис. 6). Однако даже в этом случае стоимость составляет 19 тыс. долларов США, что недоступно для большинства людей.

Наиболее перспективным, на наш взгляд, является дальнейшее совершенствование протезов с накоплением и возвратом энергии (ESR), так как было доказано, что они обеспечивают более высокие потребительские преимущества и повышают эффективность ходьбы по сравнению с традиционными стопами SACH [2, 14].

Существуют различные подходы к совершенствованию протезов ESR – внесение конструктивных изменений, поиск недорогих альтернатив углепластику с возможностью индивидуализации протеза. McDonald с соавт. предложили изменение в конструкцию к пассивному протезу стопы, заключающееся в

добавлении имитации суставов пальцев [5] (рис. 7).

Исследование данной конструкции показало, что во время ходьбы на беговой дорожке у участников наблюдалось снижение энергозатрат в толчковой фазе на 10–16 % по сравнению с обычно используемым протезом ESR.

V. Prost с соавт. предложили иной подход к созданию индивидуального, недорогого и массового протеза стопы ESR, обеспечивающего здоровую походку и качество жизни инвалидов в странах с низким и средним уровнем дохода [9]. Данный подход базируется на новой методологии проектирования – «модель ошибки траектории голени» (LLTE) – это математическая модель эталонного набора кинетических и кинематических данных ходьбы, которая масштабируется в соответствии с характеристиками тела человека (массой, ростом и длиной стопы). На основании расчетов появляется возможность детерминированно проектировать протезы для конкретного пользователя путем количественной связи механических характеристик протеза стопы с походкой человека с ампутированной конечностью (рис. 8). Высота протеза стопы была выбрана таким образом, что его высота и длина культи голени оставалась ниже длины голени испытуемого.



Механически обработанные детали (Great Light)	~9000\$
Приводы и энкодеры (Dephy Inc)	~6900\$
Ремни (SDPSI)	~100
Подшипники и крепежные детали (McMaster-Carr)	\$ ~800
Валы (Misumi)	\$ ~20\$
Угловые подшипники (Motion Industries)	~700
Батареи и корпус (Amazon)	\$ ~400
Магниты (K&J)	\$ ~100
Стоимость доставки	\$ ~500
Общая стоимость	\$ ~19000\$

Рис. 6. Проект создания бионической ноги с открытым исходным кодом Open-source Leg

Fig. 6. Bionic foot – open-source leg design

Дальнейшие исследования V. Prost с соавт. показали, что данные протезы (one-keel, однокилевые) не обеспечивают необходимой долговечности [10]. На основании «модели ошибки траектории голени» (LLTE) они разработали параметрическую модель стопы с несколькими киями (Multi-Keel) (рис. 9).

В обоих случаях материалом протезов был выбран нейлон 6/6 из-за его низкой стоимости и высокой энергии деформации (плотность $\rho \approx 2,4 \cdot 10^3$ Дж/кг) и простота изготовления. Характеристики материала, включенные в «модель ошибки траектории голени» (LLTE):

- модуль упругости $E = 2,51$ ГПа;
- предел текучести при растяжении $\sigma = 82,7$ МПа;
- модуль упругости при изгибе $E_f = 3,15$ ГПа;
- предел текучести при изгибе $\sigma_f = 92,0$ МПа;
- коэффициент Пуассона $\nu = 0,41$;
- плотность $\rho = 1130$ кг/м³.

Исследование данной конструкции показало, что она на 76 % более эффективна, проходит нагрузочные тестирования на долговечность и экономически является более эффективной.

В исследовании Н.Н. Warder с соавт. [13] был применен метод трехмерной печати протезов голени. Полученная физическая модель из нейлоновой нити армировалась углеволокном для придания ей свойств, характерных для протезов с накоплением и возвратом энергии (ESR) стоимостью более двух тысяч долларов США (рис. 10). Конечная стоимость моделей не превышала 200 долларов США.

По результатам испытаний на сервогидравлической машине Instron 1321 трехмерно напечатанные ступни достигли энергетических профилей, которые были аналогичны, а в некоторых случаях даже предпочтительнее энергетическим профилям Renegade MX. Профили жесткости трехмерно напечатанных ножек широко варьировались и во многом

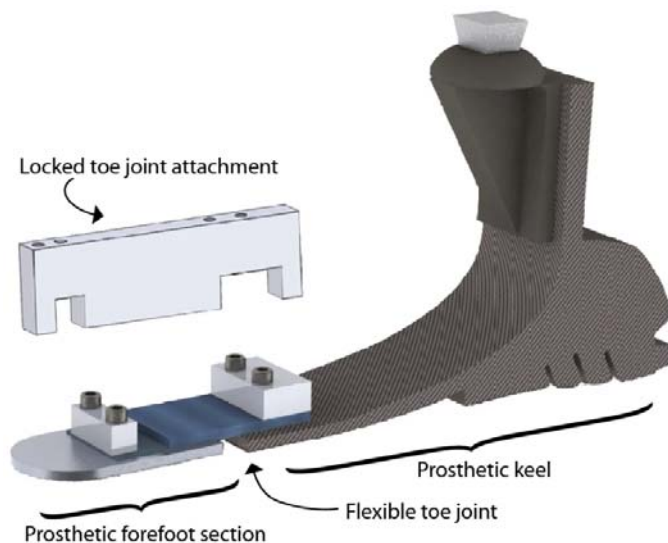


Рис. 7. Пассивный протез стопы с имитацией суставов пальцев
Fig. 7. Passive foot prosthesis with toe joints

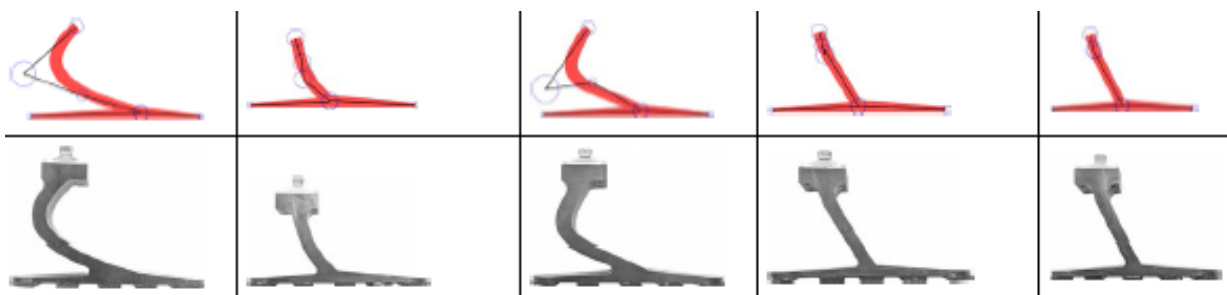


Рис. 8. Пример индивидуального проектирования протеза стопы согласно «модели ошибки траектории голени» (LLTE)
Fig. 8. Customized foot prostheses designed with lower leg trajectory error (LLTE)

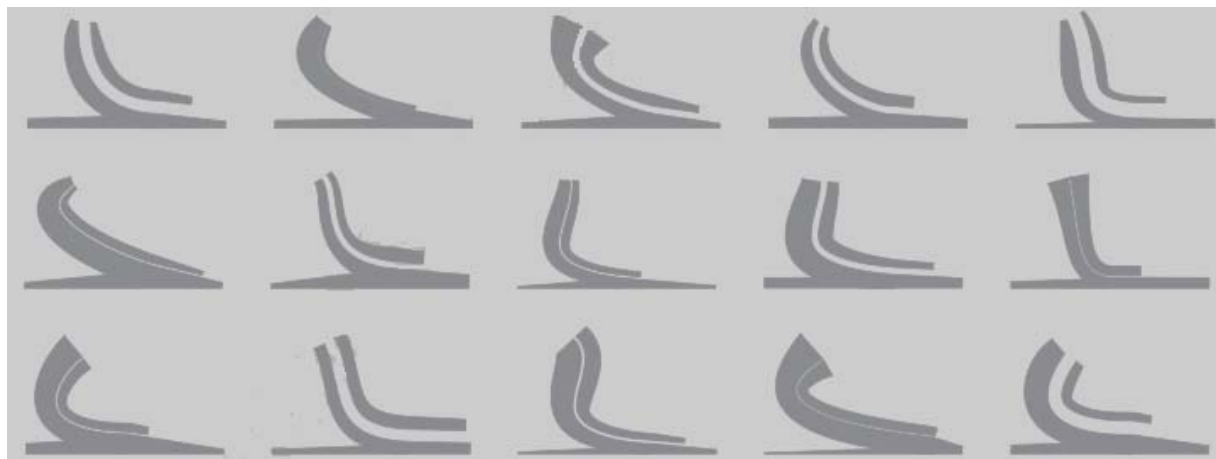


Рис. 9. Пример индивидуального проектирования протеза стопы с несколькими киями (Multi-Keel) согласно «модели ошибки траектории голени» (LLTE)
Fig. 9. Examples of a customized multi-keel prosthesis with LLTE



Рис. 10. Пример применения метода трехмерной печати протезов голени с армированием углеволокном
Fig. 10. Examples of 3D-printed carbon fiber-reinforced prostheses

зависели от конструкции, а также от количества и расположения армирующих волокон.

Заключение. Таким образом, наиболее перспективным направлением улучшения потребительских свойств и снижения стоимости протезов голени является разработка новых

подходов к их проектированию. Научно-технологический задел должен формироваться, исходя из принципов персонализированной медицины с применением композитных материалов, обеспечивающих близкие по параметрам функции здоровой стопы.

Список литературы / References

1. Azocar A.F., Mooney L.M., Duval J.F. et al. Design and Clinical Implementation of an Open-Source Bionic Leg. *Nat Biomedical Eng.*, 2020, no. 4, pp. 941–953. DOI: 10.1038/s41551-020-00619-3
2. Barr A.E. Biomechanical Comparison of the Energy-Storing Capabilities of SACH and Carbon Copy II Prosthetic Feet During the Stance Phase of Gait in a Person with Below-Knee Amputation. *Physical Therapy*, 1992, no. 72, pp. 344–354. DOI: 10.1093/ptj/72.5.344
3. Chiriac O.A., Bucur D. From Conventional Prosthetic Feet to Bionic Feet. A Review. *Proceedings of the International Conference of Mechatronics and Cyber-MixMechatronics*, 2020, vol. 143. DOI: 10.1007/978-3-030-53973-3_14
4. McDonald C.L., Westcott-McCoy S., Weaver M.R. Global Prevalence of Traumatic Non-Fatal Limb Amputation. *Prosthet. Orthot. Int.*, 2021, 0309364620972258.
5. McDonald K.A., Teater R.H., Cruz J.P. et al. Adding a toe Joint to a Prosthesis: Walking Biomechanics, Energetics, and Preference of Individuals with Unilateral Below-Knee Limb Loss. *Science Rep.*, 2021, 1924 p. DOI: 10.1038/s41598-021-81565-1
6. Muscolino J.E. *Kinesiology-E-Book: The Skeletal System and Muscle Function*. Elsevier Health Sciences, 2010.
7. Organization W.H. World Report on Disability: Standards for Prosthetics and Orthotics. *Technical Report*, 2017, 214 p.
8. Ottobock Homepage, Sach Foot. Available at: https://www.ottobock.co.uk/prosthetics/info_for_new_amputees/prosthetic-technologyexplained/about_feet/index.html (accessed 12.05.2020).

9. Prost V., Johnson W.B., Kent J.A. et al. Biomechanical Evaluation Over Level Ground Walking of User-Specific Prosthetic Feet Designed Using the Lower Leg Trajectory Error Framework. *Science Rep.*, 2022, vol. 12, p. 5306. DOI: 10.1038/s41598-022-09114-y

10. Prost V., Peterson H.V., Winter V.A.G. Multi-Keel Passive Prosthetic Foot Design Optimization Using the Lower Leg Trajectory Error Framework. *Journal of Mechanisms and Robotics*, 2023, vol. 15, no. 4, 041001. DOI: 10.1115/1.4055107

11. Shi Q.-Q., Yick K.-L., Wu J. et al. A Scientometric Analysis and Visualization of Prosthetic Foot Research Work: 2000 to 2022. *Bioengineering*, 2023, vol. 10, no. 10, p. 1138. DOI: 10.3390/bioengineering10101138

12. Thilina H.W., Lalitharatne Thilina Dulantha, Gopura R.A.R.C. Adaptive Foot in Lower-Limb Prosthesis. *Journal of Robotics*, 2017, vol. 2017, art. 9618375. DOI: 10.1155/2017/9618375

13. Warder H.H., Fairley I.I.I., Coutts J.K. et al. Examining the Viability of Carbon Fiber Reinforced Three-Dimensionally Printed Prosthetic Feet Created by Composite Filament Fabrication. *Prosthetics and Orthotics International*, 2018, vol. 42, no. 6, pp. 644–651. DOI: 10.1177/0309364618785726

14. Wezenberg D., Cutti A.G., Bruno A. et al. Differentiation between Solid-Ankle Cushioned Heel and Energy Storage and Return Prosthetic Foot Based on Step-to-Step Transition Cost. *Journal Rehabilitation Research Dev.*, 2014, vol. 51, pp. 1579–1590. DOI: 10.1682/JRRD.2014.03.0081

Информация об авторах

Сашенков Сергей Львович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой нормальной физиологии имени академика Ю.М. Захарова, Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, Россия.

Панасенко Александр Николаевич, доцент кафедры физической культуры и спорта, Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, Россия.

Епишева Алина Азатовна, преподаватель кафедры физического воспитания и здоровья, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Меркульев Федор Владимирович, лаборант-исследователь управления научно-исследовательской деятельности, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Бурнашов Ярослав Владимирович, студент кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Пискаев Александр Александрович, аспирант кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Information about the authors

Sergey L. Sashenkov, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Academician Zakharov Department of Normal Physiology, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia.

Alexander N. Panasenko, Associate Professor of the Department of Physical Education and Sport, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russia.

Alina A. Episheva, Lecturer, Department of Physical Education and Health, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Fedor V. Merkulyev, Laboratory Assistant, Department of Scientific Research Activities, 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.

Alexander A. Piskaev, Graduate Student of the Department of Theory and Methods of Physical Culture and Sports, 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 conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 11.07.2023

The article was submitted 11.07.2023

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОТЕЗА КОЛЕННОГО СУСТАВА ИЗ КОМПОЗИТОВ

С.Б. Сапожников, sapozhnikovsb@susu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7022-4865>
А.В. Безмельницын, bezmelnitcynav@susu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3203-6943>
М.В. Жихарев, zhikharevmv@susu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6908-5768>
В.В. Епишев, epishevuv@susu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7284-7388>
В.В. Эрлих, erlih-vadim@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4416-1925>
Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

Аннотация. Цель: разработка новой конструкции четырёхзвенного механического протеза коленного сустава из композитных материалов. **Материалы и методы.** С использованием инерциального комплекса захвата движений Xsens были получены результаты реакции опоры при ходьбе на тредбане со скоростью 3 км/ч (добровольцы в норме и с протезом). Из тканевого стеклопластика на основе эпоксидной смолы, который был основным материалом стержневых элементов протеза, изготовлен образец для испытаний стержневых элементов. 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. **Результаты.** В работе предложена новая конструкция четырёхзвенного механического протеза коленного сустава из композитных материалов. 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 два–три раза меньший, чем у аналога. Это позволяет рассматривать композитные материалы в качестве перспективных при изготовлении новых образцов коленных протезов.

Ключевые слова: протез коленного сустава, тканевый стеклопластик, стержневой элемент, напряжённо-деформированное состояние

Благодарности. Работа выполнена в рамках госзадания Министерства науки и высшего образования РФ FENU-2023-0017 (2023217ГЗ).

Для цитирования: 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

Original article
DOI: 10.14529/hsm230420

DESIGN OF KNEE JOINT PROSTHETIC ELEMENTS MADE OF COMPOSITES

S.B. Sapozhnikov, sapozhnikovsb@susu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7022-4865>
A.V. Bezmelnitsyn, bezmelnitsynav@susu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3203-6943>
M.V. Zhikharev, zhikharevmv@susu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6908-5768>
V.V. Epishev, epishevsv@susu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7284-7388>
V.V. Erlikh, erlih-vadim@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4416-1925>
South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Abstract. Aim. To develop an innovative four-bar mechanical knee-joint prosthesis made of composites. **Materials and methods.** Ground reaction force measurements were taken with the Xsens motion capture system, involving a healthy volunteer and an individual with a prosthetic leg walking on a treadmill at 3 km/h. The specimen of epoxy resin fiberglass was used for bar testing. A 3D model of the Total Knee 1000/2000 knee joint prosthesis (Össur, Iceland) was generated using the SolidWorks package. Mechanical testing of a bar element was carried out with the Instron 5900R, and stress-strain analysis of both the model specimen and the 3D knee joint prosthesis was conducted using the finite element method (ANSYS package). **Results.** A new construction of a four-bar mechanical knee-joint prosthesis made of composites was proposed. Based on the data obtained from individuals walking on a treadmill at 3 km/h, the study shows that the prosthesis experiences significant compressive loads only in the heel-to-toe phase. In this case, the load on the prosthesis can be twice the weight of a person. The new design of the knee prosthesis involves the use of high-strength fiberglass in the bar elements instead of the expensive titanium and aluminum alloys of a similar prosthesis from Össur (Iceland). Calculation of loads in prosthetic elements and experiments on model specimens show that new bar elements can have a weight two to three times less than that of the analogue. This allows us to consider composites as promising for the manufacture of new specimens of knee prostheses.

Keywords: knee joint prosthesis, fiberglass, bar element, stress-strain behavior

Acknowledgements. This work was accomplished as part of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation FENU-2023-0017 (2023217Г3).

For citation: Sapozhnikov S.B., Bezmelnitsyn A.V., Zhikharev M.V., Epishev V.V., Erlikh V.V. Design of knee joint prosthetic elements made of composites. *Human. Sport. Medicine*. 2023;23(4):163–171. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230420

Введение. Протезы коленных суставов в мировой практике разделяют на два вида: механические одно- и многоосевые [2, 6, 7] и компьютеризованные [3–5]. В многоосевых механизмах выделяют фазу стояния и упругой реакции на сгибание с настройкой демпфирования при разгибании колена. Компьютеризованные (с микропроцессором) протезы позволяют управлять, по сути, лишь демпфированием при разгибании, настраивая механизм на специфический темп ходьбы.

Опыт эксплуатации протезов колена показывает, что механические протезы получили наибольшее распространение на практике ввиду меньшей цены и простоты обслуживания. Инвалиды отмечают, что масса протеза существенна для них и высказывают пожелания иметь более лёгкие протезы [1–5] (рис. 1).

При ампутации ноги выше колена человек становится инвалидом, у которого главная цель – стать независимым в бытовых условиях: передвигаться по дому (или за его пределами) самостоятельно, с минимальным использованием костылей, палок, ходунков и др. Поскольку ни механический, ни микропроцессорный протезы не имеют собственных источников энергии и автономных приводов в шарнирных сопряжениях, подниматься из положения лёжа или сидя инвалид вынужден с помощью рук или с использованием костылей. Далее, при ходьбе, человек управляет протезом лишь силами инерции и мышцами тазобедренного сустава.

Цель исследования – разработка новой конструкции четырёхзвенного механического протеза коленного сустава из композитных материалов.



Рис. 1. Протезы колена поли- и моноцентрические механические
Fig. 1. Poly- and monocentric mechanical knee joint prostheses

Материалы и методы. В настоящей работе мы предприняли попытку разработать стержневые элементы четырёхзвенного механического протеза из стеклопластика на основе эпоксидной смолы и стеклоткани типа Е. С использованием инерциального комплекса захвата движений Xsens [1] в ЮУрГУ были выполнены эксперименты на добровольцах в норме и с протезом ноги выше колена (ходьба на тредбане со скоростью 3 км/ч). Основным материалом стержневых элементов протеза принят тканевый стеклопластик на основе эпоксидной смолы ЭТАЛ Инжект [7] и ткани полотняного переплетения из волокон Е-стекла с поверхностной плотностью 200 г/м² [8]. Для анализа напряжённо-деформированного состояния модельного образца и трёхмерной модели протеза коленного сустава был использован метод конечных элементов (пакет ANSYS).

Результаты. На рис. 2 представлены результаты реакции опоры при ходьбе, что позволяет оценить усилия, прикладываемые к опорной поверхности со стороны ног (графики усилий приведены с отметкой веса человека) [1].

Получено, что усилия на опорную ногу в норме или с протезом могут в 1,5...2 раза превышать вес человека, что должно учитываться при проектировании протеза.

В процессе производства стержневых элементов протеза ткани укладывали в пакет толщиной 4 мм и пропитывали смолой мето-

дом вакуумной инфузии. Отверждение производили при комнатной температуре в течение 24 ч с постотверждением при 100 °С в течение 4 ч.

Поскольку стеклопластик является анизотропным материалом, по-разному сопротивляющимся растяжению, сжатию и смятию, из готовых пластин были вырезаны тестовые детали размером 77 × 20 × 4 мм с отверстиями диаметром 12 мм для испытаний на растяжение и сжатие через стальные штифты (рис. 3, 4).

Эти детали моделировали стержневые элементы протеза колена для получения данных о величине допустимых напряжений в зоне приложения нагрузки, т. е. к контуру отверстия.

Механические испытания проведены на машине Instron 5900R.

В результате механических испытаний были получены диаграммы растяжения и сжатия/смятия (рис. 5).

При приложении растягивающего усилия предел деформирования имеет место при нагрузке $P_p = 8,70$ кН, а при сжатии/смятии $P_{см} = 15,3$ кН (стрелки на рис. 5). Причина различия усилий в том, что при растяжении деформируется более тонкая часть образца и разрушение происходит в наиболее узкой части поперечного сечения. При сжатии разрушение происходит под штифтом, механизм иной – расщепление (смятие) материала (рис. 6).

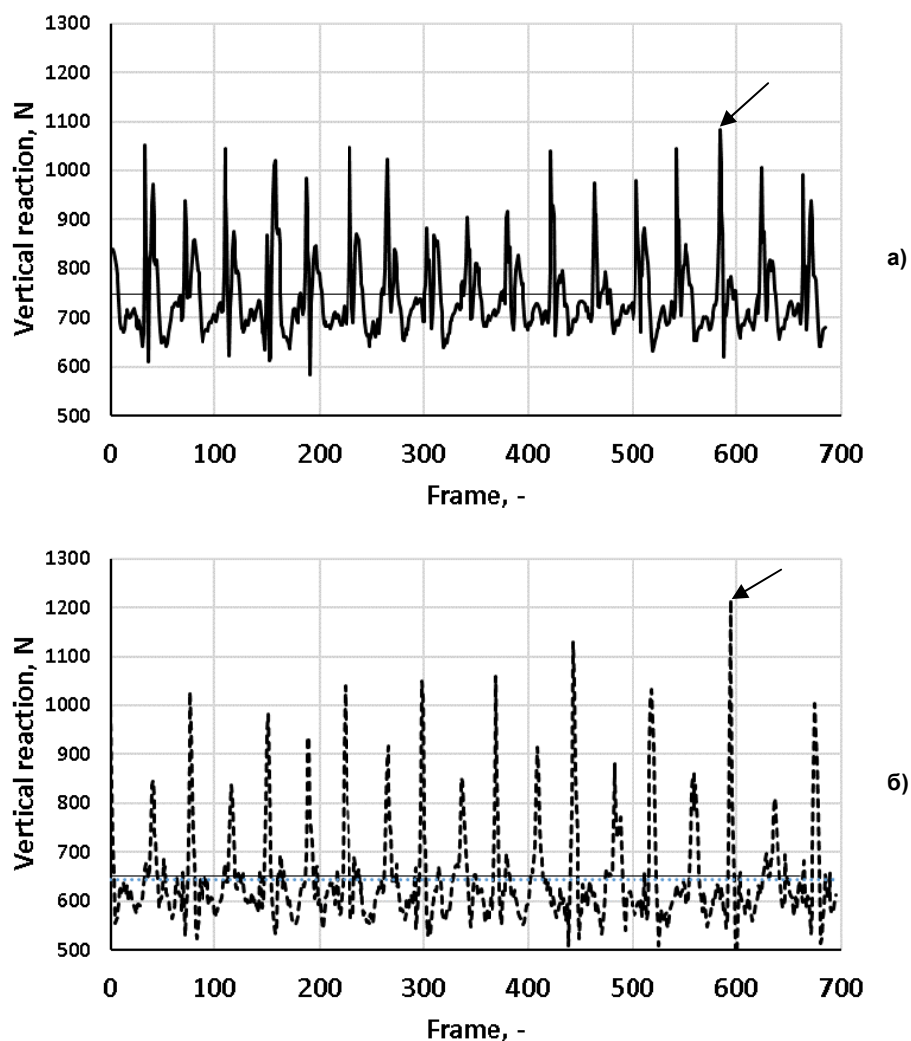


Рис. 2. Реакция опоры при ходьбе человека в норме (а) весом 75 кг и с протезом (б) весом 65 кг. Стрелки – максимальные нагрузки
Fig. 2. Ground reaction force measurements in an apparently healthy individual (a) weighing 75 kg and another with the prosthesis (b) weighing 65 kg. Arrows – max loads

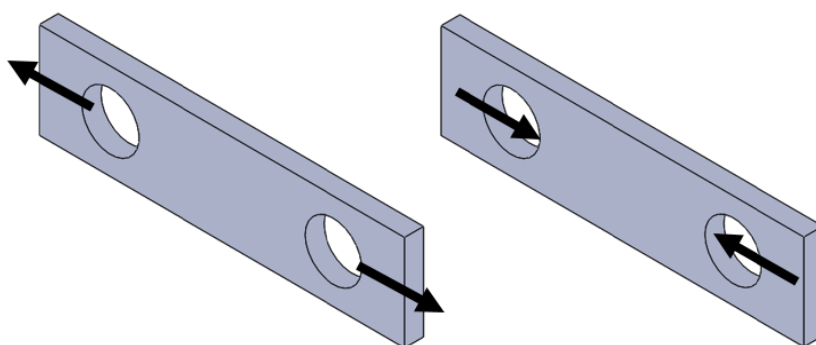


Рис. 3. Образцы для испытаний стержневых элементов протеза
Fig. 3. Specimens for bar testing

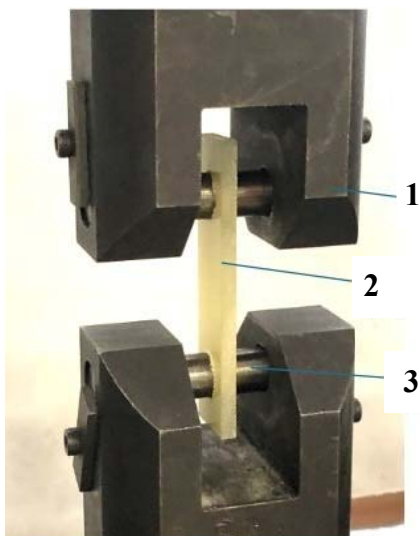


Рис. 4. Образец в нагрузочном приспособлении:
1 – захваты, 2 – образец, 3 – штифт
Fig. 4. A specimen in the universal testing machine:
1 – grips; 2 – test specimen; 3 – pin

Поскольку человек при ходьбе совершает миллионы циклов нагружения, важно обеспечить достаточную долговечность силовых элементов протеза. При испытаниях на усталость авторы установили, что предел выносливости тканевого стеклопластика (неограниченная долговечность) при нагружении вдоль волокон составляет около 20 % от предела прочности.

Таким образом, испытания на образцах с отверстиями могут дать основу для эскизного проектирования стержневых элементов протеза. Важно иметь предельно допускаемые напряжения при растяжении $[\sigma_p]$ и смятии $[\sigma_{см}]$:

$$[\sigma_p] = 0,2 \frac{P_p}{(B-d)t}, [\sigma_{см}] = 0,2 \frac{P_{сж}}{dt}, \quad (1)$$

где $B = 20$ мм – ширина образца, $d = 12$ мм – диаметр штифта, а $t = 4$ мм – толщина образца.

Получено $[\sigma_p] = 0,2 \cdot 8700 / (20 - 12) \cdot 4 \approx 64$ МПа,

$[\sigma_{см}] = 0,2 \cdot 15300 / (12 \cdot 4) \approx 64$ МПа.

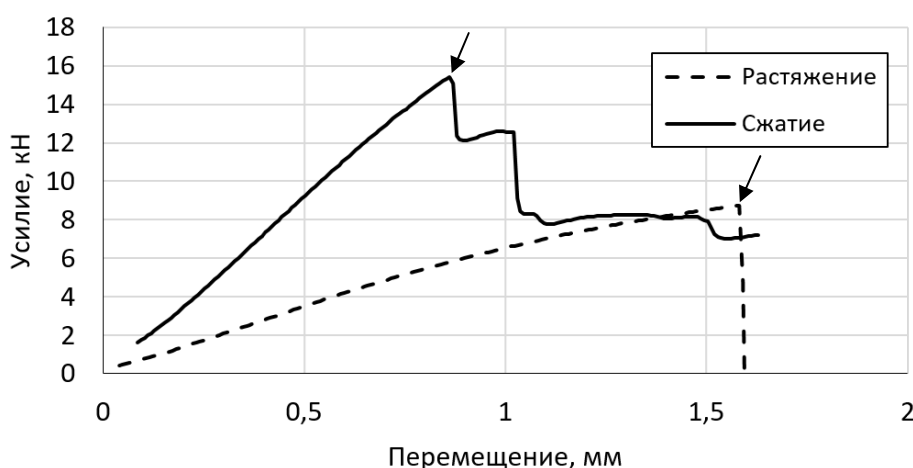


Рис. 5. Диаграммы растяжения и сжатия/смятия образца
для испытаний стержневых элементов протеза
Fig. 5. Diagrams of the tension and compression of a specimen for bar testing

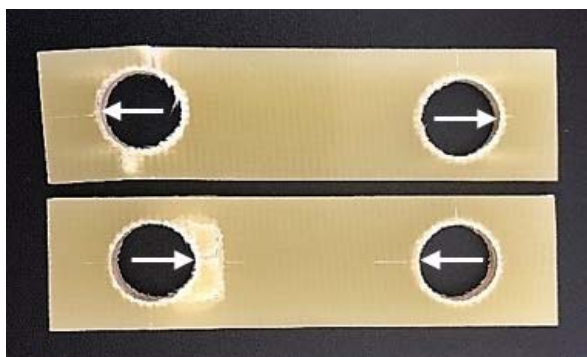


Рис. 6. Модельные образцы
после растяжения и сжатия/смятия
Fig. 6. Model specimens
after tension and compression

Таким образом, детали простой геометрии можно проектировать с использованием (1). Для более сложных деталей необходим расчёт напряжённо-деформированного состояния методом конечных элементов, для которого нужна информация о предельных местных напряжениях.

Был проведен анализ напряжённо-деформированного состояния модельного образца. Для оценки местных напряжений с помощью метода конечных элементов (пакет ANSYS) в зоне контакта трёхмерная модель (рис. 7) была нагружена через стальную шайбу соответствующими усилиями $P_p = 8,7$ кН и $P_{см} = 15,3$ кН.

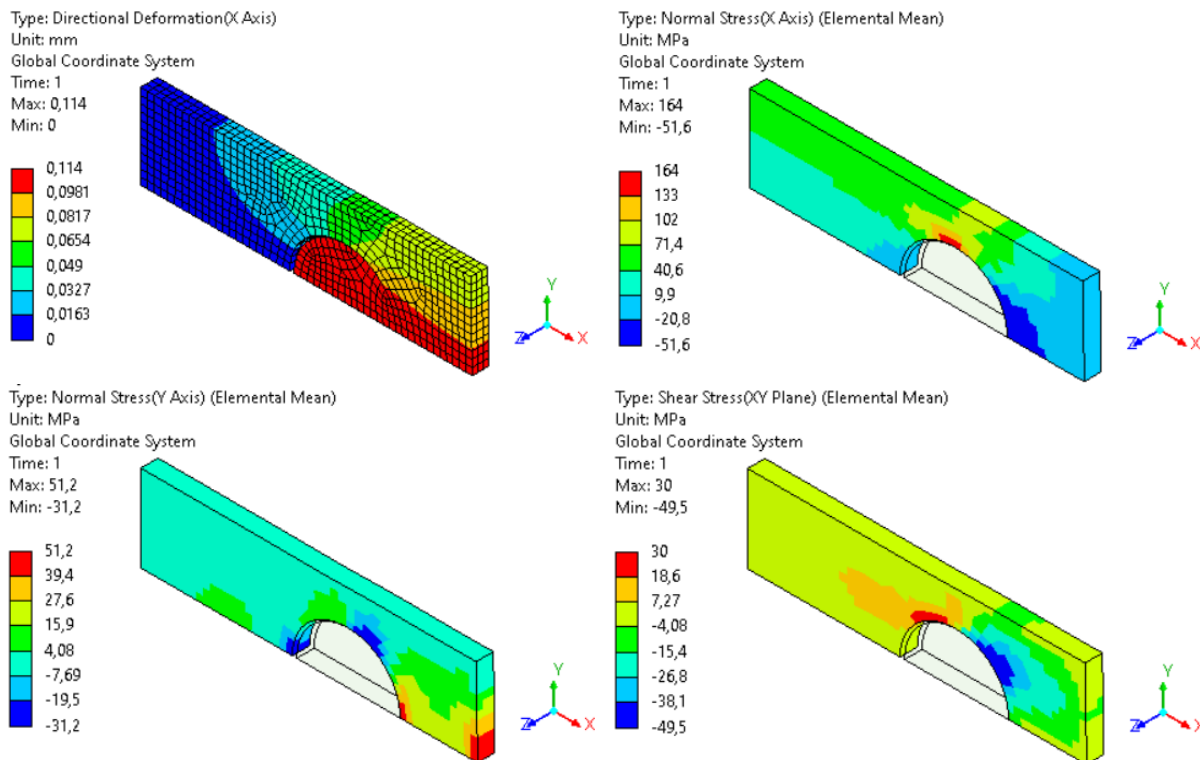


Рис. 7. Картины перемещений и напряжений в зоне контакта при растяжении
 Fig. 7. Displacements and stresses in the contact area during tension testing

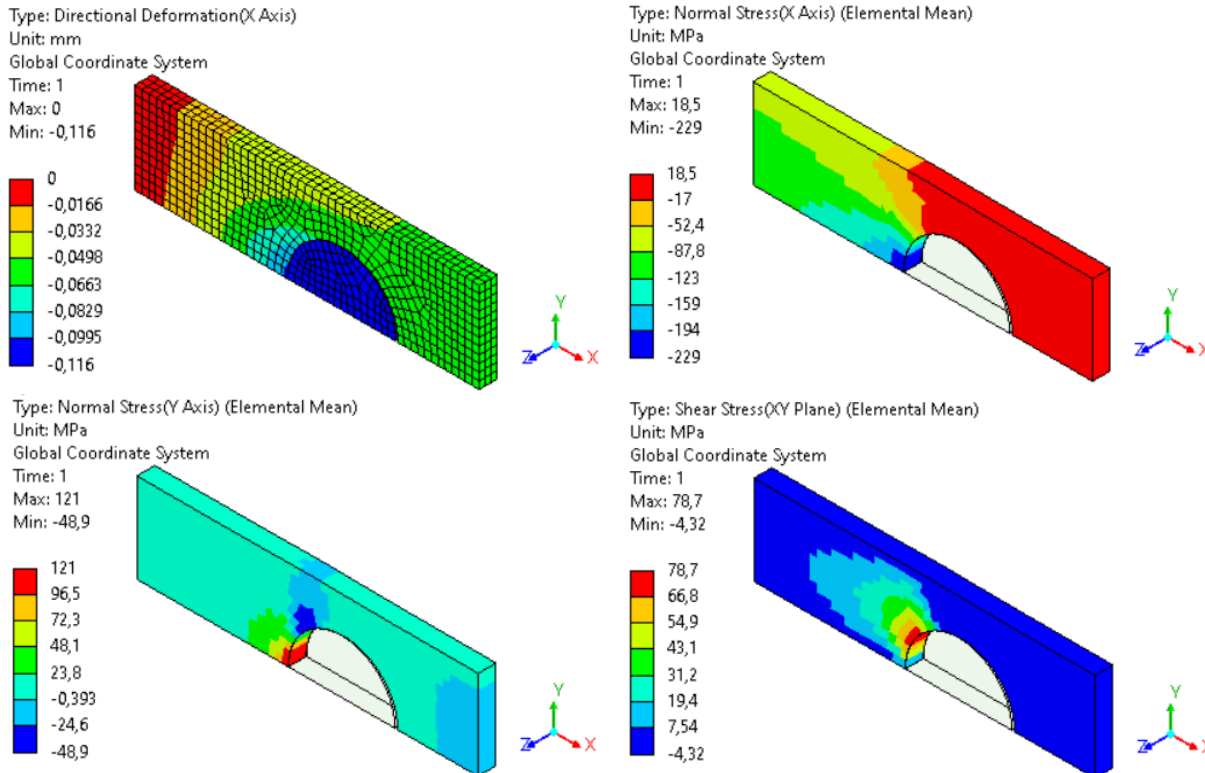


Рис. 8. Картины перемещений и напряжений в зоне контакта при сжатии
 Fig. 8. Displacements and stresses in the contact area during compression testing

Результаты расчёта напряженно-деформированного состояния показаны на рис. 8 для 1/8 части модели ввиду наличия трёх плоскостей симметрии. С учётом симметрии нагрузки на шайбу были уменьшены в 4 раза.

Несложно заметить, что уровень местных нормальных напряжений весьма велик и составляет около 50 % от соответствующего предела прочности. Сдвиговые напряжения при растяжении близки к предельным (на рис. 7 в зоне сдвига заметно изменение цвета образца из-за микротрещин сдвига). Из этого следует, что для надёжной работы такого рода

деталей из стеклопластика целесообразно нагрузки снизить в 2–2,5 раза.

Был проведен анализ напряжённо-деформированного состояния стержневого элемента протеза. На рис. 9 стрелкой показан основной стержневой элемент № 1, нагруженный в эксплуатации наибольшим усилием (будем считать, что протез предназначен для человека массой до 100 кг с двукратной перегрузкой – ходьба).

На рис. 10 приведены картины распределения напряжений в элементе № 1 при сжимающей нагрузке 1000 Н.

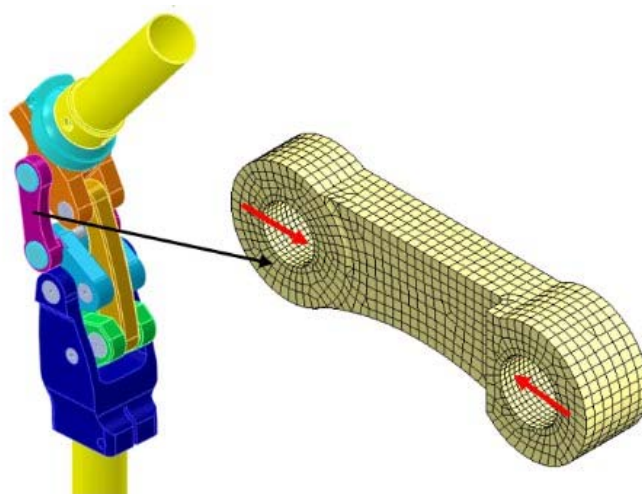


Рис. 9. Трёхмерная модель протеза коленного сустава и элемент № 1 с сеткой конечных элементов при сжатии
Fig. 9. A 3D model of the knee joint prosthesis and element 1 with a finite element mesh during compression testing

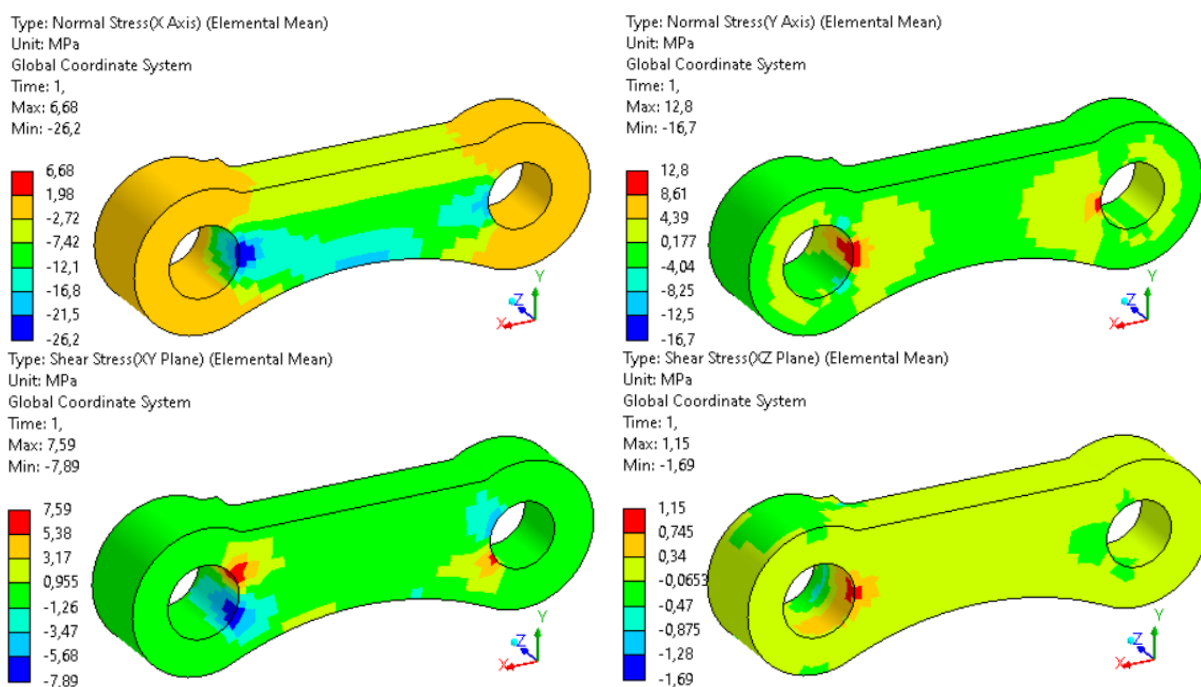


Рис. 10. Напряжённое состояние элемента № 1 при сжатии
Fig. 10. Stress state of element 1 during compression

Анализ результатов расчёта показывает, что элемент № 1, изготовленный из стеклопластика, будет прочным и долговечным при циклическом повторении нагрузок, так как местные напряжения в 3–5 раз меньше предельно допустимых.

Заключение. В представленной работе рассмотрена возможность замены металлических деталей механического коленного протеза на композитные (алюминиевый сплав на тканевый стеклопластик).

При оценке нагруженности при ходьбе использованы данные с системы захвата движений Xsens. Трёхмерная модель протеза коленного сустава Total Knee 1000/2000 фирмы Össur (Исландия) была создан в пакете SolidWorks

и проведен анализ силовых факторов и напряженного состояния при сжатии усилием 1 кН (в расчёте на человека весом 100 кг).

Механические характеристики стеклопластика изучены на образце специальной формы с нагруженными отверстиями при растяжении и сжатии. Показано, что наиболее нагруженный стержневой элемент из стеклопластика может быть в 2 раза легче алюминиевого с сохранением прочности и долговечности. Поскольку модуль упругости стеклопластика в три раза меньше модуля упругости алюминия, коленный протез будет более податливым, что приблизит его к свойствам коленного сустава человека и позволит уменьшить ударные нагрузки при ходьбе с протезом.

Список литературы / References

1. Куимов В.Ю., Чикуров А.И., Бурмистров А.Д., Епишев В.В. Сравнительная характеристика оборудования при измерении биомеханических и кинематических характеристик спортсменов в циклических видах спорта // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 2. С. 165–172. [Kuimov V.Yu., Chikurov A.I., Burmistrov A.D., Epishev V.V. Comparison of the Equipment for Measuring Biomechanic and Kinematic Characteristics of Athletes in Cyclic Sports. *Human. Sport. Medicine*, 2023, vol. 23(2), pp. 165–172. (in Russ.)] DOI: 10.14529/hsm230220
2. *Balance Knee OFM2*. Available at: <https://www.ossur.com/en-us/prosthetics/knees/balance-knee-ofm2>.
3. *Brave steps to the future*. Available at: <https://kinez.ru/en>.
4. *Polycentric knee module with geometric locking system and three-stage hydraulic control*. Available at: <https://runi.pro/en/>.
5. *Products and services from Ottobock*. Available at: <https://www.ottobock.com>.
6. *Rheo Knee*. Available at: <https://www.ossur.com/en-us/prosthetics/knees/rheo-knee>.
7. *The Most Advanced Lower Limb Prosthetics in the World*. Available at: <https://www.blatchfordmobility.com>.
8. *Welfare Equipment*. Available at: <https://www.nabtesco.com/en/products/welfare.html>.

Информация об авторах

Сапожников Сергей Борисович, доктор технических наук, профессор главный научный сотрудник кафедры технической механики, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Безмельницын Александр Викторович, кандидат технических наук, инженер центра прикладных исследований и разработки новых конструкционных материалов, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Жихарев Михаил Владиленович, кандидат технических наук, заместитель директора центра прикладных исследований и разработки новых конструкционных материалов, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Епишев Виталий Викторович, директор научно-исследовательского центра спортивной науки, доцент кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Эрлих Вадим Викторович, доктор биологических наук, профессор, директор Института спорта, туризма и сервиса, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Information about the authors

Sergey B. Sapozhnikov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher, Department of Technical Mechanics, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Alexander V. Bezmelnitsyn, Candidate of Technical Sciences, Engineer, Center for Applied Research and Development of New Structural Materials, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Mikhail V. Zhikharev, Candidate of Technical Sciences, Deputy Director of the Center for Applied Research and Development of New Structural Materials, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Vitaly V. Epishev, Director of the Research Center for Sports Science, Associate Professor of the Department of Theory and Methods of Physical Education and Sport, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Vadim V. Erlikh, Doctor of Biological Sciences, Professor, Director of the 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 conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 29.08.2023

The article was submitted 29.08.2023

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ЮНЫХ СПОРТСМЕНОВ-ТЯЖЕЛОАТЛЕТОВ С ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ НАРУШЕНИЯМИ ПОЗВОНОЧНИКА

Э.В. Макарова¹, elina.makarova.2014@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3133-7581>
В.И. Дубатовкин², vladislav180570@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4617-2660>
В.П. Косихин², kosihin1955@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4476-2424>
И.В. Аверьянов³, averyanov@sibgufk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9087-8404>

¹ Московский политехнический университет, Москва, Россия

² Московский государственный университет пищевых производств, Москва, Россия

³ Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Цель: определить наличие нарушений в состоянии опорно-двигательного аппарата у юных спортсменов-тяжелоатлетов. **Материалы и методы.** В педагогическом исследовании участвовали всего 60 юных спортсменов, основную группу исследования составляли 40 спортсменов, которые имели нарушения опорно-двигательного аппарата. С помощью внешнего осмотра определяли нарушения осанки, гониометрии – ограничения подвижности позвоночника и плантографии – наличие плоскостопия. **Результаты.** В процессе углубленного обследования опорно-двигательного аппарата юных тяжелоатлетов выявлены: различные виды нарушений осанки, ограничения движений в различных отделах позвоночника, плоскостопие. Определены наибольшие ограничения в ротационных движениях позвоночника и при его разгибании, которые сопровождаются болевыми ощущениями. Полученные результаты позволяют утверждать о непосредственном взаимодействии анатомических структур с нервными структурами позвоночника и являются дополнительным подтверждением наличия вертеброгенных нарушений позвоночника у юных спортсменов. **Выводы.** Анализ результатов проведенных исследований показал, что юные спортсмены-тяжелоатлеты с нарушениями позвоночника имеют локальные ограничения подвижности в отделах позвоночника с наличием болевого синдрома, из них 35 % случаев сочетаются с плоскостопием. На основании исследований определена методика физической реабилитации исследуемых спортсменов и способы улучшения условий учебно-тренировочного процесса.

Ключевые слова: юные спортсмены, опорно-двигательный аппарат, спортивные нагрузки, позвоночник, функциональные нарушения

Для цитирования: Анализ состояния опорно-двигательного аппарата юных спортсменов-тяжелоатлетов с функциональными нарушениями позвоночника / Э.В. Макарова, В.И. Дубатовкин, В.П. Косихин, И.В. Аверьянов // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 4. С. 172–178. DOI: 10.14529/hsm230421

Original article
DOI: 10.14529/hsm230421

MUSCULOSKELETAL SYSTEM IN YOUNG WEIGHTLIFTERS WITH FUNCTIONAL SPINAL DISORDERS

E.V. Makarova¹, elina.makarova.2014@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3133-7581>
V.I. Dubatovkin², vladislav180570@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4617-2660>
V.P. Kosikhin², kosihin1955@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4476-2424>
I.V. Averyanov³, averyanov@sibguflk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9087-84-04>

¹ Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia

² Russian Biotechnological University, Moscow, Russia

³ Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

Abstract. Aim. To determine the presence of musculoskeletal disorders in young weightlifters. **Materials and methods.** The sample consisted of 60 young athletes, including the main group of 40 athletes with musculoskeletal disorders. Physical examination showed postural instability; goniometry allowed for the assessment of spinal mobility; and plantography provided data on the presence of flat feet. **Results.** The comprehensive examination of the musculoskeletal system in young weightlifters showed different postural disorders, spine-related movement restrictions, and flat feet. The greatest restrictions were associated with painful rotation and extension movements. The results obtained provided data on the direct interaction between the anatomical and nervous structures of the spine and contributed to the diagnosis of vertebrogenic disorders in young athletes. **Conclusions.** The results of the study showed that young weightlifters with spinal disorders had local spine-related movement restrictions associated with pain syndrome, of which 35% of cases were combined with flat feet. Based on the data obtained, the measures of physical rehabilitation and ways to improve the educational and training processes were determined.

Keywords: young athletes, musculoskeletal system, training loads, spine, functional disorders

For citation: Makarova E.V., Dubatovkin V.I., Kosikhin V.P., Averyanov I.V. Musculoskeletal system in young weightlifters with functional spinal disorders. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(4):172–178. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230421

Введение. В настоящее время процент спортсменов с травмами позвоночника остается довольно высоким. Специалисты спортивной медицины отмечают, что главной причиной повреждений позвоночника является механический фактор [1, 3, 4]. Как следствие, возникают различные изменения, которые могут быть не только результатом механических нарушений, но и становятся непосредственной причиной функциональных нарушений в позвоночнике [11, 15]. Иногда травма возникает из-за диспропорций в развитии мускулатуры и изменений естественных изгибов позвоночника [13]. В последнее время в общей структуре среди всех болезней периферической нервной системы постоянно растет удельный вес остеохондроза позвоночника, и данная патология от 5,3 до 21 % случаев встречается у молодых спортсменов [2, 7].

Молодой растущий организм спортсмена имеет значительные морфологические сдвиги в костной ткани с неравномерным процессом

окаменения. Кости податливы к изменениям и могут деформироваться при чрезмерных физических нагрузках. Процессы роста и развития костной ткани происходят неравномерно – как следствие гормональных колебаний. Важную роль в процессе роста и формирования костей играют физические упражнения статического характера, под действием которых возникают изменения ионного состава и процессов поляризации клеток костной ткани, что является обязательным условием минерализации костей. Большие физические нагрузки в этом возрасте влияют на развитие костей и суставов, меняют их форму и структуру в большей степени, чем у взрослого [6, 12]. Поэтому во время тренировочного процесса необходимо учитывать возрастные особенности юных спортсменов. Таким образом, особого внимания заслуживают юные спортсмены, которые в своем возрасте уже имеют нарушения в состоянии опорно-двигательного аппарата, в частности нарушения

осанки и ранние проявления остеохондроза позвоночника.

Цель работы – выявить ограничения и нарушения опорно-двигательного аппарата юных спортсменов-тяжелоатлетов, имеющих функциональные нарушения позвоночника.

Методы и организация исследования. В исследовании участвовало 60 юных тяжелоатлетов 12–13 лет, которые были разделены на основную и контрольную группы. Анализ состояния осанки проводили методом внешнего осмотра, подвижность позвоночника определяли с помощью гониометрии, наличие плоскостопия выявляли с помощью плантографии.

Результаты исследования. Среди подростков 12–13 лет наблюдается достаточно высокое количество случаев патологии относительно формирования позвоночника и стопы, проявляющейся в виде плоскостопия и нарушения осанки, оно составляет по разным данным от 57,0 до 65,4 % случаев [10, 17, 18]. Выявив высокую степень случаев патологии со стороны стопы и позвоночника, мы провели углубленное обследование опорно-двигательного аппарата юных спортсменов в возрасте 12–13 лет, которое включало детальное изучение основных параметров, характеризующих состояние осанки, степень подвижности позвоночника, симметричность показателей, а также состояние свода стопы.

Анализ внешнего осмотра юных атлетов показал большой процент обследованных с нарушением осанки. У большей половины спортсменов (в наших обследованиях участвовали 29 человек) выявлены асимметричные положения надплечий и лопаток. Для всех спортсменов, у которых фиксировали кругловогнутую осанку (5 человек), был характерен наклон лопаток вперед, когда нижние углы их резко отставали от ребер, очевидно, как следствие – усиление грудного кифоза. У спортсменов, среди которых фиксировали плоскую спину (10 человек), положение надплечий и лопаток не всегда было однотипным. Для большинства было характерным отставание лопаток от грудной клетки. У атлетов с асимметричной осанкой (14 человек) наблюдали перекос надплечий влево. У большинства спортсменов с асимметричной осанкой наблюдалась асимметрия треугольников талии. Сглаживание контура талии и величины треугольника происходит со стороны припод-

нятого надплечья. Асимметрия контуров и треугольников талии у спортсменов с кругловогнутой спиной была выражена менее резко и в меньшем количестве спортсменов. Сдвиг корпуса по отношению к тазу отмечен у 4 спортсменов, причем у 3 – влево и у 1 – вправо. Положение таза во фронтальной плоскости у большинства спортсменов было симметричным, но в сагиттальной плоскости оказывалось увеличение угла наклона таза вперед.

Наклон головы вперед отмечался у 13 обследованных нами спортсменов с асимметричной осанкой, вперед и влево наблюдался у 7, вперед и вправо был определен у 4, прямо определялся у 2. Положение головы имеет большое влияние на всю сложную биомеханическую цепь опорно-двигательного аппарата, в том числе на позвоночник и формирование осанки. Наклон головы вперед обычно связан с увеличением грудного кифоза.

Из общего количества обследованных обнаружено относительное укорочение одной из конечностей на 1–2 см у 11 мальчиков. Следует заметить, что оно характеризует не анатомическую длину конечности, а состояние мышечно-связочного аппарата нижних конечностей. Обнаружение предоставленного признака свидетельствует об асимметричном напряжении мышц нижних конечностей, которое, как правило, сопровождается перекосом таза во фронтальной плоскости.

Таким образом, с помощью внешнего осмотра нами проведен анализ состояния осанки юных тяжелоатлетов, обозначены характерные признаки определенных видов нарушений осанки и составлен индивидуальный профиль осанки каждого обследованного спортсмена.

При обследовании свода стопы нами был выявлен гипотонический тип стопы (плоскостопие) у 26 % обследованных спортсменов. Нормальный тип стоп составил 4 %. Полученные результаты подтверждают данные авторов, которые утверждают о довольно высоком проценте случаев нарушения сводов стоп: от 52,9 до 73,7% – у мальчиков и от 44 до 58,8 % – у девочек [3, 10].

В подтверждение вышеуказанных данных исследования подвижности позвоночника у обследованных нами юных спортсменов основной группы показаны ограничения в различных отделах позвоночника (см. таблицу).

Объем максимальных движений в различных отделах позвоночника
у юных спортсменов ($M \pm m$) ($n = 40$)
The maximum angle of spinal movements in young athletes ($M \pm m$) ($n = 40$)

Движение позвоночника Movement	Угол наклона, градусы Angle, degree		Достоверность изменений Level of significance	
	вперед / влево forward / left	назад / вправо backward / right	t	P
Наклоны в сагиттальной плоскости в грудном отделе Tilts in the sagittal plane in the thoracic spine	27,5 ± 1,6	17,7 ± 1,8	–	–
Наклоны во фронтальной плоскости в грудном отделе Tilts in the frontal plane in the thoracic spine	12,8 ± 3,9	14,3 ± 3,0	0,36	> 0,5
Наклоны в сагиттальной плоскости в поясничном отделе Tilts in the sagittal plane in the lumbar spine	79,4 ± 4,4	62,5 ± 6,3	–	–
Наклоны во фронтальной плоскости в поясничном отделе Tilts in the frontal plane in the lumbar spine	48,8 ± 4,2	53,2 ± 6,2	0,57	> 0,1
Ротация Rotational movements	32,8 ± 5,6	34,4 ± 6,8	0,24	> 0,5

Наиболее ограниченными были максимальные ротационные движения всего позвоночного столба в сторону преобладающих проявлений остеохондроза позвоночного сегмента. Аналогичные закономерности наблюдались и для боковой подвижности позвоночного столба. Была выявлена существенная вариабельность угла ротационных движений. При выраженных болевых синдромах разброс значений достигал 20–30 %. Это явление можно объяснить, как «щажение» позвоночника вследствие наличия болевой симптоматики, вызывающей нарушения в мышечной ткани. Наиболее ограниченными оказались ротационные движения и разгибания, следующими следовали наклоны в сторону.

Таким образом, углубленное обследование опорно-двигательного аппарата юных спортсменов-тяжелоатлетов выявило среди них большой процент спортсменов с функциональными нарушениями. Среди них распространены нарушения осанки и плоскостопие. Полученные данные подтверждают мнение авторов о наличии этих нарушений у детей 12–13 лет, и они составляют от 57,0 до 65,4 % случаев [1, 3, 10]. Ряд авторов А.Д. Шевченко [14], О.В. Пешкова [9], Н.М. Курч [5], С.П. Миронов [8], которые занимаются проблемой подвижности суставов утверждают, что боль

в спине и ограниченная подвижность позвоночника являются прямым признаком дегенеративно-дистрофических изменений в позвоночнике. Наши наблюдения показали, что не все спортсмены с нарушением осанки имели боль и ограничение подвижности позвоночника, поэтому первичные признаки остеохондроза позвоночника не всегда можно связать с нарушением осанки и плоскостопием. Но в подтверждение исследований данных авторов [2, 7, 16] можно утверждать о том, что эти нарушения опорно-двигательного аппарата являются дополнительной причиной раннего возникновения остеохондроза позвоночника и представляют группу риска в возникновении и стабилизации функциональных, а в дальнейшем и органических деформаций позвоночника.

Заключение. Анализ опорно-двигательного аппарата юных спортсменов-тяжелоатлетов показал довольно высокий процент спортсменов, у которых наблюдаются морфофункциональные нарушения в виде нарушения осанки, плоскостопия и возможные патологические изменения со стороны позвоночника. На основании проведенных исследований доказано, что у юных спортсменов-тяжелоатлетов с патологией отдельных двигательных сегментов позвоночного столба

клиническая симптоматика раннего остеохондроза проявляется локальными ограничениями подвижности позвоночника, которые сопровождаются болевыми синдромами. На основании полученных данных определена методика физической реабилитации юных спортсменов-

тяжелоатлетов, имеющих функциональные нарушения позвоночника. В тренировочные программы внесены коррекции и разработаны методические рекомендации по профилактики функциональных нарушений опорно-двигательного аппарата юных тяжелоатлетов.

Список литературы

1. Васильев, О.С. Особенности врачебного сопровождения и реабилитации типичных нарушений опорно-двигательного аппарата у детей и юных спортсменов / О.С. Васильев, С.П. Левушкин // Курортная медицина. – 2018. – № 4. – С. 34–41.
2. Горнаева, Л.С. Ювенильный остеохондроз, осложнившийся грыжей межпозвоночного диска (обзор литературы) / Л.С. Горнаева // Вестник новых мед. технологий. – 2020. – № 2. – С. 6–12. DOI: 10.24411/2075-4094-2020-16599
3. Динамика состояния опорно-двигательного аппарата у детей и подростков / А.А. Антонова, Г.А. Яманова, В.Г. Сердюков, М.Р. Магомедова // Междунар. науч.-исследоват. журнал. – 2020. – № 7–2 (97). – С. 53–56. DOI: 10.23670/IRJ.2020.97.7.044
4. Дифференцированный подход к профилактике травматизма при занятиях физической культурой и спортом в разные возрастные периоды / М.В. Санькова, В.Н. Николенко, А.Д. Вовкогон и др. // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 185–193.
5. Курч, Н.М. Особенности применения лечебной гимнастики для профилактики болевого синдрома при остеохондрозе спортсменов-тяжелоатлетов / Н.М. Курч // Совершенствование системы физического воспитания, спортивной тренировки, туризма и оздоровления различных категорий населения: материалы XVII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Сургут, 2018. – С. 474–476.
6. Макарова, Э.В. Особенности проявления миофасциальной болевой дисфункции у спортсменов / Э.В. Макарова, Р.К. Ханбабаев // Современные здоровьесберегающие технологии. – 2018. – № 2. – С. 118–124.
7. Макарова, Э.В. Алгоритм физической реабилитации на поликлиническом этапе лечения при остеохондрозе позвоночника у спортсменов / Э.В. Макарова, И.В. Васильева // Педагогика, психология и мед.-биол. проблемы физ. воспитания и спорта. – 2014. – № 12. – С. 49–53. DOI: 10.15561/18189172.2014.1209
8. Миронов, С.П. Оценка функционального состояния позвоночника у спортсменов и артистов балета с пояснично-крестцовым болевым синдромом / С.П. Миронов, М.Б. Цыкунов, Г.М. Бурмакова // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2019. – № 3. – С. 21–30. DOI: 10.17116/orto201903121
9. Пешкова, О.В. Физическая реабилитация спортсменов при остеохондрозе пояснично-крестцового отдела позвоночника на тренирующем двигательном режиме / О.В. Пешкова, А.Г. Гончаров // Слобожанский науч.-спортив. вестник. – 2012. – № 5–2 (33). – С. 103–107.
10. Распространенность и структура деформаций стоп у младших школьников / Н.И. Аверьянова, В.В. Приступова, А.И. Семерикова, И.Л. Старкова // Перм. мед. журнал. – 2019. – Т. 36, № 6. – С. 33–40. DOI: 10.17816/pmj36633-40
11. Спортивный травматизм у спортсменов-подростков / В.В. Скворцов, С.К. Мирзоян, А.В. Кулинич и др. // Терапевт. – 2018. – № 5. – С. 13–22.
12. Черницына, Н.В. Оценка минеральной плотности костной ткани скелета спортсменов различных специализаций методом двухэнергетической рентгенографической абсорбциометрии / Н.В. Черницына, Н.Д. Нененко, Р.В. Кучин // Пед.-психол. и мед.-биол. проблемы физ. культуры и спорта. – 2014. – Т. 9, № 4. – С. 133–139.
13. Чесноков, Н.Н. Контроль состояния опорно-двигательного аппарата спортсменов на начальном и тренировочном этапах / Н.Н. Чесноков, А.П. Морозов, А.А. Гайдук // Вестник спортивной науки. – 2021. – № 1. – С. 50–54.
14. Шевченко, А.Д. Методика коррекции нарушений осанки у занимающихся силовыми упражнениями / А.Д. Шевченко, О.Н. Шмонина, О.Г. Ушакова // Физ. культура и спорт в соврем. обществе: материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию Великой Победы. – Хабаровск, 2020. – С. 348–351.

15. Back Pain in Adolescent Athletes: Results of a Biomechanical Screening / S. Mueller, J. Mueller, J. Stoll et al. // *Sports Med Int Open*. – 2017. – Vol. 1 (1). – P. 16–22.

16. Between-session reliability of skin marker-derived spinal kinematics during functional activities / L.A. Niggli, P. Eichelberger, C. Bangerter et al. // *Gait Posture*. – 2021. – Vol. 85. – P. 280–284.

17. Dilip R. Patel. Evaluation and management of lower back pain in young athletes / Dilip R. Patel, Elizabeth Kinsella // *Translational Pediatrics (Focused on Clinical Practice of Pediatric Sports Medicine)* – 2017. – Vol. 6, no 3. – P. 225–235.

18. Evaluating low back pain in adolescents / S.J. Garvick, C. Creecy, M. Miller et al. // *Journal of the American Academy of Physician Assistants*. – 2019. – Vol. 32 (12). – P. 14–20.

References

1. Vasiliev O.S., Levushkin S.P. [Features of Medical Support and Rehabilitation of Typical Disorders of the Musculoskeletal System in Children and Young Athletes]. *Kurortnaya medicina* [Spa Medicine], 2018, no. 4, pp. 34–41. (in Russ.) DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.4.55

2. Garnaeva L.S. [Juvenile Osteochondrosis Complicated by Herniated Intervertebral Disc (Literature Review)]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy* [Bulletin of New Medical Technologies], 2020, no. 2, pp. 6–12. (in Russ.) DOI: 10.24411/2075-4094-2020-16599

3. Antonova A.A., Yamanova G.A., Serdyukov V.G., Magomedova M.R. [Dynamics of the State of the Musculoskeletal System in Children and Adolescents]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* [International Research Journal], 2020, no. 7–2 (97), pp. 53–56. (in Russ.) DOI: 10.23670/IRJ.2020.97.7.044

4. Sankova M.V., Nikolenko V.N., Vovkogon A.D. et al. Differentiated Approach to Injury Prevention During Physical Culture and Sports in Different Age Periods. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 4, pp. 185–193. (in Russ.)

5. Kurch N.M. [Features of the Use of Therapeutic Gymnastics for the Prevention of Pain Syndrome in Osteochondrosis of Weightlifters]. *Sovershenstvovanie sistemy fizicheskogo vospitaniya, sportivnoy trenirovki, turizma i ozdorovleniya razlichnykh kategoriy naseleniya: materialy XVII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem* [Improving the System of Physical Education, Sports Training, Tourism and Health Improvement of Various Categories of the Population. Materials of the XVII All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation], 2018, pp. 474–476. (in Russ.)

6. Makarova E.V., Khanbabaev R.K. [Features of the Manifestation of Myofascial Pain Dysfunction in Athletes]. *Sovremennye zdorov'esberegayushhie tehnologii* [Modern Health-Saving Technologies], 2018, no. 2, pp. 118–124. (in Russ.)

7. Makarova E.V., Vasilyeva I.V. [Algorithm of Physical Rehabilitation at the Polyclinic Stage of Treatment for Spinal Osteochondrosis in Athletes]. *Pedagogika, psihologiya i mediko-biologicheskie problemy fizicheskogo vospitaniya i sporta* [Pedagogy, Psychology and Biomedical Problems of Physical Education and Sports], 2014, no. 12, pp. 49–53. (in Russ.) DOI: 10.15561/18189172.2014.1209

8. Mironov S.P., Tsykunov M.B., Burmakova G.M. [Assessment of the Functional State of the Spine in Athletes and Ballet Dancers with Lumbosacral Pain Syndrome]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova* [Bulletin of Traumatology and Orthopedics N.N. Priorov], 2019, no. 3, pp. 21–30. (in Russ.) DOI: 10.17116/vto201903121

9. Peshkova O.V., Goncharov A.G. [Physical Rehabilitation of Athletes with Osteochondrosis of the Lumbosacral Spine in a Training Motor Mode]. *Slobozhanskiy nauchno-sportivnyy vestnik* [Slobozhansky Scientific and Sports Bulletin], 2012, no. 5–2 (33), pp. 103–107. (in Russ.)

10. Averyanova N.I., Pripodova V.V., Semerikova A.I., Starkova I.L. [Prevalence and Structure of Foot Deformities in Younger Schoolchildren]. *Permskiy meditsinskiy zhurnal* [Perm Medical Journal], 2019, vol. 36, no. 6, pp. 33–40. (in Russ.) DOI: 10.17816/pmj36633-40

11. Skvortsov V.V., Mirzoyan S.K., Kulinich A.V. et al. [Sports Traumatism in Adolescent Athletes]. *Terapevt* [Therapist], 2018, no. 5, pp. 13–22. (in Russ.)

12. Chernitsyna N.V., Nenenko N.D., Kuchin R.V. [Assessment of Bone Mineral Density of the Skeleton of Athletes of Various Specializations by the Method of Dual-energy Radiographic Absorptiometry]. *Pedagogiko-psihologicheskie i mediko-biologicheskie problemy fizicheskoy kul'tury*

i sporta [Pedagogical-psychological and Medico-biological Problems of Physical Culture and Sports], 2014, vol. 9, no. 4, pp. 133–139. (in Russ.)

13. Chesnokov N.N., Morozov A.P., Gaiduk A.A. [Control of the State of the Musculoskeletal System of Athletes at the Initial and Training Stages]. *Vestnik sportivnoy nauki* [Bulletin of Sports Science], 2021, no. 1, pp. 50–54. (in Russ.)

14. Shevchenko A.D., Shmonina O.N., Ushakova O.G. [Methods of Correction of Posture Disorders in Those Engaged in Strength Exercises]. *Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashhennoy 75-letiyu Velikoy Pobedy* [Physical Culture and Sport in Modern Society. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference Dedicated to the 75th Anniversary of the Great Victory], 2020, pp. 348–351. (in Russ.)

15. Mueller S., Mueller J., Stoll J. et al. Back Pain in Adolescent Athletes: Results of a Biomechanical Screening. *Sports Medicine International Open*, 2017, vol. 1 (1), pp. 16–22. DOI: 10.1055/s-0042-122713

16. Niggli L.A., Eichelberger P., Bangert C. et al. Between-session Reliability of Skin Marker-Derived Spinal Kinematics During Functional Activities. *Gait Posture*, 2021, vol. 85, pp. 280–284. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2021.02.008

17. Patel D.R., Kinsella E. Evaluation and Management of Lower Back Pain in Young Athletes. *Translational Pediatrics (Focused on Clinical Practice of Pediatric Sports Medicine)*, 2017, vol. 6, no. 3, pp. 225–235. DOI: 10.21037/tp.2017.06.01

18. Garvick S.J., Creecy C., Miller M. et al. Evaluating Low Back Pain in Adolescents. *Journal of the American Academy of Physician Assistants*, 2019, vol. 32 (12), pp. 14–20. DOI: 10.1097/01.JAA.0000604852.26078.91

Информация об авторах

Макарова Элина Владимировна, доктор педагогических наук, доцент, профессор кафедры физического воспитания, Московский политехнический университет, Москва, Россия.

Дубатовкин Владислав Иванович, старший преподаватель кафедры физической культуры и спорта, Московский государственный университет пищевых производств, Москва, Россия.

Косихин Виктор Петрович, доктор педагогических наук, доцент, доцент кафедры физической культуры и спорта, Московский государственный университет пищевых производств, Москва, Россия.

Аверьянов Игорь Валерьевич, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры физического воспитания, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия.

Information about the authors

Elina V. Makarova, Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Physical Education, Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia.

Vladislav I. Dubatovkin, Senior Lecturer, Department of Physical Education and Sport, Russian Biotechnological University, Moscow, Russia.

Viktor P. Kosikhin, Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physical Education and Sport, Russian Biotechnological University, Moscow, Russia.

Igor V. Averyanov, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physical Education, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia.

Статья поступила в редакцию 01.08.2023

The article was submitted 01.08.2023

УЛУЧШЕНИЕ ОСАНКИ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНИКА НА УРОКАХ ФИЗКУЛЬТУРЫ

И.В. Рябова¹, ryabovai@mgpu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7669-2064>
Д.Н. Черногоров¹, chernogorovdn@mgpu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6560-7119>
Т.А. Соболевская¹, SobolevskayaTA@mgpu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2091-3988>
С.Н. Филиппова², svetjar@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3626-6372>
С.И. Алексеева¹, AlekseevaSI@mgpu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2923-5527>

¹ Московский городской педагогический университет, Москва, Россия

² Московский государственный университет спорта и туризма, Москва, Россия

Аннотация. Цель: улучшить показатели физического развития и осанки младшего школьника через организацию урока физической культуры в условиях современной московской школы полного дня. **Материалы и методы исследования.** Исследование проходило на базе средней общеобразовательной школы г. Москвы (в течение 3,5 месяца), в нем участвовали 86 учащихся 1–4-х классов (41 девочка и 45 мальчиков). Обследования включали измерения антропометрических параметров (масса тела, рост), тесты на определение статической выносливости мышц спины, живота и боковых мышц туловища, а также у обучающихся 2–4-х классов проводилась фотометрия осанки (при помощи профессиональной программы PostureScreen Mobile). Полученные данные подвергались математическому расчету по Т-критерию Манна – Уитни. **Результаты.** Разработанные и внедрённые нами в режим дня школьника специальные комплексы упражнений для уроков физической культуры позволили значительно повысить статическую выносливость мышц туловища. У девочек на разные мышцы показатели улучшались от 108,6 до 231 %, а у мальчиков – от 191 до 308,6 %. Также за прошедший период произошло достоверное снижение ($p \leq 0,05$) показателя наклона головы во фронтальной и сагиттальной плоскостях. **Заключение.** Такая организация урока физической культуры показала высокую эффективность – достоверное улучшение показателей статической силовой выносливости крупных мышц туловища и фотометрии.

Ключевые слова: улучшение осанки, младший школьник, урок физкультуры, педагоги

Для цитирования: Улучшение осанки младшего школьника на уроках физкультуры / И.В. Рябова, Д.Н. Черногоров, Т.А. Соболевская и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 4. С. 179–186. DOI: 10.14529/hsm230422

Original article
DOI: 10.14529/hsm230422

IMPROVEMENT OF POSTURE IN PRIMARY SCHOOLCHILDREN AT PE LESSONS

I.V. Ryabova¹, ryabovai@mgpu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7669-2064>
D.N. Chernogorov¹, chernogorovdn@mgpu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6560-7119>
T.A. Sobolevskaya¹, SobolevskayaTA@mgpu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2091-3988>
S.N. Filippova², svetjar@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3626-6372>
S.I. Alekseeva¹, AlekseevaSI@mgpu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2923-5527>

¹ Moscow City University, Moscow, Russia

² Moscow State University of Sport and Tourism, Moscow, Russia

Abstract. Aim. To improve the physical development and posture of primary schoolchildren during physical education lessons at a modern Moscow full-time school. **Materials and methods.** The study was conducted at a secondary school in Moscow (for 3.5 months) and involved 86 schoolchildren, of whom 41 were girls and 45 were boys (grades 1–4). Study methods included anthropometric measurements (body

weight, body length), trunk muscle endurance tests, and photometric measurements of posture (only for schoolchildren grades 2–4, the PostureScreen Mobile app). Statistical analyses were carried out with the Mann – Whitney t-test. **Results.** Special physical exercises developed by the authors for PE lessons significantly improved the static endurance of the trunk muscles. In girls and boys, the results obtained for different muscles improved from 108.6 % to 231 % and from 191 % to 308.6 %, respectively. A significant decrease ($p \leq 0.05$) was recorded in the head tilt index in the frontal and sagittal planes. **Conclusion.** PE lessons proposed by the authors resulted in a significant improvement in the static strength endurance of large trunk muscles and photometry measurements.

Keywords: posture, primary schoolchildren, Physical Education, teachers

For citation: Ryabova I.V., Chernogorov D.N., Sobolevskaya T.A., Filippova S.N., Alekseeva S.I. Improvement of posture in primary schoolchildren at PE lessons. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(4):179–186. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230422

В настоящее время особенно актуальным является изучение адаптации ребенка в условиях изменяющейся среды и выработки новых условий и требований для сохранения здоровья. Многие авторы в своих исследованиях наблюдают различные отклонения в физическом развитии детей, обучающихся в начальной школе [3, 9, 10, 12, 14, 15].

По мнению специалистов, в частности физиологов, возраст 7–10 лет является самым чувствительным, поскольку дети реагируют на изменения в социальной среде. Известно, что режим дня у школьников в этом возрасте состоит в большей степени из образовательного процесса, при этом меньше времени уделяется на дополнительное развитие (культура, музыка, спорт и др.). У детей данного возраста меняется распорядок дня, нагрузки и питание, связанные с пребыванием в школе. Ребенок больше времени находится за письменным столом и гаджетом во время уроков и при выполнении домашних заданий, что отрицательно сказывается на здоровье – увеличивается гиподинамия, возникают нарушения осанки [1, 6, 11, 13]. По результатам обследований в школах у 25–60 % детей и подростков уже имеются нарушения осанки [4, 7, 8, 12, 15].

Физическая активность положительно влияет и укрепляет опорно-двигательный аппарат за счет своего воздействия на мышечную систему [5, 13], поэтому она является самым эффективным средством формирования здоровья детей. Физическая активность в настоящее время с раннего детства широко пропагандируется по всему миру, что оказывает определенное положительное влияние на статистику здоровья детей [2, 3, 13].

Цель исследования: улучшение показателей физического развития и осанки млад-

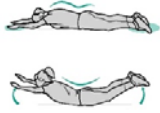
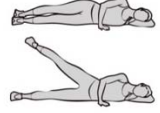
шего школьника через организацию урока физической культуры в условиях современной московской школы полного дня.

Методы и организация исследования. В 2019/2020 учебном году авторами был проведен педагогический эксперимент в ГБОУ СОШ города Москвы, который заключался во внедрении в программу уроков физкультуры разработанных комплексов упражнений, способствующих укреплению крупных мышц туловища и формированию правильной осанки и скрининг-оценки физического развития младших школьников до и после применения комплексов.

На занятия по разработанной программе отводилось не менее 20 минут времени каждого урока физкультуры. Для систематизации занятий мы разработали карточки с домашним заданием на неделю, которое давалось детям педагогами физкультуры. Пример такой карточки с домашним заданием приведен на рисунке.

Скрининг физического развития младших школьников с 1-го по 4-й класс (86 человек, возраст 6–11 лет) был проведен дважды с интервалом в 3,5 месяца. Обследования включали измерения антропометрических параметров (масса тела, рост), тесты на определение статической выносливости мышц спины, живота и боковых мышц туловища. Обучающимся 2–4-х классов проводилась фотометрия осанки (при помощи профессиональной программы PostureScreen Mobile). Фотосъемка проводилась в двух проекциях, сбоку и спереди. Обработка и фотоанализ по разным отклонениям осанки в градусах был получен автоматически через данное программное обеспечение.

Полученные результаты исследования обрабатывались с помощью математической статистики.

№	Упражнение Exercise	Тренировочная нагрузка в неделю Training intensity per week						
		1-й день day 1	2-й день day 2	3-й день day 3	4-й день day 4	5-й день day 5	6-й день day 6	7-й день day 7
1	Удержание «Лодочки» Reverse boat exercise 	20 с 20 s	25 с 25 s	30 с 30 s	30 с 30 s	35 с 35 s	40 с 40 s	45 с 45 s
Результаты / Results								
2	Мах ногой в сторону лежа на правом / левом боку Right / left side-lying leg raises 	2×(8 + 8)	2×(9 + 9)	2×(10 + 10)	3×(10 + 10)	3×(10 + 10)	2×(12 + 12)	2×(15 + 15)
Результаты / Results								
Подпись родителя Parent's signature								

Карточка с домашним заданием по физической культуре:

2×(8 + 8) раз, где 2 – подходы; 8 + 8 – количество повторений (мах правой ногой 8 раз + левой 8 раз)

PE homework cards:

2×(8 + 8), where 2 – sets per exercise; 8 + 8 – repetitions for the right and left legs, respectively

Результаты и обсуждение. Школьная программа по физкультуре в России предполагает наличие 4 разделов: «Легкая атлетика», «Гимнастика», «Лыжная подготовка», «Спортивные и подвижные игры». Как показали опросы учителей, на практике часто разделы «Лыжная подготовка» и «Гимнастика» заменяются спортивными и подвижными играми, которые, в свою очередь, сводятся к игре в мяч. По нашим данным, около трети учеников не посещают уроки физической культуры на свежем воздухе. В ходе исследования выявлено, что в системе урочных занятий педагогами делается основной акцент на развитие скоростных и скоростно-силовых способностей вследствие применения разнообразных подвижных игр, прыжков, эстафет и т. п. Это в полной мере соответствует потребностям детей в физической активности, при этом такие способы не создают адекватных педагогических условий для гармоничного формирования мышечного корсета.

Исходя из этого, авторами были разработаны и включены в программу уроков физической культуры для школьников 1–4-х классов комплексы статодинамических и статических упражнений, способствующих укреплению крупных мышц туловища и формированию правильной осанки [11].

Возрастные и росто-весовые показатели испытуемых представлены в табл. 1.

Результаты исходных и полученных в результате педагогического эксперимента показателей статической силовой выносливости крупных мышц туловища школьников представлены в табл. 2.

Исходное тестирование обучающихся 1–4-х классов, проведенное в первом полугодии, выявило, что показатели статической силовой выносливости современных школьников в 2–3 раза ниже возрастных норм, разработанных в прошлом десятилетии [3]. И это несмотря на большой процент школьников, сообщивших нам о занятиях в спортивных секциях в рамках дополнительного образования (92 %, причем 42 %, то есть почти половина детей, занимались в двух и более спортивных секциях).

Измерение, проведенное в конце педагогического эксперимента, показало значительное изменение исходных показателей. При выполнении статического упражнения по удержанию туловища на весу результат у девочек в конце эксперимента вырос на 137 %, а у мальчиков – на 191 %.

Сравнение результатов времени в тесте на удержание туловища на весу в положении на боку позволяет констатировать, что статическая выносливость боковых мышц спины у школьников, занимавшихся по специальной программе, также значительно увеличилась. У девочек данный показатель увеличился на

Таблица 1
Table 1

Возрастные и росто-весовые показатели испытуемых, ($\bar{X} \pm \delta$) (n = 86)
Anthropometric measurements of schoolchildren, ($\bar{X} \pm \delta$) (n = 86)

Показатели Parameter	Девочки Girls		Мальчики Boys	
	1-е обследование 1 st Examination (n = 41)	2-е обследование 2 nd Examination (n = 41)	1-е обследование 1 st Examination (n = 45)	2-е обследование 2 nd Examination (n = 45)
Возраст, лет Age, years	8,42 ± 1,19	8,71 ± 1,25	8,5 ± 1,19	8,76 ± 1,26
Вес, кг Body weight, kg	31,86 ± 8,01	32,9 ± 7,76	32,03 ± 8,03	33,1 ± 7,79
Рост, см Body length, cm	136,46 ± 9,55	138,69 ± 9,45	136,6 ± 9,6	138,78 ± 9,49
Индекс массы тела (кг/м ²) Body mass index (kg/m ²)	16,9 ± 2,58	16,91 ± 2,4	16,96 ± 2,57	16,98 ± 2,39

Таблица 2
Table 2

Результаты тестирования статической выносливости
мышц спины, живота и боковых мышц туловища учеников 1–4-х классов ($\bar{X} \pm \delta$)
Trunk muscle endurance tests in schoolchildren grades 1–4 ($\bar{X} \pm \delta$)

Описание тестов Test description		Обследование Examination	Девочки Girls (n = 41)	Мальчики Boys (n = 45)	Всего Total (n = 86)	
			Время удержания позы, с Holding time, s			
Спины Back	И. п. – лежа животом на кушетке, туловище на весу, руки на поясе, ноги зафиксированы. Starting position – prone position with arms by the sides of the body, and head and trunk lifted off the plinth from neutral to extension, legs immobilized	1-е / 1 st	29,7 ± 5,0	28,1 ± 4,8	28,8 ± 3,4	
		2-е / 2 nd	70,4 ± 12,6*	81,6 ± 12,4*	76,3 ± 8,7*	
Живота Abdomen	И. п. – лежа на спине, руки внизу вдоль туловища, ноги прямые впереди под углом 45°. Starting position – supine position with arms by the sides of the body with straight legs raised at 45°	1-е / 1 st	18,6 ± 3,2	16,7 ± 3,3	17,6 ± 2,3	
		2-е / 2 nd	38,8 ± 5,9*	49,5 ± 8,1*	44,5 ± 5,1 *	
Боковые Side muscles	И. п. – лежа на кушетке боком, туловище на весу, руки на поясе, ноги зафиксированы. Starting position – side-lying with trunk lifted off the plinth, arms by the sides of the body, legs immobilized	Правое Right	1-е / 1 st	10,4 ± 1,9	11,6 ± 2,3	11,1 ± 1,5
			2-е / 2 nd	34,5 ± 6,8*	47,4 ± 9,8*	41,3 ± 6,1*
		Левое Left	1-е / 1 st	11,5 ± 2,2	11,3 ± 2,1	11,4 ± 1,4*
			2-е / 2 nd	35,2 ± 6,6*	44,4 ± 9,1*	40,1 ± 5,6*

Примечание. * Показатели достоверно отличаются от исходных на уровне значимости $p \leq 0,05$.
Note. *Significant at $p \leq 0.05$ compared to baseline values.

231 % на мышцы правой стороны, и на 206 % – левой стороны туловища, а у мальчиков: на 308,6 и 292,9 % соответственно.

Применение специальных упражнений, направленных на коррекцию осанки, отразилось в росте показателей статической силовой выносливости мышц живота. В частности, у девочек время удержания ног впереди под

углом выросло на 108,6 %, у мальчиков – на 196,4 %.

Результатом положительного влияния разработанных упражнений для формирования осанки младших школьников являются данные фотометрии у обучающихся 2–4-х классов (табл. 3).

За прошедший период произошло досто-

Таблица 3
Table 3

Результаты фотометрии учеников 2–4-х классов (n = 58)
Photometric measurements in schoolchildren grades 2–4 (n = 58)

Фиксируемые параметры Parameter	Обследование Examination	Наблюдалось отклонение у кол-ва человек, % Recorded changes, %	Средние значения показателя Mean values ($\bar{X} \pm \delta$)
Наклон головы в сторону (П+Л), град (n = 47) Side-to-side head tilts, degree (n = 47)	1-е / 1 st	67,2	4,4 ± 3,4
	2-е / 2 nd	55,1	2,4 ± 2,0*
Наклон туловища в сторону (П+Л), град (n = 22) Side-to-side trunk tilts, degree (n = 22)	1-е / 1 st	29,3	2,7 ± 2,1
	2-е / 2 nd	20,7	2,1 ± 2,5
Наклон головы вперед, см (n = 43) Forward head tilt, degree (n = 43)	1-е / 1 st	70,7	2,3 ± 1,2
	2-е / 2 nd	32,7	0,54 ± 0,8*
Смещение плечевых суставов (вперед-назад), см (n = 21) Retraction/protraction of the shoulder joints, degree (n = 21)	1-е / 1 st	34,5	2,05 ± 1,0
	2-е / 2 nd	15,5	0,6 ± 0,75*

Примечание: *Показатели достоверно отличаются от исходных на уровне значимости $p \leq 0,05$.
Note: * significant at $p \leq 0,05$ compared to baseline values.

верное снижение показателя наклона головы во фронтальной плоскости, до эксперимента у 67,2 % испытуемых наблюдались отклонения, а после эксперимента данные нарушения снизились более чем на 10 %. Более существенное влияние разработанная программа оказала на показатели наклона головы в сагиттальной плоскости (вперед и назад), до эксперимента нарушение наблюдалось у 70,7 % исследуемых школьников, а после в 2 раза меньше – у 32,7 % соответственно. Таким образом, мы видим, что наклон головы назад во фронтальной плоскости к нулевой отметке находился от 2,3 до 0,54 см при $p \leq 0,05$. Данный факт свидетельствует об эффективности укрепления мышц шеи и спины в процессе предложенных авторами специальных занятий.

В результате анализа показателей смещения плечевых суставов, характеризующих «сутулость» верхней части туловища ребенка, тоже наблюдается положительная динамика снижения испытуемых на 19 %. До эксперимента средний показатель был $2,05 \pm 1,0$ см,

а после – $0,6 \pm 0,75$ см, что при расчете достоверности говорит о значимой разнице (при $p \leq 0,05$). Все вышесказанное подтверждает эффективность предложенных методов.

Заключение. Исследование показало, что в начальной школе (г. Москва) не уделяется должного внимания организации мероприятий по формированию у детей правильной осанки на уроках физкультуры, а именно статическому компоненту. Для оптимизации двигательной активности младших школьников нами были разработаны и включены в программу уроков физической культуры для школьников 1–4-х классов комплексы статодинамических и статических упражнений, способствующих укреплению крупных мышц туловища и формированию правильной осанки.

Опыт такой организации урока физкультуры показал эффективность – достоверное улучшение показателей статической силовой выносливости крупных мышц туловища и фотометрии.

Список литературы

1. Момент, А.В. Доступные и информативные критерии ранней диагностики сколиотической осанки у детей младшего школьного возраста средствами физической культуры / А.В. Момент, Д.В. Семенов // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2018 – № 3 (157). – С. 225–229.
2. О необходимости разработки комплексной системы профилактики и коррекции нарушений осанки школьников начальных классов / И.В. Рябова, Н.Н. Нежкина, М.А. Правдов и др. // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2019. – № 2 (168). – С. 300–306.
3. Осолодкова, Е.В. Влияние снижения двигательной активности на состояние здоровья младшего школьника / Е.В. Осолодкова // Символ науки. – 2017. – № 1 (2). – С. 168–169.
4. Профилактика и коррекция нарушений осанки детей в образовательных организациях: моногр. / И.В. Рябова, Т.А. Соболевская, Н.Н. Нежкина и др. – М.: МГПУ, 2019. – 148 с.
5. Фирсова, О.Н. На третьем уроке – профилактика нарушений осанки. I–IV классы / О.Н. Фирсова // Физ. культура в школе. – 2014. – № 8. – С. 7–14.
6. Этиология и диагностика нарушений осанки у младших школьников г. Тамбова / О.С. Терентьева, Р.Ю. Попов, А.Н. Сысоев, М.Ю. Богданов // Вестник Тамбов. ун-та Сер. «Гуманитарные науки». – 2012. – 8 (112). – С. 196–202.
7. Bendíková, E. Health-Oriented Education in Slovakia Related to Physical and Sport Education. Hungarian Educational Research Association. – 2018. – Vol. 8 (2). – P. 39–49.
8. Bendíková, E., Smoleňáková N. Changes in exercise regime affected by teaching the module healthy lifestyle. Human. Sport. Medicine. – 2018. – Vol. 18 (S). – P. 64–72.
9. Decline in objective physical activity over a 10-year period in a Japanese elementary school / A. Itoi, Y. Yamada, S. Nakae, M. Kimura // Journal of Physiological Anthropology. – 2015. – Vol. 34. – P. 38.
10. Epidemiology of musculoskeletal disorders in primary school children in Bosnia and Herzegovina / S. Azabagic, R. Spahic, N. Pranjic, M. Mulic // Matera Socio-Medica. – 2016. – Vol. 28 (3). – P. 164–167.
11. Influence of physical activities on the posture in 10–11 year old schoolchildren / Š. Balkó, I. Balkó, L. Valter, M. Jelínek // Journal of Physical Education and Sport. – 2017 – Vol. 17 (1). – P. 101–106.
12. Ludwig, O. Age-dependency on posture parameters in children and adolescents / O. Ludwig, C. Mazet, E. Schmitt // Journal of Physical Therapy. – 2016. – Vol. 28 (5). – P. 1607–1610.
13. Mitova, S. Frequency and Prevalence of Postural Disorders and Spinal Deformities in Children of Primary School Age / S. Mitova // Research in Kinesiology. – 2015. – Vol. 43 (1). – P. 21–24.
14. Prevalence of scoliosis in public elementary school students / M.C.C. Ciaccia, J.S. Castro, M.A. Rahal et al. // Rev Paul Pediatr. – 2017. – Vol. 35 (2). – P. 191–198.
15. Sports at school: aspect of quality / D. Chernogorov, I. Ryabova, Yu. Matveev, T. Sobolevskaya // Education and City: Education and Quality of Living in the City. The Third Annual International Symposium. – Moscow, 2021. – p. 3006. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20219803006>

References

1. Moment A.V., Semenov D.V. [Available and Informative Criteria of Early Diagnostics of Scoliotic Body Posture at Children of Younger School Age with Means of Physical Culture]. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific Notes of the University P.F. Lesgaft], 2018, no. 3 (157), pp. 225–229. (in Russ.)
2. Ryabova I.V., Nezhkina N.N., Pravdov M.A. et al. [About Need in Development of Complex System of Prevention and Correction of Violations of Bearing of School Students of Initial Classes]. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific Notes of the University P.F. Lesgaft], 2019, no. 2 (168), pp. 300–306. (in Russ.)
3. Osolodkova E.V. [The Effect of Decreased Motor Activity on the Health of a Younger Student]. *Simvol nauki* [Symbol of Science], 2017, no. 2, pp. 168–169. (in Russ.)

4. Ryabova I.V., Sobolevskaya T.A., Nezhkina N.N. et al. *Profilaktika i korrekciya narusheniy osanki u detey v obrazovatel'nyh uchrezhdeniyah* [Prevention and Correction of Children's Posture Disorders in Educational Institutions]. Moscow, MGPU Publ., 2019. 148 p.
5. Firsova O.N. [At the Third Lesson – Prevention of Violations of a Bearing I–IV Classes]. *Fizicheskaya kul'tura v shkole* [Physical Education at School], 2014, no. 8, pp. 7–14. (in Russ.)
6. Terentyeva O.S., Popov R.Y., Sysoyev A.N., Bogdanov M.Y. [Etiology and Diagnosis of Incorrect Posture of Primary School Children of Tambov]. *Vestnik Tambovskogo universiteta Seriya: Gumanitarnyye nauki* [Journal Tambov University Review. Ser. Humanities], 2012, vol. 8, no. 112, pp. 196–202. (in Russ.)
7. Bendíková E. Health-Oriented Education in Slovakia Related to Physical and Sport Education. *Hungarian Educational Research Association*, 2018, vol. 8 (2), pp. 39–49.
8. Bendíková E., Smoleňáková N. Changes in Exercise Regime Affected by Teaching the Module Healthy Life-style. *Human. Sport. Medicine*, 2018, vol. 18, no. S, pp. 64–72. DOI: 10.14529/hsm18s09
9. Itoi A., Yamada Y., Nakae S., Kimura M. Decline in Objective Physical Activity Over a 10-Year Period in a Japanese Elementary School. *Journal of Physiological Anthropology*, 2015, vol. 34, p. 38. DOI: 10.1186/s40101-015-0078-y
10. Azabagic S., Spahic R., Pranjic N., Mulic M. Epidemiology of Musculoskeletal Disorders in Primary School Children in Bosnia and Herzegovina. *Materia Socio-Medica*, 2016, vol. 28 (3), pp. 164–167. DOI: 10.5455/msm.2016.28.164-167
11. Balkó Š., Balkó I., Valter L., Jelínek M. Influence of Physical Activities on the Posture in 10–11 Year Old Schoolchildren. *Journal of Physical Education and Sport*, 2017, vol. 17 (1), pp. 101–106.
12. Ludwig O., Mazet C., Schmitt E. Age-dependency on Posture Parameters in Children and Adolescents. *Journal of Physical Therapy*, 2016, vol. 28 (5), pp. 1607–1610. DOI: 10.1589/jpts.28.1607
13. Mitova S. Frequency and Prevalence of Postural Disorders and Spinal Deformities in Children of Primary School Age. *Research in Kinesiology*, 2015, vol. 43 (1), pp. 21–24.
14. Ciaccia M.C.C., Castro J.S., Rahal M.A. et al. Prevalence of Scoliosis in Public Elementary School Students. *Rev Paul Pediatr*, 2017, vol. 35 (2), pp. 191–198. DOI: 10.1590/1984-0462/2017;35;2;00008
15. Chernogorov D., Ryabova I., Matveev Yu., Sobolevskaya T. Sports at School: Aspect of Quality. *Education and City: Education and Quality of Living in the City. The Third Annual International Symposium*, 2021, 3006 p. DOI: 10.1051/shsconf/20219803006

Информация об авторах

Рябова Ирина Викторовна, кандидат медицинских наук, заведующий научно-исследовательской лабораторией здоровьесберегающей деятельности в образовании научно-исследовательского института урбанистики и глобального образования, Московский городской педагогический университет, Москва, Россия.

Черногоров Дмитрий Николаевич, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры адаптологии и спортивной подготовки, Московский городской педагогический университет, Москва, Россия.

Соболевская Татьяна Александровна, кандидат педагогических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории здоровьесберегающей деятельности в образовании научно-исследовательского института урбанистики и глобального образования, Московский городской педагогический университет, Москва, Россия.

Филиппова Светлана Николаевна, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры физиологии спорта и физического воспитания, Московский государственный университет спорта и туризма, Москва, Россия.

Алексеева Светлана Ивановна, кандидат технических наук, доцент, доцент департамента информатизации образования, Московский городской педагогический университет, Москва, Россия.

Information about the authors

Irina V. Ryabova, Candidate of Medical Sciences, Head of the Research Laboratory of Health Promotion in Education, Research Institute of Urban Studies and Global Education, Moscow City University, Moscow, Russia.

Dmitry N. Chernogorov, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Adaptive Physical Education and Athletic Instruction, Moscow City University, Moscow, Russia.

Tatyana A. Sobolevskaya, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher at the Laboratory of Health Promotion in Education, Research Institute of Urban Studies and Global Education, Moscow City University, Moscow, Russia.

Svetlana N. Filippova, Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Physiology of Sports and Physical Education, Moscow State University of Sport and Tourism, Moscow, Russia.

Svetlana I. Alekseeva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Education Informatisation, Moscow City University, Moscow, Russia.

Статья поступила в редакцию 26.08.2023

The article was submitted 26.08.2023

ВЛИЯНИЕ МИОФАСЦИАЛЬНОГО РЕЛИЗА НА ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ У БЕГУНИЙ НА СРЕДНИЕ ДИСТАНЦИИ

И.И. Шумихина, shuma66@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3063-4229>

И.В. Гуштурова, gushturova_iv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7273-3663>

А.Е. Алабужев, fizkult@uni.udm.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1598-9216>

С.А. Алабужев, legkatlet@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8389-8626>

Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия

Аннотация. **Цель:** изучить влияние миофасциального релиза на восстановительные процессы у бегуний на средние дистанции. **Материалы и методы.** В исследовании приняли участие девушки 16–18 лет, занимающиеся легкой атлетикой – бегом на средние дистанции, в контрольную группу вошло 12 девушек и 11 девушек составили экспериментальную группу. Сеансы миофасциального релиза продолжительностью 15–20 минут проходили в заключительной части тренировки. Разработанная методика применения миофасциального релиза направлена на повышение скорости восстановительных процессов, улучшение кровообращения в работающих мышцах, повышение мобильности грудной клетки, снятие гипертонуса с работающих мышц, улучшение функциональных возможностей дыхательной системы. В упражнениях миофасциального релиза использовались теннисные мячи, специальные валики, а также ручные техники. Упражнения были предложены с целью улучшения кровообращения работающих мышц, повышения снабжения мышц кислородом, улучшения питания фасции мышц, снятия зажимов. В каждом упражнении регламентировалось положение звеньев тела, направление воздействия мячей и валиков. Воздействия выполнялись по току лимфы, исключая суставы и лимфатические узлы. **Результаты.** При использовании миофасциального релиза в заключительной части тренировки выявлена тенденция к увеличению функциональных резервов дыхательной системы у бегуний экспериментальной группы по сравнению с контрольной группой. У легкоатлеток экспериментальной группы достоверно ($p < 0,05$) изменился восстановительный период ЧСС до исходного уровня после пробы с приседанием, тогда как у девушек контрольной группы время восстановления ЧСС до исходного уровня после пробы с приседанием практически не изменилось. **Заключение.** Выявлено, что использование в заключительной части тренировочного занятия миофасциального релиза способствует усилению эффекта восстановления сердечно-сосудистой системы, а также повышает функциональное состояние кардиореспираторной системы, адаптационно-приспособительные механизмы. Более длительное использование миофасциального релиза может обеспечить статистически значимое увеличение показателей функции внешнего дыхания.

Ключевые слова: миофасциальный релиз, восстановительные процессы, девушки, легкая атлетика

Для цитирования: Влияние миофасциального релиза на восстановительные процессы у бегуний на средние дистанции / И.И. Шумихина, И.В. Гуштурова, А.Е. Алабужев, С.А. Алабужев // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 4. С. 187–193. DOI: 10.14529/hsm230423

EFFECT OF MYOFASCIAL RELEASE ON RECOVERY IN FEMALE MIDDLE-DISTANCE RUNNERS

I.I. Shumikhina, shuma66@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3063-4229>

I.V. Gushturova, gushturova_iv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7273-3663>

A.E. Alabuzhev, fizkult@uni.udm.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1598-9216>

S.A. Alabuzhev, legkatlet@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8389-8626>

Udmurt State University, Izhevsk, Russia

Abstract. Aim. To study the effect of myofascial release on recovery in middle-distance runners. **Materials and methods.** The study involved female middle-distance runners aged 16–18 years. The control and experimental groups consisted of 12 and 11 female athletes, respectively. During the cool-down, 15–20 minute sessions of myofascial release took place. The developed technique of myofascial release was aimed at accelerating recovery, improving blood circulation in working muscles and chest mobility, reducing muscle tone, and improving the functional performance of the respiratory system. Myofascial release was performed with table tennis balls, special rollers, and manually. Each exercise included a description of the body segment position and the technique of targeted application for balls and rollers. All manipulations were performed with respect to lymph flow, avoiding joints and lymphatic nodes. **Results.** Myofascial release during the cool-down resulted in an increase in the functional reserves of the respiratory system in the experimental group compared to the control group. In the experimental group, there was a significant improvement in heart rate recovery after exercise ($p < 0.05$); while in the control group, this parameter remained almost unchanged. **Conclusion.** Myofascial release as part of cool-down activities results in a better recovery of the cardiovascular system, a better functional state of the cardiorespiratory system, and the improvement of adaptive mechanisms. Prolonged use of myofascial release can provide significant improvement in external respiration.

Keywords: myofascial release, recovery, girls, athletics

For citation: Shumikhina I.I., Gushturova I.V., Alabuzhev A.E., Alabuzhev S.A. Effect of myofascial release on recovery in female middle-distance runners. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(4):187–193. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230423

Введение. Высокая интенсивность спортивной тренировки, омоложение спорта, риск развития нервного перенапряжения, связанного с соревновательной борьбой, предъявляют высокие требования к функциональному состоянию организма спортсменов [1, 2]. В связи с этим появляется потребность в поиске и внедрении в тренировку дополнительных средств для предупреждения перенапряжения, ускорения восстановления и повышения спортивной работоспособности. В настоящее время тенденции развития легкой атлетики свидетельствуют о том, что спортивные результаты растут из-за интенсификации тренировочного процесса и увеличения объема тренировочных нагрузок. Форсирование физических нагрузок у легкоатлетов доходит до таких пределов, при которых спортсмены тренируются на пределе своих функциональных возможностей, что очень часто приводит

к перенапряжению функциональных систем организма и возникновению патологических явлений. Поэтому внедрение современных средств оптимизации тренировочного процесса для активного воздействия на процессы восстановления после физических нагрузок путём естественного их стимулирования имеют важное значение [3].

Восстановление – это возвращение функционального состояния организма к дотренировочному уровню и формирование способности систем жизнеобеспечения к переходу на новый, более высокий уровень функциональных возможностей организма [9, 10].

Интенсификация тренировочных нагрузок без ущерба для здоровья легкоатлетов вероятна при условии рационального построения занятий и использовании всевозможных восстановительных мероприятий [4, 7, 12]. Скорость восстановления функционального

состояния организма в большинстве случаев зависит от интенсивности проделанной работы: чем меньше выполненная работа, тем быстрее период восстановления, и наоборот: чем интенсивнее и длительнее физическая работа, тем медленнее период восстановления функционального состояния и работоспособности у спортсменов [13, 14]. В практике спортивной тренировки чаще всего в качестве восстановительных средств используются физические средства восстановления, такие как спортивный массаж, физические упражнения, способствующие растяжению мышечных волокон, участвующих в проделанной работе, и их расслаблению. Такие упражнения способствуют активации кровообращения в работающих мышцах и убирают накопившуюся молочную кислоту и другие продукты метаболизма, а также выполняют функцию активного отдыха, тем самым ускоряя восстановление [5, 8, 11]. Появившаяся в 50-х годах XX века методика миофасциального релиза недостаточно распространена у спортсменов, хотя может быть достаточно эффективной и при этом простой в выполнении [6].

В настоящее время исследования, доказывающие эффективность использования миофасциального релиза для улучшения восстановительных процессов, носят фрагментарный характер. В то же время некоторые исследования опровергают эффективность применения миофасциального релиза для восстановления и повышения физической работоспособности. Поэтому разработка технологии использования миофасциального релиза как средства восстановления является достаточно актуальной задачей в тренировочном процессе спортсменов.

Цель исследования: изучить влияние миофасциального релиза на восстановительные процессы у бегуний на средние дистанции.

Материалы и методы. В обследовании на базе МБОУ «СШОР № 5» г. Ижевска приняли участие девушки в возрасте 16–18 лет, занимающиеся легкой атлетикой – бегом на средние дистанции, контрольную группу составили 12 девушек и 11 спортсменок вошли в экспериментальную группу. Квалификация спортсменок – I–II взрослый спортивный разряд по легкой атлетике. Сеансы миофасциального релиза продолжительностью 15–20 минут проходили в заключительной части тренировки. После выполнения комплекса миофасци-

ального релиза испытуемые выполняли пробу Мартине, по результатам которой оценивалось функциональное состояние сердечно-сосудистой системы.

Задачами разработанной методики применения миофасциального релиза являются: повышение скорости восстановительных процессов, улучшение кровообращения в работающих мышцах, повышение мобильности грудной клетки, снятие гипертонуса с работающих мышц, улучшение функциональных возможностей дыхательной системы.

Нами использовались упражнения миофасциального релиза с использованием теннисных мячей и специальных валиков, а также ручные техники. Упражнения были предложены с целью улучшения кровообращения работающих мышц, повышения снабжения мышц кислородом, улучшения питания фасции мышц, снятия зажимов. В каждом упражнении регламентировалось положение звеньев тела, направление воздействия инвентаря. Воздействия инвентаря выполнялись по току лимфы, исключая воздействие на суставы и лимфатические узлы.

Методика состояла из трех периодов: вводного, основного и заключительного. Вводный и заключительный периоды состояли из 1 занятия, основной – из 10 занятий. На первом этапе эксперимента у девушек контрольной и экспериментальной групп изучались жизненная емкость легких (ЖЕЛ), экскурсия грудной клетки (см), пробы с задержкой дыхания на вдохе и выдохе, проба Штанге и проба Генче соответственно. Также проводилась проба Мартине после проведения миофасциального релиза у девушек в экспериментальной группе и у девушек контрольной группы данная проба проводилась в заключительной части тренировки.

Результаты исследования. Анализ данных, полученных после эксперимента с применением в заключительной части тренировки миофасциального релиза, позволил выявить положительные сдвиги в функциональном состоянии кардиореспираторной системы у девушек экспериментальной группы по сравнению с девушками контрольной группы. Данные динамики показателей функционального состояния кардиореспираторной системы у спортсменок контрольной и экспериментальной групп в конце педагогического эксперимента представлены в таблице.

Динамика показателей функционального состояния кардиореспираторной системы у спортсменок до и после проведения педагогического эксперимента ($M \pm m$) ($n = 23$)
Changes in the functional state of the cardiorespiratory system in female athletes before and after the study ($M \pm m$) ($n = 23$)

Показатель Parameter	Показатели в тестах до эксперимента Baseline measurements		Показатели в тестах после эксперимента Post-study measurements	
	КГ / CG (n = 12)	ЭГ / EG (n = 11)	КГ / CG (n = 12)	ЭГ / EG (n = 11)
ЖЕЛ, мл VC, ml	4046,2 ± 132,8	4062,5 ± 151,1	4098,7 ± 134,2	4197,5 ± 143,2
Проба Штанге, с Timed inspiratory capacity, s	58,1 ± 6,1	56,5 ± 5,9	59,2 ± 4,9	59,0 ± 5,6
Проба Генче, с Timed expiratory capacity, s	28,2 ± 3,2	26,3 ± 2,8	29,1 ± 1,8	28,8 ± 2,3
Экскурия грудной клетки, см Chest excursion, cm	8,8 ± 0,9	8,4 ± 0,8	9,1 ± 0,9	9,2 ± 0,6
ЧСС 1, уд./мин HR 1, bpm	84,3 ± 2,1	86,8 ± 1,9	85,5 ± 2,3	85,7 ± 1,9
ЧСС 2, уд./мин HR 2, bpm	107,8 ± 2,5	109,5 ± 2,2	108,4 ± 3,1	102,5 ± 2,6*
Прирост ЧСС, % HR growth, %	27,8 ± 3,5	26,6 ± 2,7	26,7 ± 3,3	19,6 ± 2,1*
Восстановление ЧСС до исходного уровня, мин Heart rate recovery after exercise, min	4,12 ± 0,6	4,03 ± 0,9	4,09 ± 0,8	3,56 ± 0,7*

Примечание. * – $p < 0,05$ * изменения достоверны между результатами контрольной и опытной групп на втором этапе исследования.

Note. * – significant at $p < 0.05$ when comparing between the control and experimental groups at the second stage of the study.

Выявлено, что наметилась тенденция к улучшению функционального состояния дыхательной системы у девушек экспериментальной группы по сравнению с девушками контрольной группы. Так, нами отмечается прирост результатов ЖЕЛ в контрольной группе на 1,3 %, в экспериментальной группе – на 3,2 %, эти изменения носят недостоверный характер, так как педагогический эксперимент длился в течение одного месяца, но наметившаяся тенденция к увеличению жизненной емкости легких позволяет говорить о более высоких функциональных способностях дыхательной системы у бегуний экспериментальной группы. Это также подтверждается результатами дыхательных проб: прирост в пробе с задержкой дыхания на вдохе (проба Штанге) выше у спортсменок экспериментальной группы по сравнению с контрольной группой – соответственно 5,4 и 3,1 %. Такие же изменения наблюдаются в результатах пробы с задержкой дыхания на выдохе (проба Генче): прирост результата спортсменок кон-

трольной группы составил 3,3 %, а у бегуний экспериментальной группы – 9,5 %.

При оценке функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы под воздействием миофасциального релиза выявлено, что ЧСС у бегуний экспериментальной группы снижается в заключительной части тренировки по сравнению с первым этапом исследования, тогда как у спортсменок контрольной группы отмечается незначительное повышение данного показателя. Достоверные изменения ($p < 0,05$) отмечаются на втором этапе исследований у бегуний экспериментальной группы на пробу Мартине. Так, прирост в процентном соотношении ЧСС после пробы с приседанием достоверно ниже у спортсменок экспериментальной группы, что говорит о более высоких функциональных возможностях сердечно-сосудистой системы, а значит, и об увеличении физической работоспособности спортсменок. Это также подтверждается скоростью восстановительных процессов ЧСС у девушек экспериментальной группы по

сравнению с результатами спортсменок контрольной группы. У легкоатлеток экспериментальной группы достоверно ($p < 0,05$) изменился восстановительный период ЧСС до исходного уровня после пробы с приседанием, время восстановления ЧСС до исходного уровня у спортсменок экспериментальной группы снизилось на 11,6 %, тогда как у девушек контрольной группы время восстановления ЧСС до исходного уровня после пробы с приседанием практически не изменилось.

Результаты исследования продемонстрировали, что проведение миофасциального релиза в заключительной части тренировки у бегуний на средние дистанции оказалось эффективным, так как наблюдаются положительные сдвиги в показателях дыхательной системы, увеличивается ЖЕЛ, экскурсия грудной клетки, время задержки дыхания на вдохе

и выдохе. Данный эффект миофасциального релиза связан с тем, что, воздействуя теннисным мячиком и валиком на грудные мышцы, происходит растяжение и релаксация данных мышц, что способствует устранению обменных нарушений и нормализации кровоснабжения и трофики мышц. Это также приводит к улучшению функционального состояния сердечно-сосудистой системы, адаптационно-приспособительных механизмов и повышению физической работоспособности.

Заключение. Нами выявлено, что использование в заключительной части тренировочного занятия миофасциального релиза способствует усилению эффекта восстановления сердечно-сосудистой системы, а также повышает функциональное состояние кардиореспираторной системы, адаптационно-приспособительные механизмы.

Список литературы

1. Григорьева, Е.В. Особенность методики «миофасциальный релиз» в современных фитнес-технологиях / Е.В. Григорьева, В.В. Горелик // *Наука и образование: новое время*. – 2017. – № 3. – С. 1–5.
2. Иваненко О.А. Миофасциальный релиз в оздоровительной тренировке женщин 45–50 лет / О.А. Иваненко // *Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта*. – 2020. – № 2 (180). – С. 123–128.
3. Шлык, Н.И. Индивидуальный подход к анализу тренировочного процесса по данным вариабельности сердечного ритма у легкоатлетов-бегунов в условиях среднегорья / Н.И. Шлык, И.И. Шумихина, А.Е. Алабужев // *Теория и практика физ. культуры*. – 2017. – № 1. – С. 15–18.
4. ACTN3 R577X genotype and exercise phenotypes in recreational marathon runners / J. Del Coso, V. Moreno, J. Gutiérrez-Hellín et al. // *Genes*. – 2019. – Vol. 10. – P. 413.
5. D'Amico, A. The effect of foam rolling on recovery between two eight hundred meter runs / A. D'Amico, V. Paolone // *J Hum Kinet*. – 2017. – Vol. 57 (1). – P. 97–105.
6. Effects of foam rolling on range of motion, peak torque, muscle activation and the hamstrings-to-quadriceps strength ratios / S. Madoni, P. Costa, J. Coburn, A. Galpin // *J Strength Cond Res*. – 2018. – Vol. 32 (7). – P. 1821–1830.
7. Effects of foam rolling on performance and recovery: A systematic review of the literature to guide practitioners on the use of foam rolling / S. Hendricks, H. Hill, S. den Hollander et al. // *J Bodyw Mov Ther*. – 2020. – Vol. 24 (2). – P. 151–174.
8. Higher quadriceps roller massage forces do not amplify range-of-motion increases or impair strength and jump performance / L. Grabow, J. Young, L. Alcock et al. // *J Strength Cond Res*. – 2018. – Vol. 32(11). – P. 3059–3069.
9. Impact of stretching on performance and injury risk of long-distance runners / C. Baxter, L.R. McNaughton, A. Sparks et al. // *Res Sports Med*. – 2017. – Vol. 25 (1). – P. 78–90.
10. Navalta, J.W. Ethical issues relating to scientific discovery in exercise science / J.W. Navalta, W.J. Stone, T.S. Lyons // *Int J Exerc Sci*. – 2019. – Vol. 12 (1). – P. 1–8.
11. Nikolaidis, P.P. Force-velocity characteristics, muscle strength, and flexibility in female recreational marathon runners / P.P. Nikolaidis, T. Rosemann, B. Knechtle // *Front. Physiol*. – 2018. – Vol. 9. – P. 1563.
12. Richman, E. Combined effects of self-myofascial release and dynamic stretching on range of motion, jump, spring and agility performance / E. Richman, B. Tyo, C. Nicks // *J Strength Cond Res*. – 2019. – Vol. 33 (7). – P. 1795–1803.

13. *Running technique is an important component of running economy and performance* / J.P. Folland, S.J. Allen, M.I. Black et al. // *Med Sci Sports Exerc.* – 2017. – Vol. 49 (7). – P. 1412–1423.

14. *Short-term effects of rolling massage on energy cost of running and power of the lower limbs* / N. Giovanelli, F. Vaccari, M. Floreani et al. // *Int J Sports Physiol Perform.* – 2018. – Vol. 13 (10). – P. 1337–1343.

References

1. Grigor'yeva E.V., Gorelik V.V. [Features of the Myofascial Release Technique in Modern Fitness Technologies]. *Nauka i obrazovaniye: novoye vremya* [Science and Education. New Times], 2017, no. 3, pp. 1–5. (in Russ.)

2. Ivanenko O.A. [Myofascial Release in Health Training for Women 45–50 Years Old]. *Uchenyye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific Notes of the University P.F. Lesgaft], 2020, no. 2 (180), pp. 123–128. (in Russ.)

3. Shlyk N.I., Shumikhina I.I., Alabuzhev A.E. [Individual Approach to the Analysis of the Training Process According to Heart Rate Variability Data Among Track and Field Runners in Mid-Mountain Conditions]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2017, no. 1, pp. 15–18. (in Russ.)

4. Del Coso J., Moreno V., Gutiérrez-Hellín J. et al. ACTN3 R577X Genotype and Exercise Phenotypes in Recreational Marathon Runners. *Genes*, 2019, vol. 10, p. 413. DOI: 10.3390/genes10060413

5. D'Amico A., Paolone V. The Effect of Foam Rolling on Recovery between Two Eight Hundred Meter Runs. *Journal Human Kinet.*, 2017, vol. 57 (1), pp. 97–105. DOI: 10.1515/hukin-2017-0051

6. Madoni S., Costa P., Coburn J., Galpin A. Effects of Foam Rolling on Range of Motion, Peak Torque, Muscle Activation and the Hamstrings-to-quadriceps Strength Ratios. *Journal Strength Cond Research*, 2018, vol. 32 (7), pp. 1821–1830. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002468

7. Hendricks S., Hill H., den Hollander S. et al. Effects of Foam Rolling on Performance and Recovery: A Systematic Review of the Literature to Guide Practitioners on the Use of Foam Rolling. *Journal Bodyw Mov Therapy*, 2020, vol. 24 (2), pp. 151–174. DOI: 10.1016/j.jbmt.2019.10.019

8. Grabow L., Young J., Alcock L. et al. Higher Quadriceps Roller Massage Forces do not Amplify Range-of-motion Increases or Impair Strength and Jump Performance. *Journal Strength Cond Research*, 2018, vol. 32 (11), pp. 3059–3069. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001906

9. Baxter C., McNaughton L.R., Sparks A. et al. Impact of Stretching on Performance and Injury Risk of Long-distance Runners. *Research Sports Medicine*, 2017, vol. 25 (1), pp. 78–90. DOI: 10.1080/15438627.2016.1258640

10. Navalta J.W., Stone W.J., Lyons T.S. Ethical Issues Relating to Scientific Discovery in Exercise Science. *International Journal Exercise Science*, 2019, vol. 12 (1), pp. 1–8.

11. Nikolaidis P.P., Rosemann T., Knechtle B. Force-velocity Characteristics, Muscle Strength, and Flexibility in Female Recreational Marathon Runners. *Front. Physiology*, 2018, vol. 9, p. 1563. DOI: 10.3389/fphys.2018.01563

12. Richman E., Tyo B., Nicks C. Combined Effects of Self-myofascial Release and Dynamic Stretching on Range of Motion, Jump, Spring and Agility Performance. *Journal Strength Cond Research*, 2019, vol. 33 (7), pp. 1795–1803. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002676

13. Folland J.P., Allen S.J., Black M.I. et al. Running Technique is an Important Component of Running Economy and Performance. *Medical Science Sports Exercise*, 2017, vol. 49 (7), pp. 1412–1423. DOI: 10.1249/MSS.0000000000001245

14. Giovanelli N., Vaccari F., Floreani M. et al. Short-term Effects of Rolling Massage on Energy Cost of Running and Power of the Lower Limbs. *International Journal Sports Physiology Performance*, 2018, vol. 13 (10), pp. 1337–1343. DOI: 10.1123/ijsp.2018-0142

Информация об авторах

Шумихина Ирина Ивановна, кандидат биологических наук, доцент кафедры медико-биологических основ физической культуры, Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия.

Гуштурова Ирина Вадимовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры медико-биологических основ физической культуры, Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия.

Алабужев Александр Ефимович, кандидат педагогических наук, доцент, директор института физической культуры и спорта, Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия.

Алабужев Сергей Александрович, старший преподаватель кафедры теории и методики спортивной тренировки и спортивных дисциплин, Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия.

Information about the authors

Irina I. Shumikhina, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biomedical Foundations of Physical Education, Udmurt State University, Izhevsk, Russia.

Irina V. Gushturova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biomedical Foundations of Physical Education, Udmurt State University, Izhevsk, Russia.

Alexander E. Alabuzhev, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Director of the Institute of Physical Education and Sport, Udmurt State University, Izhevsk, Russia.

Sergey A. Alabuzhev, Senior Lecturer, Department of Theory and Methods of Sports Training and Sports Disciplines, Udmurt State University, Izhevsk, Russia.

Статья поступила в редакцию 02.09.2023

The article was submitted 02.09.2023

Рецензии Reviews

УДК 612.176.4
DOI: 10.14529/hsm230424

ПИСЬМО В РЕДАКЦИЮ

Е.Р. Бойко^{1✉}, boiko60@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8027-898X>
Б.Ф. Дерновой^{1,2}, dernowoy@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9864-7691>

¹ Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения
Российской академии наук, Сыктывкар, Россия

² Медико-санитарная часть МВД Российской Федерации по Республике Коми,
Сыктывкар, Россия

Для цитирования: Бойко Е.Р., Дерновой Б.Ф. Письмо в редакцию // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 4. С. 194–196. DOI: 10.14529/hsm230424

DOI: 10.14529/hsm230424

LETTER TO THE EDITOR

E.R. Boyko^{1✉}, boiko60@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8027-898X>
B.F. Dernovoy^{1,2}, dernowoy@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9864-7691>

¹ Institute of Physiology, Komi Scientific Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Komi Republic, Syktывkar, Russia

² Medical and Sanitary Unit of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Komi Republic, Syktывkar,
Russia

For citation: Boyko E.R., Dernovoy B.F. Letter to the editor. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(4):194–196. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230424

Статья: «Супернормальная» диастолическая функция левого желудочка – функциональный показатель спортивного сердца», опубликованная в журнале «Человек. Спорт. Медицина», авторы: С.А. Шерстюк, А.Ю. Асеева, В.И. Андреев, Л.В. Капилевич. – 2022. – Т. 22, № 1. – С. 56–62, представляет интерес, однако после детального ознакомления с работой возникает ряд вопросов, требующих обсуждения.

Прежде всего «супернормальная» диастолическая функция левого желудочка – это термин, который был применен авторами статьи [2] для характеристики соотношения показателей раннего (Е) и позднего (А) диастолического кровенаполнения левого желудочка у молодых лиц при условии отсутствия структурных изменений в сердце и значении Е/А – 2 и более условных единиц (у. е.). Кроме того, термин «супернормальная» диастолическая

функция левого желудочка с показателем Е/А – 2 и более у. е. использовался в статье [2] в качестве примера при описании патологических нарушений в кардиогемодинамике – диастолической дисфункции левого желудочка по рестриктивному типу.

Авторы статьи С.А. Шерстюк и др. приводят в своей работе [7] нормальные значения для показателя Е/А от 1,0 до 1,5 у. е. Однако по данным других авторов [1, 2, 6] показатель Е/А для здоровых лиц, не занимающихся спортом: подростков 13–17 лет, юношей 16–20 лет, взрослых до 50 лет, имеет диапазон от 1,88 до 2,3 у. е., что значительно расширяет диапазон нормы, использованный авторами в своей работе, вызвавшей настоящую дискуссию. С учетом изложенного нам представляется, что введение термина «супернормальная» диастолическая функция левого желудочка при показателе Е/А 2,0 у. е. и более для спортсменов является некорректным.

Таким образом, на настоящий момент остаются открытыми вопросы:

а) корректно ли экстраполировать термин «супернормальная» диастолическая функция левого желудочка, применяемый для молодых лиц, на квалифицированных спортсменов?

б) корректно ли использовать соотношение Е/А от 2 у. е. и выше как функциональный показатель сердца спортсмена, тогда как значения соотношения Е/А для юношей и молодых мужчин, не занимающихся спортом, мало отличаются от 2 у. е.?

Кроме того, С.А. Шерстюк и соавт. [7], выборочно используя показатели толщины и массы миокарда, применяют термины «геометрия левого желудочка», «нормальная геометрия левого желудочка», «нормальные параметры левого желудочка». Однако вышеперечисленные термины используются шире. В частности, кроме толщины и массы миокарда сюда относятся объемные параметры, поперечные и продольные размеры полости левого предсердия и левого желудочка. В понятие термина «нормальная геометрия левого желудочка» входит и описание формы полости левого желудочка. Вышеназванные размеры, приведенные к площади тела, характеризуют волемический объем, и, соответственно, они должны приниматься во внимание, так как могут существенно влиять на показатели диастолической функции [5]. В связи с вышеизложенным возникает вопрос: почему в статье не представлены размеры полости левых отделов сердца и корректно ли использовать термины «геометрия левого желудочка», «нормальная геометрия левого желудочка» только на основании толщины и массы миокарда, не освещая показатели размеров и формы полости левого желудочка?

Следует заметить, что на показатель Е/А могут влиять и реологические свойства крови [4]. Этот показатель мог отличаться между исследуемыми группами и вносить свой вклад в различия соотношения показателя Е/А.

Как справедливо отмечают авторы статьи, вызвавшей дискуссию, на показатель соотношения Е/А при прочих равных условиях влияет

хронотропная функция водителя ритма. Таким образом, при сниженной ЧСС создаются предпосылки для больших значений показателя соотношения Е/А. В обсуждаемой статье представлены данные ЧСС – $64 \pm 7,62$ уд./мин у спортсменов в покое, которые, как отмечают авторы в своем заключении, свидетельствуют о брадикардии у них. Однако параметры ЧСС 64 уд./мин находятся в границах экстремума нормосистолии. Термин же брадикардия используется лишь при синусовом ритме сердца меньше, чем 60 уд./мин [3]. Как авторы могут прокомментировать брадикардию у гандболистов при ЧСС 64 уд./мин?

В своей статье С.А. Шерстюк и соавт. [7] показали, что совокупность временных показателей ранней и поздней диастолы влияет на увеличение временных параметров сердечного цикла, что, в свою очередь, сказывается на показателях ЧСС. Кроме того, ими показано, что брадикардия у спортсменов формируется за счет увеличения времени ранней и поздней диастолы. Эти формулировки не вполне корректны, и, на наш взгляд, более правильным было указать, что в условиях брадикардии увеличивается время раннего и позднего диастолического наполнения. Известно, что внутрисердечные гемодинамические показатели тесно связаны и изначально определяются хронотропной функцией водителя ритма [5].

В конце заключения авторы [7] допускают возможность включения показателя Е/А в оценку состояния адаптированности к физическим нагрузкам, а также использование его для коррекции тренировочного процесса. По нашему мнению, прежде чем предлагать использовать показатель Е/А в качестве маркера адаптации, требуется разобраться возникшие вопросы, а также исследовать «применимость» показателя Е/А к спортсменам, занимающимся циклическими и силовыми видами спорта. Можно предположить, что с высокой вероятностью показатель Е/А будет иметь свои специфические особенности для вышеназванных групп спортсменов, а также зависеть от их спортивного стажа и возраста.

Список литературы

1. Вилкенсхоф, У. Справочник по эхокардиографии: пер. с нем. / У. Вилкенсхоф, И. Крук. – М.: Мед. лит., 2007. – 240 с.
2. Диастолическая дисфункция миокарда: эхокардиографический феномен или вид сердечной недостаточности? / П.Г. Шахнович, А.И. Захарова, Д.В. Черкашин и др. // Вестник Рос. воен.-мед. академии. – 2015. – № 3 (51). – С. 54–57.
3. Доцицын, В.Л. Практическая электрокардиография / В.Л. Доцицын. – 2-е изд. – М.: Медицина, 1987. – 336 с.

4. Коваленко, В.Н. Диастола сердца (физиология, изменения при патологических состояниях) / В.Н. Коваленко, Н.И. Яблuchанский // Вестник Харьков. нац. ун-та. – 2003. – № 597. – С. 5–14.
5. Павлюкова, Е.Н. Функция левого предсердия: современные методы оценки и клиническое значение / Е.Н. Павлюкова, Д.Н. Кузель, Г.В. Матюшин // Рационал. фармакотерапия в кардиологии. – 2017. – № 13 (5). – С. 675–683.
6. Рыбакова, М.К. Эхокардиография в таблицах и схемах. Настольный справочник / М.К. Рыбакова, В.В. Митьков. – 3-е изд. – М.: Издат. дом «Видар-М», 2016. – 288 с.
7. «Супернормальная» диастолическая функция левого желудочка – функциональный показатель спортивного сердца / С.А. Шерстюк, А.Ю. Асеева, В.И. Андреев, Л.В. Капилевич // Человек. Спорт. Медицина. – 2022. – Т. 22, № 1. – С. 56–62.

References

1. Vilkenskhof U., Kruk I. *Spravochnik po ekhokardiografii* [Handbook of Echocardiography], Transl. from German. Moscow, Medical Literature Publ., 2007. 240 p.
2. Shakhnovich P.G., Zakharova A.I., Cherkashin D.V. et al. [Diastolic Myocardial Dysfunction. An Echocardiographic Phenomenon or a Type of Heart Failure?]. *Vestnik Rossiyskoy voyenno-meditsinskoy akademii* [Bulletin of the Russian Military Medical Academy], 2015, no. 3 (51), pp. 54–57. (in Russ.)
3. Doshchitsyn V.L. *Prakticheskaya elektrokardiografiya* [Practical Electrocardiography], 2nd ed. Moscow, Medicine Publ., 1987. 336 p.
4. Kovalenko V.N., Yabluchanskiy N.I. [Cardiac Diastole (Physiology, Changes in Pathological Conditions)]. *Vestnik Khar'kovskogo natsional'nogo universiteta* [Bulletin of the Kharkov National University], 2003, no. 597, pp. 5–14. (in Russ.)
5. Pavlyukova E.N., Kuzhel' D.N., Matyushin G.V. [Left Atrium Function. Modern Methods of Assessment and Clinical Significance]. *Ratsional'naya farmakoterapiya v kardiologii* [Rational Pharmacotherapy in Cardiology], 2017, no. 13 (5), pp. 675–683. (in Russ.) DOI: 10.20996/1819-6446-2017-13-5-675-683
6. Rybakova M.K., Mit'kov V.V. *Ekhokardiografiya v tablitsakh i skhemakh. Nastol'nyy spravochnik* [Echocardiography in Tables and Diagrams. Desk Reference Book], 3rd ed. Moscow, Vidar-M Publ., 2016. 288 p.
7. Sherstyuk S.A., Aseyeva A.Yu., Andreyev V.I., Kapilevich L.V. Supernormal Diastolic Function of the Left Ventricle – a Functional Indicator of an Athletic Heart. *Human. Sport. Medicine*, 2022, vol. 22, no. 1, pp. 56–62. (in Russ.)

Информация об авторах

Бойко Евгений Рафаилович, доктор медицинских наук, профессор, директор, Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, Сыктывкар, Россия.

Дерновой Бронислав Федорович, доктор медицинских наук, старший научный сотрудник, Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, Сыктывкар, Россия; заведующий отделением функциональной диагностики госпиталя, Медико-санитарная часть МВД Российской Федерации по Республике Коми, Сыктывкар, Россия.

Information about the authors

Evgeniy R. Boyko, Doctor of Medical Sciences, Professor, Director of the Institute of Physiology, Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia.

Bronislav F. Dernovoy, Doctor of Medical Sciences, Senior Researcher, Institute of Physiology, Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia; Head of the Department of Functional Diagnostics, Medical and Sanitary Unit of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation for the Komi Republic, Syktyvkar, 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 conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 23.06.2023

The article was submitted 23.06.2023

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, ответственному секретарю, 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 международной 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 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.

Адрес редакции, издателя: 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76, Издательский центр ЮУрГУ, каб. 32.

ЧЕЛОВЕК. СПОРТ. МЕДИЦИНА / HUMAN. SPORT. MEDICINE

Том 23, № 4

2023

16+

Редактор *С.И. Уварова*

Компьютерная верстка *И.А. Захаровой*

Издательский центр Южно-Уральского государственного университета

Подписано в печать 22.12.2023. Дата выхода в свет 29.12.2023. Формат 60×84 1/8. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 23,25. Тираж 500 экз. Заказ 403/456. Цена свободная.

Отпечатано в типографии Издательского центра ЮУрГУ.

454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76.