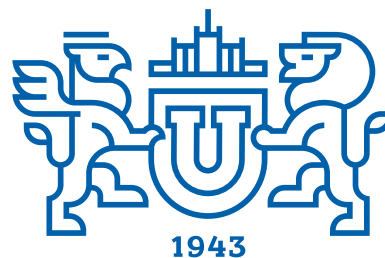


ЧЕЛОВЕК СПОРТ

МЕДИЦИНА 2022 Т.22 № 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 вышеперечисленными 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);

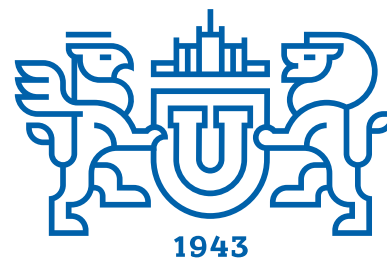
Трофименко Е.Ю., к.э.н. (Челябинск);

Руденко М.Н., д.э.н. (Пермь);

Савельева И.П., д.э.н. (Челябинск)

HUMAN SPORT

MEDICINE



2022 Vol. 22 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

СЕЛЕЗНЁВ В.В., ОВЧИННИКОВ А.Н., КРЫЛОВА Е.В., КОПЫЛОВА С.В., ДЕРЮГИНА А.В. Влияние композиции маточного молочка и экзогенного убихинона-10 на биомаркеры окислительного стресса и повреждения мышечной ткани при выполнении высокоинтенсивного интервального упражнения в подготовительном периоде	7
СОЛОПОВ И.Н., ЯКИМОВИЧ В.С., ГОРБАНЁВА Е.П. Особенности функционального и гормонального статуса организма пловцов 15–17 лет обоих полов с разным темпом индивидуального развития	17
БАЙГУЖИН П.А., ШИБКОВА Д.З., ШЕВЦОВ А.В. Функциональное состояние организма: технологии оценки в спорте и рекреационном туризме (обзор)	25
ФИШЕР Т.А., БОБРЕШОВА С.С., ЯРКИН А.В. Динамика вегетативной регуляции нервной системы и обменных процессов у пловцов при установлении рекорда в ледяной воде	35
СТЕПАНОВА Е.М., ЛУГОВАЯ Е.А. Некоторые биохимические показатели крови высококвалифицированных спортсменов г. Магадана	44
КОЛЕНЧУКОВА О.А., СТЕПАНОВА Л.В., ВЫШЕДКО А.М., ДЕМИДКО Н.Н. АЛЕКСАНДРОВА Л.И. Антиоксидантный статус у спортсменов в период интенсивной физической нагрузки	51
ЗИМОВА К.П., МЕДВЕДЕВ Д.С., ЧИКОВ А.Е., КИСЕЛЕВ А.Д., КРЫЛОВА М.В. Диагностика синдрома отставленной мышечной болезненности	59
БЕЛОУСОВА Н.А., МАЛЫЦЕВ В.П., СЕМЕНОВА М.В., СЕМЧЕНКО А.А. Оценка адаптивного механизма реакции центральной нервной системы обучающихся на запрос когнитивной деятельности	68
АНФИЛАТОВ И.Ю., ТУМАНОВА Н.С. Системы мониторинга как инструменты выявления уровня адаптационных возможностей студентов	76

СПОРТИВНАЯ ТРЕНИРОВКА

СЕМЁНОВА Г.И., ГРИГОРЬЕВ П.А., ЕРКОМАЙШВИЛИ И.В., ЛЕБЕДИХИНА Т.М., ДОБРЫНИН И.М. Мышечная активация при выполнении упражнений с эластичными бэндами и свободными весами	84
ТИХОНОВ В.Ф. Исследование взаимосвязи показателей ускорения туловища и дыхания как условия совершенствования техники бега человека	92
ЗУХОВ А.С., СТРЕЛЬНИКОВ С.П. Критерии эффективности выполнения толчка гирь	101
ПЛАТОНОВА Я.В. Статическая силовая выносливость мышц туловища как один из факторов физической работоспособности студенток на занятиях оздоровительной аэробикой	108
СЕКОВАНИЧ М., GERMANOV Г.Н., КОЛЕСНИКОВА Е.С., ЧЕРЕНКОВА Е.С., ГОТОВЦЕВА Я.В. Эффективность применения тактильных средств в контактных действиях тренера по художественной гимнастике	116
КАПУСТИН А.Г., АЛЕКСАНДРОВА О.А., КОВЯЗИНА Г.В. Методика «Многофункциональная гимнастика» по оздоровлению позвоночника женщин	125
КОНОПЛЕВА А.Н., КАРДАНОВА Е.В., ЧЕРКЕСОВ Т.Ю., БАЖЕВ А.З., ДАДОВ А.В. Использование средств срочной информации в подготовке волейболистов для оценки и корректировки биомеханических характеристик техники подачи мяча	133
ЗЕРЕГ ФАТЕХ, ЖИЙЯР М.В., СУЛИ ТАХА, ТАН ХУАНЬ. Вариативные подходы к тренировке координационных способностей юных гандболисток на этапе спортивной специализации	141

МАВЛИЕВ Ф.А., ЗОТОВА Ф.Р., ЗЕМЛЕНУХИН И.А., ШАЙХЕЛИСЛАМОВА М.В., ДИКОПОЛЬСКАЯ Н.Б., БИЛАЛОВА Г.А., КОЛЯСОВ Р.Р. Функциональная выносливость борцов на поясах	150
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 1	158
БУГРИЙ Г.С., КРУЧИНИНА А.П., СУХОЧЕВ П.Ю., ПОЛИКАНОВА И.С., ЛЕОНОВ С.В. Анализ двигательного отклика на появление шайбы у хоккеистов в условиях виртуальной реальности	170
ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ И СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА	
РУСАНОВ А.В., МИЛАШЕЧКИНА Е.А. Применение дыхательных практик для коррекции отклонений в состоянии здоровья обучающихся (аналитический обзор)	179
ВЕЛИЧКО М.Н., ТЕРСКОВ А.Ю., БЕЛЯКОВА А.М., ЩЕЛЫКАЛИНА С.П., БОДРОВ А.В. Количественная оценка послеоперационного отека нижних конечностей и синовита колен- ного сустава методом биоимпедансного анализа у профессиональных спортсменов после пластики передней крестообразной связки на различных этапах послеоперационной реби- литации	187
ОТ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ	195

CONTENTS

PHYSIOLOGY

SELEZNEV V.V., OVCHINNIKOV A.N., KRYLOVA E.V., KOPYLOVA S.V., DERYUGINA A.V. Effect of royal jelly and exogenous ubiquinone-10 on oxidative stress and muscle tissue damage during high-intensity interval training in the preparatory period	7
SOLOPOV I.N., YAKIMOVICH V.S., GORBANEVA E.P. Functional and hormonal statuses in swimmers of both sexes aged 15–17 years with a different timing of biological maturation	17
BAIGUZHIN P.A., SHIBKOVA D.Z., SHEVTSOV A.V. Functional status of the body: assess- ment technologies in recreational tourism and sport (review)	25
FISHER T.A., BOBRESHOVA S.S., YARKIN A.V. Autonomic regulation of the nervous system and metabolic processes in swimmers competing for a record in ice water	35
STEPANOVA E.M., LUGOVAYA E.A. Blood biochemical values in highly qualified athletes of Magadan	44
KOLENCHUKOVA O.A., STEPANOVA L.V., VYSHEDKO A.M., DEMIDKO N.N., ALEKSANDROVA L.I. Antioxidant status in athletes during intensive exercise	51
ZIMOVA K.P., MEDVEDEV D.S., CHIKOV A.E., KISELEV A.D., KRYLOVA M.V. Diagnostics of delayed onset muscle soreness	59
BELOUSOVA N.A., MALTSEV V.P., SEMENOVA M.V., SEMCHENKO A.A. Assessment of the adaptive mechanism of the central nervous system as a response to cognitive activity in students	68
ANFILATOV I.Yu., TUMANOVA N.S. Monitoring systems as a tool for detecting students' adaptive capabilities	76

SPORTS TRAINING

SEMENOVA G.I., GRIGORIEV P.A., ERKOMAISHVILI I.V., LEBEDIKHINA T.M., DOBRYNIN I.M. Muscle activation during exercise with resistance bands and weights (dumbbells)	84
TIKHONOV V.F. The relationship between body acceleration and respiration for improving running technique	92
ZUKHOV A.S., STRELNIKOV S.P. Criteria for an effective kettlebell clean and jerk	101
PLATONOVA Ya.V. Static strength endurance of trunk muscles as a factor of physical perfor- mance in female students	108
SEKOVANICH M., GERMANOV G.N., KOLESNIKOVA E.S., CHERENKOVA E.S., GOTOVTSEVA Ya.V. Efficiency of tactile contact in rhythmic gymnastics	116
KAPUSTIN A.G., ALEKSANDROVA O.A., KOVYAZINA G.V. Female multifunctional exer- cise program for a healthier spine	125
KONOPLEVA A.N., KARDANOVA E.V., CHERKESOV T.Y., BAZHEV A.Z., DADOV A.V. Use of urgent information for evaluation and correction of biomechanical characteristics of ball serve	133
ZEREG FATEH, GILLARD M.V., SOULI TAKHA, TANG HUAN. Various approaches to coord- ination training in handball players at the stage of sports specialization	141

MAVLIEV F.A., ZOTOVA F.R., ZEMLYANUKHIN I.A., SHAYKHELISLAMOVA M.V., DIKOPOLSKAYA N.B., BILALOVA G.A., KOLYASOV R.R. Functional endurance of belt wrestlers	150
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 1	158
BUGRIY G.S., KRUCHININA A.P., SUKHOCHIEV P.Yu., POLIKANOVA I.S., LEONOV S.V. Analysis of motor response to a hockey puck in virtual reality	170
REHABILITATION AND SPORT MEDICINE	
RUSANOV A.V., MILASHECHKINA E.A. Breathing practices for health enhancement in students (analytical review)	179
VELICHKO M.N., TERSKOV A.Yu., BELYAKOVA A.M., SHCHELYKALINA S.P., BODROV A.V. Quantitative assessment of postoperative lower limb edema and knee synovitis by bioimpedance analysis in professional athletes after anterior cruciate ligament surgery	187
FROM EDITORIAL BOARD	195

ВЛИЯНИЕ КОМПОЗИЦИИ МАТОЧНОГО МОЛОЧКА И ЭКЗОГЕННОГО УБИХИНОНА-10 НА БИОМАРКЕРЫ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА И ПОВРЕЖДЕНИЯ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ВЫСОКОИНТЕНСИВНОГО ИНТЕРВАЛЬНОГО УПРАЖНЕНИЯ В ПОДГОТОВИТЕЛЬНОМ ПЕРИОДЕ

В.В. Селезнёв, vseleznev92@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2862-4192>

А.Н. Овчинников, alexander_ovchinnikov91@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7527-3503>

Е.В. Крылова, alena.krylova.nn@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1341-1709>

С.В. Копылова, gorelaya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5527-9075>

А.В. Дерюгина, derugina69@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8812-8559>

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Цель: проанализировать влияние композиции маточного молочка и экзогенного убихинона-10 на биомаркеры окислительного стресса и повреждения мышечной ткани при выполнении высокоинтенсивного интервального упражнения в подготовительном периоде. **Материалы и методы.** В исследовании было задействовано 16 высококвалифицированных пловцов в возрасте 16 ± 1 год. Уровень достигнутой работоспособности определялся на 1-е и 11-е сутки исследования, испытуемые преодолевали дистанцию 50 метров основным способом плавания 4 раза с интервалом отдыха 45 с между отрезками. В течение исследования пловцы из группы А ежедневно принимали плацебо (мёд), группы Б – препарат (маточное молочко пчёл (ММ) и убихинон-10 (Q-10), суспендированные в мёде). Содержание диеновых (ДК) и триеновых конъюгатов (ТК), оснований Шиффа (ОШ), активность креатинкиназы (КК) и лактатдегидрогеназы (ЛДГ) в плазме крови измеряли стандартными биохимическими методами. **Результаты.** Показано, что пловцы группы Б на 11-е сутки статистически значимо улучшили результат контрольного тестирования на 5,6 % по сравнению с испытуемыми из группы А. При этом уровень ДК, ТК, ОШ в крови спортсменов, принимавших в течение исследования композицию ММ+Q-10, статистически значимо снизился после физической нагрузки на 10; 12,5; 24,8 % соответственно по отношению к 1-м суткам и на 15,6; 24,3; 27,9 % по сравнению с группой плацебо. Внутри группы Б в результате приема композиции ММ+Q-10 активность КК и ЛДГ в крови после физической нагрузки статистически значимо уменьшилась на 33,4 и 40,9 % соответственно, а по сравнению с группой А – на 31,2 и 49,1 %. **Заключение.** Введение в рацион спортсмена композиции ММ + Q-10 во время подготовительного периода способно предотвращать негативные изменения в метаболизме скелетных мышц, вызываемые окислительным стрессом, повышая при этом функциональные возможности, а именно результативность выполнения упражнений максимальной мощности.

Ключевые слова: маточное молочко, убихинон-10, перекисное окисление липидов, креатинкиназа, лактатдегидрогеназа, физическая нагрузка максимальной мощности, плавание

Для цитирования: Влияние композиции маточного молочка и экзогенного убихинона-10 на биомаркеры окислительного стресса и повреждения мышечной ткани при выполнении высокоинтенсивного интервального упражнения в подготовительном периоде / В.В. Селезнёв, А.Н. Овчинников, Е.В. Крылова и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 4. С. 7–16. DOI: 10.14529/hsm220401

EFFECT OF ROYAL JELLY AND EXOGENOUS UBIQUINONE-10 ON OXIDATIVE STRESS AND MUSCLE TISSUE DAMAGE DURING HIGH-INTENSITY INTERVAL TRAINING IN THE PREPARATORY PERIOD

V.V. Seleznev, vseleznev92@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2862-4192>

A.N. Ovchinnikov, alexander_ovchinnikov91@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7527-3503>

E.V. Krylova, alena.krylova.nn@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1341-1709>

S.V. Kopylova, gorelaya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5527-9075>

A.V. Deryugina, derugina69@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8812-8559>

National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. Aim. The paper aims to identify the effect of royal jelly and exogenous ubiquinone-10 on biomarkers of oxidative stress and muscle tissue damage during high-intensity interval training in the preparatory period. **Materials and methods.** The study involved 16 skilled swimmers aged 16 ± 1 years. Their performance was evaluated on Days 1 and 11 of the study by the results of 4×50 m swimming test (main swimming style, 45-s rest between sets). Swimmers in Group A received placebo (honey) daily, swimmers in Group B received a combination of royal jelly (RJ) and exogenous ubiquinone-10 (Q-10) suspended in honey. Plasma diene and trienoic conjugates, Schiff base complexes, creatine kinase and lactate dehydrogenase activity were measured by means of the biochemical test. **Results.** On Day 11, there was a significant improvement in test values by 5.6% in group B compared with group A. A significant decrease of diene and trienoic conjugates and Schiff base complexes was recorded in athletes of the RJ + Q-10 group compared with Day 1 (10%, 12.5%, 24.8%, respectively) and the placebo group (15.6%, 24.3%, 27.9%). In group B, intragroup values of creatine kinase and lactate dehydrogenase activity decreased by 33.4% and 40.9%, respectively, while their intergroup values decreased by 31.2% and 49.1%, respectively. **Conclusion.** The use of RJ + Q-10 during the preparatory period prevents negative changes in skeletal muscle metabolism produced by oxidative stress and increases functional capabilities, namely the performance of maximal exercise.

Keywords: royal jelly, ubiquinone-10, lipid peroxidation, creatine kinase, lactate dehydrogenase, maximal exercise, swimming

For citation: Seleznev V.V., Ovchinnikov A.N., Krylova E.V., Kopylova S.V., Deryugina A.V. Effect of royal jelly and exogenous ubiquinone-10 on oxidative stress and muscle tissue damage during high-intensity interval training in the preparatory period. *Human. Sport. Medicine*. 2022;22(4):7–16. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220401

Введение. В плавании подготовительный период этапа спортивного совершенствования характеризуется 10–12 тренировками в бассейне, а также 3–6 занятиями общей физической подготовкой в неделю. При этом общая преодолеваемая спортсменами дистанция может достигать 80–110 км в неделю. Объем физической нагрузки при плавании в анаэробном режиме может достигать 30–35 %. В результате функциональные резервы организма могут истощаться, что потенциально может приводить к развитию преморбидных и патологических состояний. В вышеуказанный период спортсмен демонстрирует более низкий по сравнению с предсоревновательным периодом уровень физической работоспособности, что, как правило, выражается более низкой скоростью преодоления дистанций. В подго-

товительном периоде перед спортсменом стоит задача предупреждения срыва адаптационных процессов, индуцированных интенсивными физическими нагрузками. Окислительный стресс, возникающий при выполнении упражнений в зоне максимальной мощности, способствует интенсивному образованию реакционно-активных форм кислорода в задействованных мышцах с последующим накоплением токсичных продуктов липопероксидации в крови. Между тем антиоксидантная система не способна поддерживать окислительно-восстановительный гомеостаз в границах физиологической нормы, что провоцирует патологические последствия для метаболического фона [5]. Изменение прооксидантно-антиоксидантного баланса в направлении чрезмерного образования токсичных продуктов

окислительной модификации макромолекул сопровождается нарушением мембранных структур – от проницаемости и барьерной функции до апоптоза клетки. Более того, избыточное содержание мышечных ферментов, таких как КК и ЛДГ, во внеклеточной среде является одним из маркеров повреждения мышечной ткани.

В связи с этим использование биологически активных веществ широкого спектра физиологического действия, в том числе способных предупреждать развитие системного окислительного стресса, приобретает особую актуальность в подготовительный период. К соединениям, потенциально обладающим аддитивными антиоксидантными свойствами, можно отнести пчелиное маточное молочко (ММ), являющееся адаптогеном природного происхождения, и экзогенный убихинон-10 (Q-10) – жирорастворимый кофермент, синтезируемый в организме и выполняющий множество различных функций, связанных с его окислительно-восстановительным статусом [11]. Известно, что участие убихинона в метаболических процессах при мышечной работе в зоне субмаксимальной мощности возрастает [18]. Следовательно, прием данного вещества, предшествующий физической нагрузке, способен оказывать предупреждающее влияние на процессы липопероксидации во время и после выполнения высокоинтенсивных упражнений путем встраивания экзогенного соединения в клеточную мембрану, а также активации биосинтеза эндогенного убихинона [10, 13]. Безусловно, Q-10 играет важную роль в усилении неэнзимного компонента предупреждения оксидативного стресса [15]. В свою очередь предполагается, что ММ способно стимулировать ферментативное звено антиоксидантной системы за счет увеличения экспрессии и активности супероксиддисмутазы (СОД) и каталазы (КАТ) [1, 7, 17]. Более того, указанный выше взаимопотенцирующий эффект может напрямую быть связан с поддержанием физической работоспособности при нагрузках высокой интенсивности, что имеет большое значение в практике спортивной подготовки.

Ранее было показано, что пловцы, принимавшие в предсоревновательном периоде в течение 14 суток композицию ММ + Q-10 в дозе 400 и 60 мг/сут соответственно, улучшили показатели работоспособности, которые определялись контрольным тестированием.

Количество набранных очков по унифицированной системе, разработанной Международной федерацией плавания (FINA), в группе спортсменов, принимавших ММ + Q-10, увеличилось на 12,41 % по сравнению с группой плацебо [3]. Кроме того, в аналогичный период подготовки также была доказана целесообразность приема указанной выше комбинации веществ высококвалифицированными легкоатлетами в течение 10 дней, что выражалось меньшим временем, затраченным на выполнение контрольного теста [2].

Поскольку эффективность приема композиции ММ + Q-10 спортсменами была показана во время компенсации в предсоревновательном периоде, то в данной работе цель состояла в изучении влияния данной комбинации веществ на биомаркеры окислительного стресса и повреждения мышечной ткани при выполнении высокоинтенсивного интервального упражнения в подготовительном периоде.

Материалы и методы исследования. Было задействовано 16 высококвалифицированных пловцов мужского пола в возрасте 16 ± 1 год. Все участники были предварительно проинформированы о цели и методике проведения исследования и дали добровольное согласие на участие в нем в соответствии с Хельсинкской декларацией [19].

Уровень работоспособности определялся на 1-е и 11-е сутки исследования, испытуемые проплывали 50 м основным способом плавания 4 раза с интервалом отдыха 45 с между отрезками. По результатам первого тестирования были сформированы 2 группы со сходными морфофункциональными показателями.

В течение 10 суток испытуемые принимали вещества сублингвально. Группа А – плацебо (мёд) в дозе 10 г/сут. Группа Б – препарат (маточное молочко пчёл и убихинон-10, суспендированные в мёде) в дозе 10 г/сут, включая 400 мг/сут ММ и 60 мг/сут Q-10. Мёд и ММ были предоставлены ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства». Q-10 получен методом микробиологического синтеза на ОАО «Кстовский ОПЗ БВК».

Забор крови производился из локтевой вены за одни сутки до употребления и на десятые сутки приёма веществ до и после выполнения контрольного упражнения. Содержание диеновых ДК и ТК, ОШ в плазме крови измеряли на спектрофотометре «СФ-2000» («ОКБ СПЕКТР», Россия) по методу И.А. Вол-

чегорского [6]. Активность КК и ЛДГ в плазме крови оценивали энзиматическим кинетическим методом в диапазоне 1–1100 ед./л и 5–1200 ед./л соответственно на биохимическом анализаторе Clima MC-15 (RAL, Испания) с использованием набора реагентов СК-NAC DiaS (Германия).

Физическую подготовленность пловцов определяли по сумме времени преодоления четырех отрезков и дальнейшему переводу результата в систему очков FINA.

Статистическая обработка полученных данных выполнена с использованием программного приложения RStudio. Полученные результаты представлены в виде среднего арифметического \pm стандартная ошибка среднего ($M \pm m$) или медианы \pm интерквартильное расстояние ($Me \pm 25$ -й процентиль). Анализ на предмет определения статистически значимых различий проводили с применением критерия Манна – Уитни и критерия Вилкоксона.

Результаты. В ходе исследования было показано, что показатели пловцов группы Б в части выполнения контрольного тестирования на 11-е сутки исследования были статистически значимо выше на 5,6 % по сравнению с группой А (табл. 1).

Повышение результативности выполнения упражнения может быть сопряжено с изменениями метаболизма, связанными с ингибированием процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) с соответствующим предупреждением повреждения сарколеммы и других клеточных структур мышечного волокна [4]. Так, на 11-е сутки исследования у спортсменов, принимавших ММ + Q-10, уровень ДК, ТК и ОШ в крови статистически

значимо снизился после физической нагрузки на 10; 12,5; 24,8 % соответственно по отношению к 1-м суткам (рис. 1).

Вместе с тем по сравнению с группой плацебо концентрация ТК и ОШ в крови после контрольного тестирования, проведенного на 11-е сутки исследования, также была статистически значимо меньше на 24,3 и 27,9 %. Чрезмерное образование ОШ, являющихся токсичными конечными продуктами ПОЛ, предполагает, что активность ферментативных белков уменьшается, функции структурных и сократительных белков мышечного волокна подавляются. При этом наблюдается деформация каналообразующих белков мембраны, в результате чего ее проницаемость возрастает, что в дальнейшем ведет к необратимым изменениям в клетке и, как следствие, ее гибели. После выполнения контрольного тестирования показатель ОШ/(ДК+ТК), характеризующий направленность цепных реакций свободнорадикального окисления липидов, статистически значимо увеличился на 18,3 % в сторону преобладания ОШ в крови у спортсменов группы А на 11-е сутки по сравнению с 1-ми сутками (табл. 2).

Интенсификация свободнорадикальных процессов в направлении образования конечных продуктов ПОЛ может свидетельствовать о снижении активности антиоксидантной системы и лимитировать физическую работоспособность. В свою очередь, мы предполагаем, что аддитивное действие ММ и Q-10 заключается в стимулировании двух взаимосвязанных звеньев антиоксидантной системы защиты. Так, деценовые кислоты ММ, являющиеся уникальным компонентом его состава, способны через активацию АМФ-активируемой

Таблица 1
Table 1

Результативность выполнения высокоинтенсивного интервального упражнения пловцами до и после приема веществ ($M \pm m$) ($n = 16$)
Performance of high-intensity interval exercise before and after treatment ($M \pm m$) ($n = 16$)

Показатель, ед. измерения Parameter, units of measurement	Группа А / Group A, $n = 8$		Группа Б / Group B, $n = 8$	
	до приема плацебо before placebo	после приема плацебо after placebo	до приема препарата (ММ + Q-10) before treatment (RJ + Q-10)	после приема препарата (ММ + Q-10) after treatment (RJ + Q-10)
Количество очков FINA, усл. ед. FINA points, c. u.	597,01 \pm 12,03	582,17 \pm 18,16	602,51 \pm 11,84	614,83 \pm 7,03*

Примечание. * – $p < 0,05$ по сравнению с группой А после приема плацебо.

Note. * – $p < 0.05$ compared with Group A after placebo.

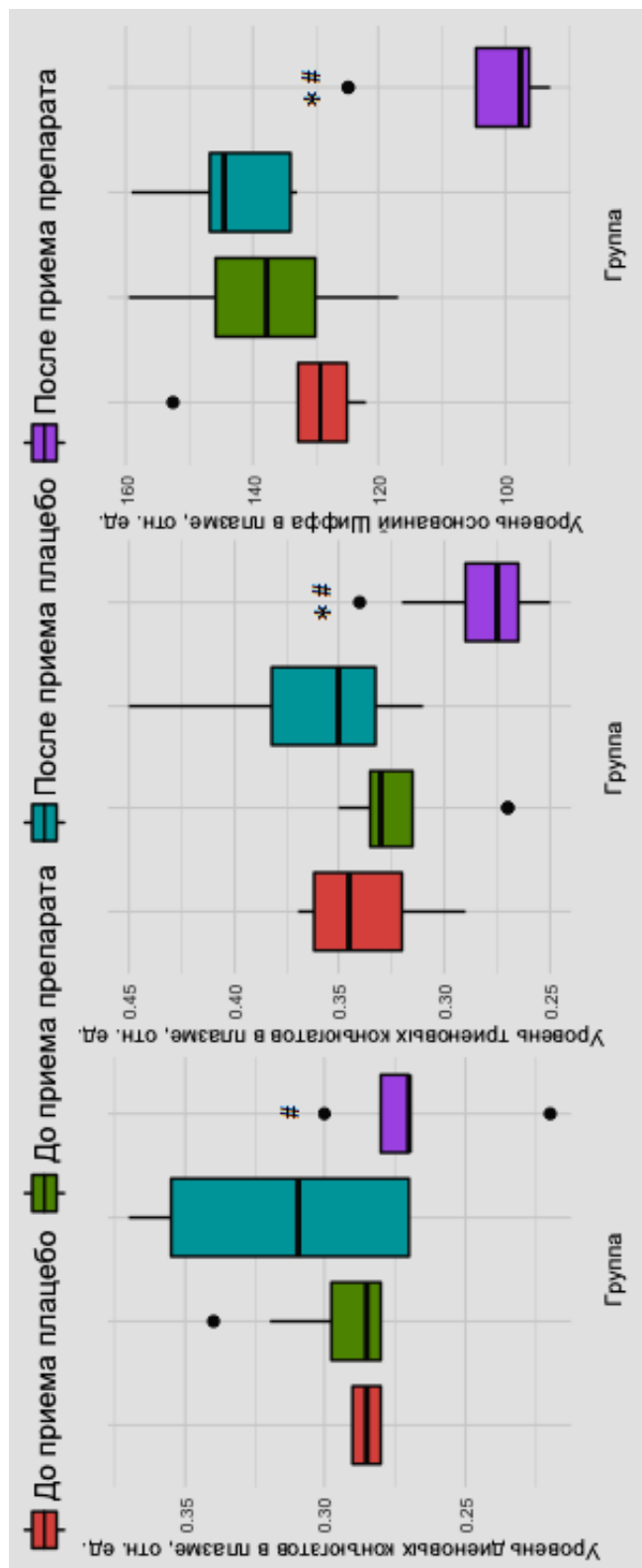


Рис. 1. Содержание продуктов ПОЛ в плазме крови пловцов до и после приема веществ (Me \pm 25-й процентиль) (n = 16):
* – p < 0,05 по сравнению с группой после приема плацебо; # – p < 0,05 по сравнению с группой до приема препарата (MM + Q-10)
Fig. 1. Plasma lipid peroxidation products in swimmers before and after treatment (Me \pm 25 percentile) (n = 16):
* – p < 0.05 compared with the placebo group; # – p < 0.05 compared with the data obtained before treatment (MM + Q-10)

протеинкиназы увеличивать экспрессию антиоксидантных ферментов [1, 7–9], в то время как Q-10 может повышать активность СОД и КАТ, а также благодаря присутствию донорно-акцепторных свойств обладает высокой реакционной способностью восстанавливать липидные радикалы, передавая им свои электроны [12, 15]. Кроме того, в восстановленной форме убихинон может непосредственно регенерировать антиоксидантную активность

аскорбата и α -токоферола, участвующих в дезактивации свободных радикалов [15, 16].

Также после выполнения тестирования на 11-е сутки исследования у пловцов группы Б активность КК и ЛДГ в плазме крови была статистически значимо меньше на 31,2 и 49,1 % соответственно по сравнению с группой А (рис. 2).

При этом установлено, что внутри группы Б в результате приема композиции ММ + Q-10

Таблица 2
Table 2

Отношение содержания конечных продуктов ПОЛ к первичным в крови у пловцов
до и после приема веществ (М ± m) (n = 16)
The ratio of final to primary blood lipid peroxidation products in swimmers
before and after treatment (M ± m) (n = 16)

Показатель, ед. измерения Parameter, units of measurement	Группа А / Group A, n = 8		Группа Б / Group B, n = 8	
	до приема плацебо before placebo	после приема плацебо after placebo	до приема препарата (ММ + Q-10) before treatment (RJ + Q-10)	после приема препарата (ММ + Q-10) after treatment (RJ + Q-10)
ОШ/(ДК+ТК), усл. ед. Schiff base complexes / (diene + trienoic conjugates), c. u.	187,03 ± 6,51	221,29 ± 16,81 [^]	193,45 ± 5,68	140,53 ± 11,98 ^{*#}

Примечание. [^] – p < 0,05 по сравнению с группой А до приема плацебо; * – p < 0,05 по сравнению с группой А после приема плацебо; [#] – p < 0,05 по сравнению с группой Б до приема препарата (ММ + Q10).

Note. [^] – p < 0.05 compared with group A before placebo; * – p < 0.05 compared with group A after placebo; [#] – p < 0.05 compared with group B before treatment (ММ + Q10).

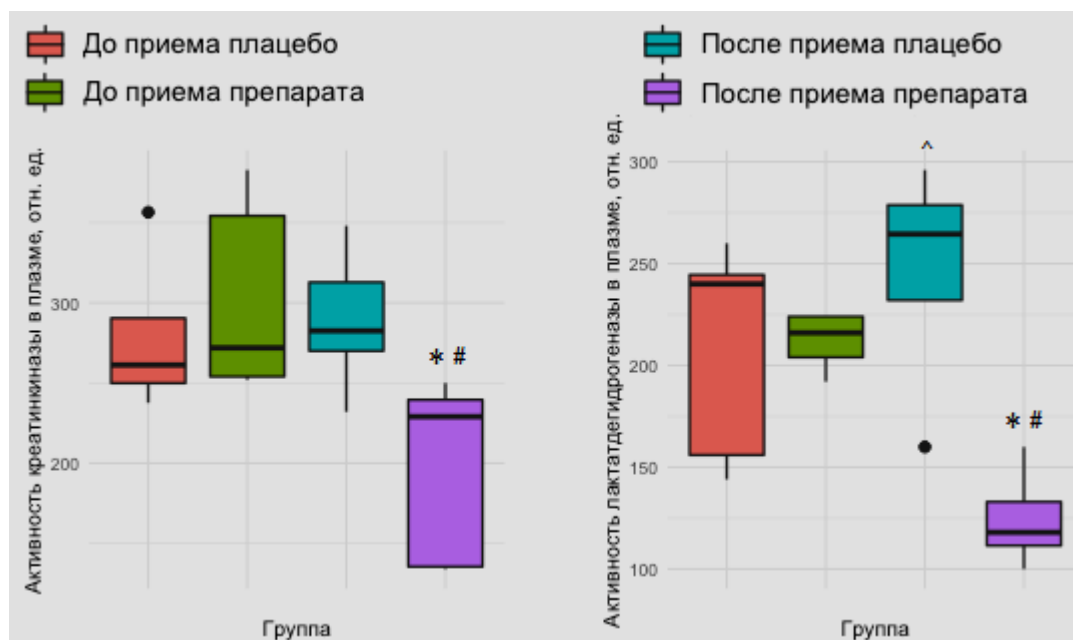


Рис. 2. Активность КК и ЛДГ в плазме крови пловцов до и после приема веществ (Ме ± 25-й процентиль) (n = 16): [^] – p < 0,05 по сравнению с группой до приема плацебо; * – p < 0,05 по сравнению с группой после приема плацебо; [#] – p < 0,05 по сравнению с группой до приема препарата (ММ + Q10)

Fig. 2. Plasma creatine kinase and lactate dehydrogenase activity in swimmers before and after treatment (Me ± 25 percentile) (n = 16): [^] – p < 0.05 compared with the placebo group; * – p < 0.05 compared with the data obtained before treatment (ММ + Q-10)

активность КК и ЛДГ в крови после физической нагрузки статистически значимо уменьшилась на 33,4 и 40,9 %, соответственно. Как известно, одними из маркеров повреждения клеток мышечной ткани является повышение активности КК и ЛДГ во внеклеточной среде организма. Снижение активности данных ферментов в крови после приема ММ + Q-10 свидетельствовало об ингибировании процессов, связанных с нарушением структуры и функции клеток мышечной ткани. Подтверждением последнему служит торможение реакций липопероксидации, что можно увидеть по меньшему аккумулярованию токсичных конечных продуктов окислительной модификации липидов в крови после приема комбинации ММ + Q-10. Как известно, КК, локализуясь в клетке, катализирует реакцию, обеспечивающую энергией мышечные сокращения за счет образования креатинфосфата, который расходуется в том числе в процессе выполнения упражнений субмаксимальной мощности. В свою очередь ЛДГ также продолжает вы-

полнять основную функцию, а именно – катализировать процесс обратного превращения молочной кислоты в пировиноградную [14]. Так, более низкий уровень лактата в крови спортсменов после интенсивных физических нагрузок был отмечен ранее в исследованиях влияния ММ + Q-10 [2, 3].

Закключение. Следовательно, введение в рацион спортсмена композиции ММ + Q-10 во время подготовительного периода способно предотвращать негативные изменения в метаболизме скелетных мышц, вызываемые окислительным стрессом, повышая при этом функциональные возможности, а именно результативность выполнения упражнений субмаксимальной мощности. Более того, мы можем предполагать, что использование данной композиции во время соревнований по плаванию может быть актуальным в связи с тем, что высококвалифицированные спортсмены участвуют в предварительных, полуфинальных и финальных заплывах на основных дистанциях.

Список литературы

1. АМРК: структура, функции и участие в патологических процессах / Д.С. Новикова, А.В. Гарабаджиу, Д. Мелино и др. // Биохимия. – 2015. – Т. 80, № 2. – С. 163–183.
2. Влияние пчелиного маточного молочка и убихинона-10 на содержание гемоглобина и лактата в крови высококвалифицированных легкоатлетов / В.В. Селезнёв, В.Г. Кузьмин, Е.В. Крылова и др. // Культура физическая и здоровье. – 2019. – № 4 (72). – С. 155–158.
3. Влияние пчелиного маточного молочка и убихинона-10 на содержание гемоглобина и лактата в крови высококвалифицированных пловцов в предсоревновательном периоде / А.Н. Овчинников, В.В. Селезнёв, Е.В. Крылова, В.Н. Крылов // Теория и практика физ. культуры. – 2016. – № 11. – С. 29–31.
4. Гунина, Л. Синдром перенапряжения у спортсменов: миокардиальные биохимические маркеры / Л. Гунина, В. Безуглая, Е. Носач // Наука в олимпийском спорте. – 2017. – № 1. – С. 27–35.
5. Использование показателей свободнорадикального окисления в ротовой жидкости в качестве маркеров функционального состояния спортсменов / К.Н. Конторщикова, Ю.Р. Тихомирова, А.Н. Овчинников и др. // Современные технологии в медицине. – 2017. – Т. 9, № 3. – С. 82–86.
6. Сопоставление различных подходов к определению продуктов перекисного окисления липидов в гептан-изопропанольных экстрактах крови / И.А. Волчегорский, А.Г. Нахимов, Б.Г. Яровинский, Р.И. Луфшиц // Вопросы мед. химии. – 1989. – Т. 35, № 1. – С. 127–131.
7. 10-Hydroxy-2-decenoic acid, a unique medium-chain fatty acid, activates 5'-AMP-activated protein kinase in L6 myotubes and mice / M. Takikawa, A. Kumagai, H. Hirata et al. // Molecular nutrition & food research. – 2013. – Vol. 57, № 10. – P. 1794–1802.
8. Alvarez-Suarez, J.M. Bee Products – Chemical and Biological Properties / J.M. Alvarez-Suarez. – Springer International Publishing AG, 2017. – P. 181–187.
9. Antioxidant Activity of Royal Jelly Hydrolysates Obtained by Enzymatic Treatment / H. Gu, I. Song, H. Han, et al. // Korean Journal for Food Science of Animal Resources. – 2018. – Vol. 38, No. 1. – P. 135–142.
10. Coenzyme Q and the regulation of intracellular steady-state levels of superoxide in HL-60 cells / D. Gonzalez-Aragon, M.I. Buron, G. Lopez-Lluch et al. // Biofactors. – 2005. – Vol. 25, No. 1–4. – P. 31–41.

11. Effects of 10-day royal jelly and coenzyme Q10 supplementation on functional condition in highly qualified athletes / A. Ovchinnikov, A. Deryugina, C. Kontorschikova, I. Okrut // *Clinica Chimica Acta*. – 2019. – Vol. 493, No. S1. – P. 494.
12. Effect of coenzyme Q10 supplementation on antioxidant enzymes activity and oxidative stress of seminal plasma: a double-blind randomised clinical trial / A. Nadjarzadeh, F. Shidfar, N. Amirjannati et al. // *Andrologia*. – 2014. – Vol. 46, No. 2. – P. 177–183.
13. Littarru, G.P. Clinical aspects of coenzyme Q10: an update / G.P. Littarru, L. Tiano // *Nutrition*. – 2010. – Vol. 26, No. 3. – P. 250–254.
14. Meshcheryakova, O.V. Mitochondrial lactate oxidation: mechanism and importance at the temperature adaptation / O.V. Meshcheryakova, M.V. Churova, N.N. Nemova // *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A: Molecular & Integrative Physiology*. – 2012. – T. 163, No. S. – P. 5–6.
15. Navas, P. The importance of plasma membrane coenzyme Q in aging and stress responses / P. Navas, J.M. Villalba, R. de Cabo // *Mitochondrion*. – 2007 – Vol. 7. – P. 34–40.
16. Rodríguez-Bies, E. Age-Dependent Effect of Every-Other-Day Feeding and Aerobic Exercise in Ubiquinone Levels and Related Antioxidant Activities in Mice Muscle / E. Rodríguez-Bies, P. Navas, G. López-Lluch // *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*. – 2015. – Vol. 70, No. 1. – P. 33–43.
17. Royal jelly constituents increase the expression of extracellular superoxide dismutase through histone acetylation in monocytic THP-1 cells / J. Makino, R. Ogasawara, T. Kamiya et al. // *Journal of natural products*. – 2016. – Vol. 79, No. 4. – P. 1137–1143.
18. Systematic review of effect of coenzyme Q10 in physical exercise, hypertension and heart failure / F. Rosenfeldt, D. Hilton, S. Pepe, H. Krum // *Biofactors*. – 2003. – Vol. 18, No. 1-4. – P. 91–100.
19. World Medical Association Declaration of Helsinki. Recommendation guiding physicians in biomedical research involving human subjects // *Journal of the American Medical Association*. – 1997. – Vol. 277, No. 11. – P. 925–926.

References

1. Novikova D.S., Garabadzhiu A.V., Melino D. et al. [AMPK. Structure, Functions and Participation in Pathological Processes]. *Biokhimiya* [Biochemistry], 2015, vol. 80, no. 2, pp. 163–183. (in Russ.) DOI: 10.1134/S0006297915020017
2. Seleznev V.V., Kuz'min V.G., Krylova E.V. et al. [Influence of Royal Jelly and Ubiquinone-10 on the Content of Hemoglobin and Lactate in the Blood of Highly Qualified Athletes]. *Kul'tura fizicheskaya i zdorov'ye* [Physical Culture and Health], 2019, no. 4 (72), pp. 155–158. (in Russ.)
3. Ovchinnikov A.N., Seleznev V.V., Krylova E.V., Krylov V.N. [Influence of Royal Jelly and Ubiquinone-10 on the Content of Hemoglobin and Lactate in the Blood of Highly Qualified Swimmers in the Pre-Competitive Period]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2016, no. 11, pp. 29–31. (in Russ.)
4. Gunina L., Bezuglaya V., Nosach E. [Overstrain Syndrome in Athletes. Myocardial Biochemical Markers]. *Nauka v olimpiyskom sporte* [Science in Olympic Sports], 2017, no. 1, pp. 27–35. (in Russ.) DOI: 10.15823/sm.2017.4
5. Kontorshchikova K.N., Tikhomirova Yu.R., Ovchinnikov A.N. et al. [Use of Indicators of Free Radical Oxidation in the Oral Fluid as Markers of the Functional State of Athletes]. *Sovremennyye tekhnologii v meditsine* [Modern Technologies in Medicine], 2017, vol. 9, no. 3, pp. 82–86. (in Russ.) DOI: 10.17691/stm2017.9.3.11
6. Volchegorskii I.A., Nalimov A.G., Yarovinskiĭ B.G., Lifshits R.I. [Comparison of Different Approaches to the Determination of Lipid Peroxidation Products in Heptane-Isopropanol Blood Extracts]. *Voprosy meditsinskoĭ khimii* [Questions of Medical Chemistry], 1989, vol. 35, no. 1, pp. 127–131. (in Russ.)
7. Takikawa M., Kumagai A., Hirata H. et al. 10-Hydroxy-2-Decenoic Acid, a Unique Medium-Chain Fatty Acid, Activates 5'-AMP-Activated Protein Kinase in L6 Myotubes and Mice. *Molecular Nutrition & Food Research*, 2013, vol. 57, no. 10, pp. 1794–1802. DOI: 10.1002/mnfr.201300041
8. Alvarez-Suarez J.M. *Bee Products – Chemical and Biological Properties*. Springer International Publishing AG, 2017, pp. 181–187. DOI: 10.1007/978-3-319-59689-1

9. Gu H., Song I., Han H. et al. Antioxidant Activity of Royal Jelly Hydrolysates Obtained by Enzymatic Treatment. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 2018, vol. 38, no. 1, pp. 135–142.
10. Gonzalez-Aragon D., Buron M.I., Lopez-Lluch G. et al. Coenzyme Q and the Regulation of Intracellular Steady-State Levels of Superoxide in HL-60 Cells. *Biofactors*, 2005, vol. 25, no. 1–4, pp. 31–41. DOI: 10.1002/biof.5520250105
11. Ovchinnikov A., Deryugina A., Kontorschikova C., Okrut I. Effects of 10-day Royal Jelly and Coenzyme Q10 Supplementation on Functional Condition in Highly Qualified Athletes. *Clinica Chimica Acta*, 2019, vol. 493, no. S1, 494 p. DOI: 10.1016/j.cca.2019.03.1041
12. Nadjarzadeh A., Shidfar F., Amirjannati N. et al. Effect of Coenzyme Q10 Supplementation on Antioxidant Enzymes Activity and Oxidative Stress of Seminal Plasma: a Double-Blind Randomised Clinical Trial. *Andrologia*, 2014, vol. 46, no. 2, pp. 177–183. DOI: 10.1111/and.12062
13. Littarru G.P., Tiano L. Clinical Aspects of Coenzyme Q10: an Update. *Nutrition*, 2010, vol. 26, no. 3, pp. 250–254. DOI: 10.1016/j.nut.2009.08.008
14. Meshcheryakova O.V., Churova M.V., Nemova N.N. Mitochondrial Lactate Oxidation: Mechanism and Importance at the Temperature Adaptation. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 2012, vol. 163, no. S, pp. 5–6. DOI: 10.1016/j.cbpa.2012.05.020
15. Navas P., Villalba J.M., de Cabo R. The Importance of Plasma Membrane Coenzyme Q in Aging and Stress Responses. *Mitochondrion*, 2007, vol. 7, pp. 34–40. DOI: 10.1016/j.mito.2007.02.010
16. Rodríguez-Bies E., Navas P., López-Lluch G. Age-Dependent Effect of Every-Other-Day Feeding and Aerobic Exercise in Ubiquinone Levels and Related Antioxidant Activities in Mice Muscle. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 2015, vol. 70, no. 1, pp. 33–43. DOI: 10.1093/gerona/glu002
17. Makino J., Ogasawara R., Kamiya T. et al. Royal Jelly Constituents Increase the Expression of Extracellular Superoxide Dismutase Through Histone Acetylation in Monocytic THP-1 Cells. *Journal of Natural Products*, 2016, vol. 79, no. 4, pp. 1137–1143. DOI: 10.1021/acs.jnatprod.6b00037
18. Rosenfeldt F., Hilton D., Pepe S., Krum H. Systematic Review of Effect of Coenzyme Q10 in Physical Exercise, Hypertension and Heart Failure. *Biofactors*, 2003, vol. 18, no. 1–4, pp. 91–100. DOI: 10.1002/biof.5520180211
19. World Medical Association Declaration of Helsinki. Recommendation Guiding Physicians in Biomedical Research Involving Human Subjects. *Journal of the American Medical Association*, 1997, vol. 277, no. 11, pp. 925–926. DOI: 10.1001/jama.277.11.925

Информация об авторах

Селезнёв Владислав Викторович, старший преподаватель кафедры теории и методики спортивной подготовки факультета физической культуры и спорта, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия.

Овчинников Александр Николаевич, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры спортивной медицины и психологии факультета физической культуры и спорта, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия.

Крылова Елена Валерьевна, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры физиологии и анатомии Института биологии и биомедицины, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия.

Копылова Светлана Вячеславовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии и анатомии Института биологии и биомедицины, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия.

Дерюгина Анна Вячеславовна, доктор биологических наук, доцент, зав. кафедрой физиологии и анатомии Института биологии и биомедицины, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия.

Information about the authors

Vladislav V. Seleznev, Senior Lecturer, Department of Theory and Methods of Sports Training, Faculty of Physical Education and Sport, National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia

Aleksander N. Ovchinnikov, Candidate of Biological Sciences, Senior Lecturer, Department of Sports Medicine and Psychology, Faculty of Physical Education and Sport, National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia

Elena V. Krylova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physiology and Anatomy, Institute of Biology and Biomedicine, National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia

Svetlana V. Kopylova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Physiology and Anatomy, Institute of Biology and Biomedicine, National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia

Anna V. Deryugina, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Physiology and Anatomy, Institute of Biology and Biomedicine, National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia

Статья поступила в редакцию 10.09.2022

The article was submitted 10.09.2022

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО И ГОРМОНАЛЬНОГО СТАТУСА ОРГАНИЗМА ПЛОВЦОВ 15–17 ЛЕТ ОБОИХ ПОЛОВ С РАЗНЫМ ТЕМПОМ ИНДИВИДУАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

И.Н. Солопов, Solopov58@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2708-2101>

В.С. Якимович, academy@vgafk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3155-317X>

Е.П. Горбанёва, gorbaneva@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1598-6194>

Волгоградская государственная академия физической культуры, Волгоград, Россия

Аннотация. Цель: произвести сравнительный анализ функционального состояния и гормонального статуса организма у пловцов 15–17 лет обоих полов с разным темпом биологического созревания. **Материалы и методы.** Исследования выполнены с участием 69 пловцов обоих полов в возрасте 15–17 лет (42 юноши и 27 девушек). Степень биологической зрелости оценивалась по вторичным половым признакам с определением балла полового развития. Функциональный статус организма оценивался посредством комплекса ESTECK System Complex. Оценка гормонального статуса организма осуществлялась по концентрации в крови кортизола, тестостерона и индексу анаболизма – отношению тестостерона к кортизолу, определяемых посредством фотометрического анализатора Immunochem-2100 Microplate Reader. **Результаты.** Наибольшие величины показателей кардио-респираторной системы обнаруживаются у пловцов юношей-акселератов, тогда как у пловцов-девушек с разной степенью биологической зрелости показатели функционального состояния существенно не различаются. Концентрация кортизола у всех юношей не различается и находится на высоком уровне. Уровень тестостерона и показатель отношения тестостерон/кортизол достоверно выше у пловцов юношей-акселератов. Уровень кортизола у девушек с задержкой в биологическом созревании на 1–2 года и у девушек с задержкой на 4 и более лет соответствуют очень высокому его уровню, тогда как у девушек с задержкой в биологическом созревании на 2,5–3,5 года концентрация кортизола существенно ниже и находится на высоком уровне. Наибольший уровень тестостерона отмечается у пловчих с задержкой в биологическом созревании в 1–2 года, а наименьший – у девушек с задержкой на 2,5–3,5 года. **Заключение.** У пловцов-юношей функциональный статус различается, а гормональный профиль не имеет различий, тогда как у пловчих функциональные показатели не различаются, а гормональный статус дифференцируется в зависимости от степени биологической зрелости.

Ключевые слова: пловцы, пловчихи, функциональное состояние, гормональный статус, биологическая зрелость

Для цитирования: Солопов И.Н., Якимович В.С., Горбанёва Е.П. Особенности функционального и гормонального статуса организма пловцов 15–17 лет обоих полов с разным темпом индивидуального развития // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 4. С. 17–24. DOI: 10.14529/hsm220402

FUNCTIONAL AND HORMONAL STATUSES IN SWIMMERS OF BOTH SEXES AGED 15–17 YEARS WITH A DIFFERENT TIMING OF BIOLOGICAL MATURATION

I.N. Solopov, Solopov58@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2708-2101>
V.S. Yakimovich, academy@vgafk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3155-317X>
E.P. Gorbaneva, gorbaneva@bk.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1598-6194>
Volgograd State Academy of Physical Culture, Volgograd, Russian Federation

Abstract. Aim. The paper aims to compare the functional and hormonal statuses in swimmers of both sexes aged from 15 to 17 years with a different timing of biological maturation. **Materials and methods.** The study involved 69 swimmers aged from 15 to 17 years, including 42 male and 27 female swimmers. Biological maturation was estimated by secondary sexual characteristics and the sexual maturation score. Functional status was assessed by means of the ESTECK System Complex. Hormonal status was monitored by concentrations of serum testosterone and cortisol, as well as their ratio calculated by means of the Immunochem-2100 Microplate Reader. **Results.** The highest cardiorespiratory values were found in precocious male swimmers, while in female swimmers there were no significant differences regardless of their timing of biological maturation. High blood cortisol levels were observed in all male swimmers. Blood testosterone levels and the testosterone/cortisol ratio were significantly higher in precocious male swimmers. The lowest cortisol levels, which corresponded to increased cortisol, were found in female swimmers with delayed (2.5–3.5 years) maturation. In female swimmers with delayed (1–2 and 4 or more years) maturation, cortisol was significantly elevated and corresponded to very high levels. The highest testosterone levels were observed in female swimmers with a delay of 1–2 years, while the lowest ones were found in female swimmers with a delay of 2.5–3.5 years. **Conclusion.** In male swimmers, functional status was different, while their hormonal status was similar. In female swimmers, functional status was similar, while their hormonal status varied depending on biological maturity.

Keywords: male swimmers, female swimmers, functional status, hormonal status, biological maturation

For citation: Solopov I.N., Yakimovich V.S., Gorbaneva E.P. Functional and hormonal statuses in swimmers of both sexes aged 15–17 years with a different timing of biological maturation. *Human. Sport. Medicine*. 2022;22(4):17–24. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220402

Введение. Возрастной период 15–17 лет, совпадающий в большинстве случаев с завершением биологического созревания, характеризуется не только интенсивными процессами роста тела, но и весьма мощными процессами созревания как регуляторных, так и вегетативных функций организма [1, 2, 10], которые протекают гетерохронно и с разной скоростью [1, 9]. В этот возрастной период особое значение имеет гормональный статус организма, определяющий физиологические реакции, процессы адаптации и восстановления после мышечных нагрузок, а также влияющий на биологический возраст и физическое развитие [5, 11, 16]. Информация, характеризующая особенности физического развития, его возрастную динамику и уровни матurationи соматических и функциональных параметров спортсменов, выступает в качестве ключевых критериев, на основе которых

осуществляется разработка программ тренирующих воздействий [2, 6] и формируется нормативно-критериальная база системы комплексного контроля физического и функционального статуса спортсменов [1].

Материалы и методы. Исследования были выполнены с участием спортсменов-пловцов обоих полов в возрасте 15–17 лет, прошедших клинико-физиологическое обследование и допущенных к экспериментам. Всего было обследовано 69 спортсменов (42 юноши и 27 девушек).

Степень биологической зрелости оценивалась по вторичным половым признакам с определением балла полового развития (БПР).

Функциональный статус организма оценивался по индексу объемной скорости кровотока (СИ), величине сердечного выброса (СО), величине ударного объема сердца (УОС), частоте сердечных сокращений (ЧСС), частот-

ному индикатору активности вегетативной нервной системы (LF/HF), величине насыщения гемоглобина крови кислородом (SpO₂) и интегральному показателю (ИП), определяемым посредством программно-аппаратного комплекса ESTECK System Complex.

Оценка гормонального статуса организма осуществлялась по уровню концентрации в крови кортизола и общего тестостерона. Дополнительно рассчитывался индекс анаболизма как отношение уровня тестостерона к уровню кортизола в крови в процентах: тестостерон/кортизол (%) = (тестостерон/кортизол) × 100 [3, 4, 7, 8, 13]. Определение концентрации гормонов в крови осуществлялось посредством метода твердофазного иммуноферментного анализа при помощи фотометрического анализатора Immunochem-2100 Microplate Reader.

Результаты и обсуждение. В табл. 1 и 2 представлены средние величины показателей, характеризующих функциональное состояние кардио-респираторной системы и системы нервной регуляции функций организма у пловцов-юношей и девушек в возрасте 15–17 лет.

Сравнительный анализ изучаемых пара-

метров функционального состояния у пловцов-юношей 15–17 лет с разным темпом биологического созревания показал, что все изучаемые показатели во всех группах находились в пределах референтных значений.

Наименьшая средняя величина индекса объемной скорости кровотока (CI) была диагностирована у пловцов-акселератов. По сравнению с акселератами у пловцов-медиантов и ретардантов этот показатель оказался существенно выше – соответственно на 16,6 и 23,3 % (P < 0,05).

В то же время у пловцов-акселератов оказался больше показатель сердечного выброса (CB) по отношению как к медиантам, так и ретардантам соответственно на 5,8 и 13,6 %.

Точно так же у пловцов-акселератов оказалась больше по отношению к медиантам и ретардантам и величина ударного объема сердца (УОС) – соответственно на 9,7 и 7,9 %.

Средняя величина частоты сердечных сокращений (ЧСС) в состоянии покоя оказалась несколько выше у пловцов-медиантов.

Обращает на себя внимание статистически значимая большая величина насыщения гемоглобина кислородом у пловцов-медиантов

Таблица 1
Table 1

Показатели функционального состояния пловцов-юношей 15–17 лет
с разным темпом индивидуального развития (M ± m)
Functional status in 15–17-year-old male swimmers with a different timing of biological maturation (M ± m)

Показатели Parameter	Темп индивидуального развития Biological maturation			Достоверность разницы средних величин Significance of difference		
	Акселераты Precocious development, n = 18	Медианты Mean development, n = 9	Ретарданты Delayed development, n = 15	I–II	I–III	II–III
	I	II	III			
ИП, у. е. IP, c. u.	79,40 ± 1,10	82,41 ± 1,50	79,81 ± 1,11			
CI, л/мин/м ² CI, l/min/m ²	3,00 ± 0,30	3,50 ± 0,11	3,70 ± 0,10		*	
CB, л/мин CO, l/min	7,20 ± 0,20	6,82 ± 0,30	6,60 ± 0,30			
УОС, мл SV, ml	89,32 ± 5,80	81,40 ± 5,20	82,70 ± 5,82			
ЧСС, уд./мин HR, bpm	83,90 ± 3,20	84,20 ± 1,90	82,30 ± 3,20			
LF/HF, % LF/HF, %	0,92 ± 0,12	1,13 ± 0,11	1,05 ± 0,1			
SpO ₂ , % SpO ₂ , %	96,89 ± 0,19	97,63 ± 0,18	96,92 ± 0,21	*		*

Примечание. * – здесь и далее достоверность различий при P < 0,05.

Note. * – here and further differences are significant at P < 0.05.

Таблица 2
Table 2

Показатели функционального состояния пловцов девушек 15–17 лет
с разным темпом индивидуального развития ($M \pm m$)
Functional status in 15–17-year-old female swimmers with a different timing of biological maturation ($M \pm m$)

Показатели Parameter	Темп индивидуального развития Biological maturation			Достоверность разницы средних величин Significance of difference		
	Ретарданты-1 Delayed development-1 (R-1), n = 8	Ретарданты-2 Delayed development-2 (R-2), n = 16	Ретарданты-3 Delayed development-3 (R-3), n = 3	I–II	I–III	II–III
	I	II	III			
ИП, у. е. IP, c. u.	79,01 \pm 1,53	79,97 \pm 0,72	80,32 \pm 0,91			
CI, л/мин/м ² CI, l/min/m ²	3,70 \pm 0,21	3,60 \pm 0,10	3,61 \pm 0,20			
CB, л/мин CO, l/min	6,11 \pm 0,30	6,02 \pm 0,21	5,60 \pm 0,45			
УОС, мл SV, ml	79,53 \pm 8,20	72,40 \pm 3,70	63,70 \pm 11,94			
ЧСС, уд./мин HR, bpm	80,50 \pm 5,31	84,13 \pm 2,63	69,74 \pm 32,70			
LF/HF, % LF/HF, %	0,76 \pm 0,10	0,96 \pm 0,04	1,48 \pm 0,43			
SpO ₂ , % SpO ₂ , %	95,94 \pm 1,41	97,30 \pm 0,34	97,34 \pm 0,71			

Примечание. Здесь и далее – группа R-1 – ретарданты с задержкой биологического созревания на 1–2 года; группа R-2 – ретарданты с задержкой биологического созревания на 2,5–3,5 года; группа R-3 – ретарданты с задержкой биологического созревания на 4 и более лет.

Note. Here and further: R-1 – a delay of 1–2 years; R-2 – a delay of 2.5–3.5 years; R3 – a delay of 4 or more years.

по отношению в равной мере и к акселератам, и к ретардантам ($P < 0,05$).

Сравнение средних значений показателя LF/HF (частотного индикатора активности вегетативной нервной системы) обнаружило определенную дифференциацию величины баланса симпатических и парасимпатических влияний на процессы регуляции у пловцов-юношей с разным темпом биологического созревания. У пловцов-акселератов наблюдается небольшое преобладание парасимпатических влияний, а у пловцов-медиантов – преобладание влияний симпатического отдела вегетативной нервной системы, тогда как у пловцов-ретардантов обнаруживается относительное равновесие симпатических и парасимпатических влияний.

Интегративный показатель функционального состояния (ИП) оказался несколько выше у пловцов юношей-медиантов по сравнению как с акселератами, так и с медиантами, у которых данный показатель оказался практически равным по величине.

Во всех группах пловчих, имеющих разные темпы биологического созревания, показатели индекса объемной скорости кровотока и систолического объема существенно не различались и находились в пределах нормальных величин (см. табл. 2).

Вместе с тем средняя величина ударного объема сердца была заметно больше у девушек с небольшой задержкой в биологическом созревании (группа R-1). По сравнению как с девушками, имеющими задержку в биологическом развитии в 2,5–3,5 года (R-2), – на 9,8 %, так и особенно с девушками, имеющими задержку в биологическом развитии в 4 и более лет (R-3), – на 24,8 %.

Частота сердечных сокращений в исследуемых группах девушек весьма четко дифференцировалась по своей средней величине. Наибольшее её значение было диагностировано в группе R-2. Несколько меньшей она оказалась в группе R-1 и наименьшей – в группе R-3.

Уровень насыщения гемоглобина кислородом был несколько меньшим у девушек из

группы R-1 как по отношению к пловчихам из группы R-2, так и по отношению к спортсменкам группы R-3.

Баланс симпатических и парасимпатических влияний у пловчих различных групп довольно заметно дифференцируется. У девушек группы R-1 несколько смещён в сторону парасимпатикотонии, а у девушек группы R-3 – в сторону симпатикотонии, тогда как у девушек из группы R-2 эти влияния находились в относительном равновесии.

Интегративный показатель (ИП) функционального состояния у девушек всех трех исследуемых групп практически не различался по своей величине.

Поскольку гормональный статус оказывает мощное влияние на физиологические про-

цессы и физическое развитие организма [5, 11, 16], нами изучались уровни концентрации кортизола, тестостерона и отношения тестостерон/кортизол у пловцов и пловчих 15–17 лет с различным темпом индивидуального развития, представленные в табл. 3 и 4 соответственно.

Средние величины кортизола во всех трех группах пловцов-юношей 15–17 лет статистически значимо не различаются между собой и могут быть охарактеризованы как его высокий уровень, свидетельствующий о хроническом спортивном стрессе [4, 12, 14, 15].

Наибольшее среднее значение тестостерона обнаруживается, как и следовало ожидать, у пловцов акселератов. При этом это преимущество статистически достоверно по

Таблица 3
Table 3

Показатели гормонального профиля у пловцов юношей 15–17 лет
с разным темпом индивидуального развития ($M \pm m$)
Hormonal status in 15–17-year-old male swimmers with a different timing of biological maturation ($M \pm m$)

Показатели Parameter	Темп индивидуального развития Biological maturation			Достоверность разницы средних величин Significance of difference		
	Акселераты Precocious development, n = 19	Медианты Mean development, n = 9	Ретарданты Delayed development, n = 15	I–II	I–III	II–III
	I	II	III			
Кортизол, Нмоль/л Cortisol, Nmol/l	852,54 ± 79,63	804,58 ± 75,14	890,22 ± 93,12			
Тестостерон, Нмоль/л Testosterone, Nmol/l	29,69 ± 2,01	21,96 ± 2,72	23,54 ± 2,87	*		
Тестостерон/Кортизол, % Testosterone /Cortisol, %	5,21 ± 1,63	2,84 ± 0,35	3,04 ± 0,42			

Таблица 4
Table 4

Показатели гормонального профиля у пловцов девушек 15–17 лет
с разным темпом индивидуального развития ($M \pm m$)
Hormonal status in 15–17-year-old female swimmers with a different timing of biological maturation ($M \pm m$)

Показатели Parameter	Темп индивидуального развития Biological maturation			Достоверность разницы средних величин Significance of difference		
	Ретарданты-1 Delayed development-1 (R-1), n = 8	Ретарданты-2 Delayed development-2 (R-2), n = 16	Ретарданты-3 Delayed development-3 (R-3), n = 3	I–II	I–III	II–III
	I	II	III			
Кортизол, Нмоль/л Cortisol, Nmol/l	1011,50 ± 190,60	925,30 ± 73,60	1443,70 ± 235,40			*
Тестостерон, Нмоль/л Testosterone, Nmol/l	2,45 ± 0,34	2,19 ± 0,34	2,34 ± 0,53			
Тестостерон/Кортизол, % Testosterone /Cortisol, %	0,29 ± 0,04	0,29 ± 0,04	0,18 ± 0,05			

сравнению как с пловцами-медиантами, так и с пловцами-ретардантами.

Показатель отношения тестостерон / кортизол был в среднем заметно больше также в группе пловцов акселератов.

Средние величины кортизола во всех трех группах пловцов-юношей 15–17 лет статистически значимо не различаются между собой и могут быть охарактеризованы как его высокий уровень, свидетельствующий о хроническом спортивном стрессе [4, 12, 14, 15].

Наибольшее среднее значение тестостерона обнаруживается, как и следовало ожидать, у пловцов-акселератов. При этом это преимущество статистически достоверно по сравнению как с пловцами-медиантами, так и с пловцами-ретардантами.

Показатель отношения тестостерон / кортизол был в среднем заметно больше также в группе пловцов-акселератов.

Уровень кортизола у девушек с задержкой на 1–2 года (группа R-1) и у девушек с большой задержкой (на 4 и более года, группа R-3) в биологическом созревании соответствуют очень высокому его уровню, а у девушек с задержкой в биологическом созревании на 2,5–3,5 года (группа R-2) он находится на высоком уровне. Такой уровень кортизола отражает весьма существенный спортивный (физиологический и психологический) стресс [4].

Наибольшая средняя величина тестостерона диагностируется у девушек группы R-1, несколько меньше она в группе R-3 и самая низкая – в группе R-2.

Средние величины показателя отношения тестостерон/кортизол у девушек групп R-1 и R-2 практически одинаковые, тогда как

у пловчих группы R-3 находится на более низком уровне.

Заключение. Наибольшие величины основных показателей кардио-респираторной системы обнаруживаются у пловцов юношей-акселератов и пловцов-девушек с незначительной задержкой биологического созревания, за исключением величины объемной скорости кровотока, которая у них наименьшая. Показатели баланса симпатических и парасимпатических влияний хотя в некоторой степени и дифференцируются в зависимости от темпов биологического созревания, различаются несущественно. Концентрация кортизола у пловцов-юношей с разным темпом биологического созревания не различается и соответствует его высокому уровню. Уровень тестостерона достоверно выше у пловцов юношей-акселератов по сравнению как с пловцами-медиантами, так и пловцами-ретардантами, точно так же, как и показатель отношения тестостерон/кортизол. Наименьшая концентрация кортизола обнаруживается у пловчих с задержкой в биологическом созревании на 4 и более лет и соответствует его высокому уровню, тогда как у девушек с задержкой биологического созревания на 1–2 и 2,5–3,5 года концентрация кортизола существенно выше и соответствует его очень высокому уровню. Наибольший уровень тестостерона отмечается у девушек с задержкой в биологическом созревании в 1–2 года, а наименьший – у девушек с задержкой на 4 и более лет. Отношение тестостерон / кортизол находится на самом низком уровне у пловчих с задержкой биологического созревания на 1–2 года.

Список литературы

1. Авдиенко, В.Б. Искусство тренировки пловца. Книга тренера / В.Б. Авдиенко, И.Н. Солопов. – М.: Изд-во ИТРК, 2019. – 320 с.
2. Авдиенко, В.Б. Методологические основы подготовки пловцов / В.Б. Авдиенко // Физ. воспитание и спортивная тренировка. – 2019. – № 1 (27). – С. 73–83.
3. Грязных, А.В. Индекс тестостерон/кортизол как эндокринный маркер процессов восстановления висцеральных систем после мышечного напряжения / А.В. Грязных // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура». – 2011. – № 20 (27). – С. 107–111.
4. Жуков, Ю.Ю. Уровень кортизола как маркер хронического стресса и его влияние на организм спортсмена / Ю.Ю. Жуков // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2009. – № 9 (55). – С. 33–38.
5. Изменения вариабельности ритма сердца в ответ на мышечную нагрузку и их взаимосвязь с концентрацией стероидных гормонов у юношей с различной спецификой тренированности / П.Н. Самикулин, А.В. Грязных, Р.В. Кучин, Н.Д. Нененко // Человек. Спорт. Медицина. – 2018. – Т. 18, № 1. – С. 33–45. DOI: 10.14529/hsm180103

6. Костючик, И.Ю. Биологические особенности развития при построении многолетнего тренировочного процесса квалифицированных пловцов / И.Ю. Костючик // *Здоровье для всех*. – 2018. – № 1. – С. 33–37.
7. Самикулин, П.Н. Индекс анаболизма у юношей с различным уровнем тренированности в условиях пострезультатного восстановительного периода / П.Н. Самикулин, А.В. Грязных, Р.В. Кучин // *Теория и практика физ. культуры*. – 2018. – № 3. – С. 57–59.
8. Самикулин, П.Н. Характер изменения кортизола у юношей с различным уровнем тренированности в условиях восстановления после субмаксимальной мышечной нагрузки / П.Н. Самикулин, А.В. Грязных // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2017. – Т. 17, № 1. – С. 5–13.
9. Солопов, И.Н. Функциональная подготовленность спортсменов (теоретические и практические аспекты) / И.Н. Солопов // *Физ. воспитание и спортивная тренировка*. – 2019. – № 1 (27). – С. 109–121.
10. Тимакова, Т.С. Спорт в отражении динамики фенотипических сдвигов современного человека / Т.С. Тимакова // *Теория и практика физ. культуры*. – 2017. – № 2. – С. 59–61.
11. Титова, Е.П. Половые гормоны и СТГ как фактор, влияющий на биологический возраст и общее соматическое развитие (в период развития) / Е.П. Титова, Е.Б. Севастьянова, Е.Л. Савченко // *Международ. науч. журнал «Инновационная наука»*. – 2017. – № 02-2. – С. 28–33.
12. Boonen, E. New insights into the controversy of adrenal function during critical illness / E. Boonen, R. Stefan, Greet Van den Berghe Bornstein // *The Lancet. Diabetes and Endocrinology*. – 2015. – Vol. 3, no. 10. – P. 805–815
13. Brownlee, K.K. Relationship Between Circulating Cortisol and Testosterone: Influence of Physical Exercise / K.K. Brownlee, A.W. Moore, A.C. Hackney // *Journal of Sports Science and Medicine*. – 2005. – No. 04. – P. 76–83.
14. Fry, R.W. Overtraining in athletes / R.W. Fry, A.R. Morton, D. Keast // *Sports Medicine*. – 1991. – Vol. 12 (1). – P. 32–65.
15. Hackney, A.C. Cortisol, stress and adaptation during exercise training / A.C. Hackney // *Education Physical Training Sport*. – 2008. – Vol. 3 (70). – P. 34–41.
16. Urhausen, A. Blood Hormones as Markers of Training Stress and Overtraining / A. Urhausen, H. Gabriel, W. Kindermann // *Sports Medicine*. – 1995. – Vol. 20, no. 4. – P. 251–276. DOI: 10.2165/00007256-199520040-00004

References

1. Avdiyenko V.B., Solopov I.N. *Iskusstvo trenirovki plovtsa. Kniga trenera* [The Art of Swimmer Training. Trainer's Book]. Moscow, ITRK Publ., 2019. 320 p.
2. Avdiyenko V.B. [Methodological Bases of Training Swimmers]. *Fizicheskoye vospitaniye i sportivnaya trenirovka* [Physical Education and Sports Training], 2019, no. 1 (27), pp. 73–83. (in Russ.)
3. Gryaznykh A.V. Testosterone/Cortisol Index as an Endocrine Marker of Visceral Systems Recovery Processes after Muscle Tension. *Bulletin of South Ural State University. Ser. Education, Healthcare, Physical Culture*, 2011, no. 20 (27), pp. 107–111. (in Russ.)
4. Zhukov Yu.Yu. [Cortisol Level as a Marker of Chronic Stress and its Impact on the Athlete's Body]. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific notes University P.F. Lesgaft], 2009, no. 9 (55), pp. 33–38. (in Russ.)
5. Samikulin P.N., Gryaznykh A.V., Kuchin R.V., Nenenko N.D. Changes in Heart Rate Variability in Response to Muscle Load and Their Relationship with the Concentration of Steroid Hormones in Young Men with Different Training Specifics. *Human. Sport. Medicine*, 2018, vol. 18, no. 1, pp. 33–45. DOI: 10.14529/hsm180103 DOI: 10.14529/hsm180103
6. Kostyuchik I.Yu. [Biological Features of Development in the Construction of a Long-Term Training Process of Qualified Swimmers]. *Zdorov'ye dlya vseh* [Health for All], 2018, no. 1, pp. 33–37. (in Russ.)
7. Samikulin P.N., Gryaznykh A.V., Kuchin R.V. [The Index of Anabolism in Young Men with Different Levels of Fitness in Post-Load Recovery Period]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2018, no. 3, pp. 57–59. (in Russ.)

8. Samikulín P.N., Gryaznykh A.V. The Nature of Changes in Cortisol in Young Men with Different Levels of Fitness in Terms of Recovery after Submaximal Muscle Load. *Human. Sport. Medicine*, 2017, vol. 17, no. 1, pp. 5–13. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm170101
9. Solopov I.N. [Functional Fitness of Athletes (Theoretical and Practical Aspects)]. *Fizicheskoye vospitaniye i sportivnaya trenirovka* [Physical Education and Sports Training], 2019, no. 1 (27), pp. 109–121. (in Russ.)
10. Timakova T.S. [Sport in the Reflection of the Dynamism of the Phenotypic Shifts of Modern Man]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2017, no. 2, pp. 59–61. (in Russ.)
11. Titova E.P., Sevast'yanova E.B., Savchenko E.L. [Sex Hormones and Growth Hormone as a Factor Influencing Biological Age and General Somatic Development (During Development)]. *Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal "Innovatsionnaya nauka"* [International Scientific Journal Innovative Science], 2017, no. 02–2, pp. 28–33. (in Russ.)
12. Boonen E., Stefan R., Greet Van den Berghe Bornstein. New Insights Into the Controversy of Adrenal Function During Critical Illness. *The Lancet. Diabetes and Endocrinology*, 2015, vol. 3, no. 10, pp. 805–815. DOI: 10.1016/S2213-8587(15)00224-7
13. Brownlee K.K., Moore A.W., Hackney A.C. Relationship between Circulating Cortisol and Testosterone: Influence of Physical Exercise. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2005, no. 04, pp. 76–83.
14. Fry R.W., Morton A.R., Keast D. Overtraining in Athletes. *Sports Medicine*, 1991, vol. 12 (1), pp. 32–65. DOI: 10.2165/00007256-199112010-00004
15. Hackney A.C. Cortisol, Stress and Adaptation During Exercise Training. *Education Physical Training Sport*, 2008, vol. 3 (70), pp. 34–41. DOI: 10.33607/bjshs.v3i70.485
16. Urhausen A., Gabriel H., Kindermann W. Blood Hormones as Markers of Training Stress and Overtraining. *Sports Medicine*, 1995, vol. 20, no. 4, pp. 251–276. DOI: 10.2165/00007256-199520040-00004

Информация об авторах

Солопов Игорь Николаевич, доктор биологических наук, профессор, Волгоградская государственная академия физической культуры, Волгоград, Россия.

Якимович Виктор Степанович, доктор педагогических наук, профессор, Волгоградская государственная академия физической культуры, Волгоград, Россия.

Горбанёва Елена Петровна, доктор медицинских наук, доцент, Волгоградская государственная академия физической культуры, Волгоград, Россия.

Information about the authors

Igor N. Solopov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Volgograd State Academy of Physical Education, Volgograd, Russia.

Viktor S. Yakimovich, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Volgograd State Academy of Physical Education, Volgograd, Russia.

Elena P. Gorbaneva, Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Volgograd State Academy of Physical Education, Volgograd, Russia.

Статья поступила в редакцию 17.08.2022

The article was submitted 17.08.2022

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЗМА: ТЕХНОЛОГИИ ОЦЕНКИ В СПОРТЕ И РЕКРЕАЦИОННОМ ТУРИЗМЕ (ОБЗОР)

П.А. Байгузин¹, baiguzhinpa@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5092-0943>

Д.З. Шибкова¹, shibkova2006@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8583-6821>

А.В. Шевцов², sportmedi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9878-3378>

¹Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

²Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Цель: обзор современных технологий оценивания функционального состояния организма в спорте и рекреационном туризме. **Методология исследования.** Использован теоретический анализ научных публикаций отечественных и зарубежных авторов за последние десять лет по разработке и внедрению цифровых технологий в области спортивной физиологии, медицины, рекреации. **Результат.** В статье представлен ряд инновационных перспективных разработок, обеспечивающих оперативную оценку текущего функционального состояния организма в условиях физических нагрузок и рекреационного туризма. Показаны перспективы интеграции цифровых технологий в сферу физической культуры, спорта и рекреационного туризма. Рассматриваются преимущества и недостатки инновационных технологий, применимых в оценке функционального состояния организма человека в условиях воздействия физических нагрузок. Предлагается к обсуждению перспективная модель «персонифицированный туризм», отражающая интеграцию ресурсов, видов деятельности, технологий и продуктов, базирующихся на теории цифровых платформ. **Заключение.** Использование цифровых технологий обеспечит персонифицированное здоровьесберегающее сопровождение широкого контингента населения, занимающегося физической культурой и спортом, а также различными видами туризма.

Ключевые слова: оперативная оценка, диагностика, функциональное состояние, функциональные резервы, рекреация, спортсмены, туристы, датчики, цифровые технологии

Для цитирования: Байгузин П.А., Шибкова Д.З., Шевцов А.В. Функциональное состояние организма: технологии оценки в спорте и рекреационном туризме (обзор) // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 4. С. 25–34. DOI: 10.14529/hsm220403

Review article
DOI: 10.14529/hsm220403

FUNCTIONAL STATUS OF THE BODY: ASSESSMENT TECHNOLOGIES IN RECREATIONAL TOURISM AND SPORT (REVIEW)

P.A. Baiguzhin¹, baiguzhinpa@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5092-0943>

D.Z. Shibkova¹, shibkova2006@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8583-6821>

A.V. Shevtsov², sportmedi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9878-3378>

¹South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

²Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health, St. Petersburg, Russian Federation

Abstract. Aim. The paper provides a review of modern technologies for functional assessment of the body in recreational tourism and sport. **Materials and methods.** The paper involves a theoretical analysis of Russian and foreign publications about the development and implementation of digital technologies in sports physiology, medicine, and recreation over the last 10 years. **Results.** The paper describes a range of innovative developments that provide a timely assessment of functional status during exercise

and recreational tourism. The prospects for integration of digital technologies in physical education, sports, and tourism were discussed, as were the advantages and disadvantages of the innovative technologies used for functional assessment during exercise. The paper proposes a prospective model of personified tourism that implies the integration of resources, activities, technologies, and products based on the theory of digital platforms. **Conclusion.** Digital technologies will provide personified health-saving support for different populations involved in physical education, sports, and tourism.

Keywords: functional assessment, diagnostics, functional state, functional reserves, recreation, athletes, tourists, sensors, digitalization

For citation: Baiguzhin P.A., Shibkova D.Z., Shevtsov A.V. Functional status of the body: assessment technologies in recreational tourism and sport (review). *Human. Sport. Medicine.* 2022;22(4):25–34. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220403

Введение. В современном мировом обществе наблюдается устойчивый тренд на занятия фитнесом, развитие туризма, в том числе рекреационного, как форм физической активности, в процессе которых происходит восстановление и повышение функциональных ресурсов человека. Физическая активность населения продлевает трудоспособный возраст, увеличивает продолжительность жизни, обеспечивает психологическую разгрузку и повышает психофизиологическую устойчивость и в целом качество жизни населения. Развитие рекреационного туризма, физической культуры и спорта обуславливает инновационные подходы к содержанию подготовки квалифицированных кадров для этих сфер деятельности.

Разработка принципиально новых подходов к технологиям сопровождения участников массового рекреационного туризма, физической культуры и спорта служит основанием для решения стратегических задач здравоохранения, демографии и образования. Поэтому важное место в перспективных системах контроля здоровья населения должны занять информационные технологии, направленные на оценку состояния регуляторных систем. Перенапряжение механизмов регуляции и связанное с ним снижение функциональных резервов является одним из главных факторов риска развития заболеваний [9]. Классификация функциональных состояний для таких профессиональных групп, как спортсмены и военнослужащие, представлена в работе А.С. Солодкова с соавторами [4], где на основе физиологического обоснования авторы дифференцируют следующие состояния: оперативный покой, работоспособность, нервно-психическое напряжение, тренированность, утомление, хроническое утомление и переутомление, перетренированность и перена-

пряжение. Оценка текущего функционального состояния дает возможность определить уровень воздействия физической активности и эффективность ее конкретных видов.

Понятие «функциональное состояние» отражает характеристику уровня функционирования систем организма в определенный период времени, особенности гомеостаза и процесса адаптации [1]. С другой стороны, это «интегративная характеристика человека с точки зрения эффективности выполняемой им деятельности и задействованных в ее реализации систем по критериям надежности и внутренней цены деятельности» [13].

Следует отметить, что возможности персонификации тех или иных способов воздействия на основе оперативной оценки текущего функционального состояния организма активно используются в медицине и спорте. Например, в медицинских исследованиях для повышения достоверности оценки процесс формирования диагностического заключения, представлен в виде трех этапов. В частности, отбора информативных параметров о функциональном состоянии системы органов, этапа выявления информативных признаков, служащих маркерами изменения функционального состояния организма и этапа принятия решения с использованием нейросетевых технологий [8]. В работе [12] предложены упрощенные методы оценки функционального состояния организма у представителей туризма оздоровительной направленности. Авторы акцентируют свое внимание в основном на показателях функционального состояния дыхательной системы у участников пешего туризма. Эмпирические результаты исследования психоэмоционального состояния и гемодинамики участников культурно-познавательных туров по Уральскому региону [11] доказывают, что туризм как вид рекреационной дея-

тельности выступает одной из эффективных форм улучшения физиологического и психоэмоционального состояния человека.

Многие авторы [2, 6, 7] отмечают важность оценивания функциональных состояний представителей различных направлений сферы туризма, но не анализируют возможность использования цифровых технологий в такого рода исследованиях. Причина такой ситуации заключается в отсутствии демонстрации эффективности рекреационного потенциала реализуемых программ с использованием цифровых технологий на определенной группе населения.

Цель исследования – обзор современных технологий оценивания функционального состояния организма в спорте и рекреационном туризме.

Методы исследования. Проведен анализ источников, размещенных в поисковых платформах РИНЦ и Pubmed, критериями отбора которых являлся период 2016–2021 гг. и комбинации ключевых слов «спорт* / sport*», «туризм / tourism», «рекреация / recreation», «персонализация / personalization», «здоровье / health», «новые технологии / gadgets». Применены методы обобщения и конкретизации.

Результаты. Развитие информационного общества неразрывно связано с тотальной цифровизацией процессов всех сфер его жизнедеятельности, что отражается в социальных приоритетах различных категорий населения. С появлением искусственного интеллекта и big data наука совершенствует как теоретические подходы к разработке, так и требования к созданию смарт-оборудования.

**Анализ применения современных
цифровых технологий оценки
функционального состояния
в массовом спорте**

Обобщая данные об отношении пользователей к новым цифровым технологиям в различных сферах жизнедеятельности [35], отметим положительную оценку эффектов взаимодействия в системе «человек – цифровые технологии». При изучении готовности личности к использованию новых технологий (индекс TRI) выявлено, что ведущими факторами являются демографические и поведенческие переменные [32].

Сфера физической культуры, спорта и туризма включает несколько направлений деятельности, среди которых тренировочная, соревновательная, рекреационная. Каждое из

этих направлений предполагает свои особенности внедрения и реализации цифровых технологий. Сегодня в каждом из указанных направлений процесс цифровизации находится на разных уровнях реализации.

В направлении тренировочно-соревновательной деятельности цифровые технологии представлены широким спектром, отражающим различные подходы к их архитектуре, назначению, области применения. Конвергенция результатов исследований спортивной науки, аналитики функциональных состояний организма и полупроводниковых технологий расширила их востребованность. Однако принципиальным требованием к цифровым устройствам, применяемым в спортивной практике, является высокая точность и дискретизация измерений показателей деятельности спортсмена [34].

Применение *мобильных приложений* для смартфонов позволяет контролировать и управлять основными режимными моментами пользователя. Например, приложение MealLogger® (дневник пищевого поведения) интегрировано в социальную сеть, что обеспечивает персонализированную обратную связь. Приложение имеет платформу в виде «виртуального помощника» (технология Virtual assistants) для предоставления учебных материалов по вопросам функционального питания. Показано, что использование MealLogger® является системой мониторинга специальной диеты, оптимизирующей пищевое поведение [23]. Диетологами часто используются социальные сети для оперативной коррекции пищевого поведения [29].

В целом мобильные приложения решают прикладную задачу – осуществление цифрового мониторинга [36]. Объединение мобильных приложений и цифрового оборудования представляет собой инструментарий для оперативной оценки функционального состояния, оптимизации тренировочных и соревновательных нагрузок, а также рекреации.

Перспективными являются цифровые технологии, построенные по принципу «компьютерное зрение», в основе которых лежат алгоритмы обработки полученных изображений в реальном времени. Данная технология позволяет сформировать тактику оказания первой помощи и стратегию реабилитации [19].

Весьма распространены и востребованы *носимые датчики* для мониторинга физических нагрузок и восстановления. Например,

инерциальный датчик (IMU), который устанавливается на бедро человека и подключается к мобильному приложению Formulift. Датчик фиксирует движения, а приложение корректирует индивидуальную технику упражнений. Особенностью Formulift является наличие методического руководства по безопасному выполнению упражнений [17].

Вместе с этим отмечается недостаточность анализа эффектов нагрузки на организм, необходимого для формирования программ его восстановления. Например, эту задачу решают датчики неинвазивного и непрерывного мониторинга биомаркеров из слюны или потовой жидкости [40], дистанционного мониторинга пульсовой волны [18]. Цифровая технология *balance of game* позволяет регулировать уровень интенсивности физической нагрузки на основе данных сердечного ритма [22].

Современные датчики контроля функционального состояния встраиваются в одежду спортсмена. Так, для оценки расхода энергии во время физических нагрузок применяется повязка Sense Wear (SWA), которая сочетает акселерометрию с измерениями тепловыделения и электропроводности кожи. Технология SWA фиксирует паттерны движения, термогенез и метаболические изменения при высокой интенсивности упражнений, оценивает количество и качество сна [27].

В большинстве носимых датчиков-трекеров реализована система позиционирования пользователя (IPS), позволяющая определить его локализацию относительно географических координат. Беспроводные технологии (включая Wi-Fi, Zigbee, Bluetooth и сверхширокополосный UWB) используются для оценки местоположения при отсутствии сигнала GPS, предпочтительнее технология UWB, определяющая объект с точностью до сантиметров [24].

В практике современных программ спортивной подготовки и рекреационного туризма эффективно используют технологии дополненной и виртуальной реальности. *Виртуальная реальность* (VR) позволяет оценить физиологическое и психоэмоциональное состояние человека, пребывающего в условиях среды, воссоздающей реалистичные ситуации [37, 39]. При разработке «персонализированных» виртуальных программ физической активности учитывают психофизиологические характеристики восприятия [31], особенности

внимания и сенсомоторных реакций пользователя [28].

Однако ряд исследователей, использующих VR в различных видах активности, указывают на ограничения данной технологии, связанные с программными и техническими вопросами [38], а также на особенности переноса двигательного навыка, сформированного в ходе симуляционной тренировки и с помощью VR [30].

Имеются исследования воздействия условий VR на организм пользователя, в частности на сердечно-сосудистую и мышечную системы. Закономерные изменения физиологических параметров указанных функциональных систем в 18,2 % случаев сопровождались симптомами «киберболезни» [25]. Данный негативный эффект возможно купировать, используя персонифицированный подход комбинирования существующих способов повышения устойчивости организма на основе ранжирования – типизации бионейросигналов [3].

Интеграция целого ряда инновационных цифровых технологий в общую цифровую систему «интернет вещей» (IoT) обеспечила возможность сотрудникам научно-исследовательского центра спортивной науки ИСТиС создать действующий концепт – «цифровой двойник спортсмена». В основе интегральной оперативной оценки резервов организма лежит online-мониторинг состояния функциональных систем спортсмена. Данные, поступающие от системы датчиков бесконтактной регистрации ЭКГ, Xsens и тепловизора BALTECH TR-01200, на основе многоуровневой нейронной сети формируют цифровую кинематическую 3D-модель техники движения.

На основе комбинации цифровых технологий – социальные сети, цифровые знания, мобильные приложения и датчики – предлагается модель интеллектуального спортзала [16].

Таким образом, в сфере физической культуры и массового спорта применяются различные технологии оперативной оценки функционального состояния организма, его резервных возможностей. Применение указанных выше технологий может быть направлено на решение задачи оперативной коррекции состояния организма, что также является целью рекреационных воздействий.

Перспективы внедрения цифровых технологий в рекреационном туризме

Рекреация – собирательное понятие, связанное с видами оздоровительного отдыха,

туризма, экскурсий и предполагающее комплексный, системный подход к их изучению, организации и перспективному планированию [10]. Более узкое понятие «физическая рекреация» характеризует восстановление жизненных сил организма и их поддержание в процессе ежедневной жизнедеятельности [15].

Ценными представляются работы, характеризующие потенциал рекреационной системы [14, 21]. Одним из компонентов целостной системы является рекреационный туризм, образующий, в свою очередь, туристско-рекреационный кластер. При его формировании необходимо учитывать ряд проблем, среди которых выделяют отсутствие: профессиональных туристских кадров, знаний и опыта у администраций регионов в управлении туристско-рекреационными кластерами, стратегического планирования туристской деятельности [5].

Актуализируется необходимость усиления социальной роли туризма за счет повышения его доступности и расширения возможностей населения в отдыхе и оздоровлении. Например, к 2035 году в России прогнозируется рост целевых показателей туристской индустрии в пять раз, двукратное увеличение внутренних поездок на одного россиянина, увеличение экспорта туристских услуг инвестиций в туристской сфере – в три раза¹.

Указывается проблема оценки качества предоставления рекреационных услуг в сфере активного «нерегламентированного», например пешего, туризма [20].

В рамках управления туристско-рекреационным кластером необходима разработка комплексной программы физической рекреации, восстановления здоровья с учетом пола, возраста, физической подготовленности туристов. Такой подход при условии использования современных здоровьесформирующих технологий обеспечит развитие *персонализированного рекреационного туризма* [10].

В немногочисленных работах показана эффективность рекреации с точки зрения оценки психического и физического здоровья. В частности, в работе Т.Н. Третьяковой с соавторами (2021) представлены результаты контроля психоэмоционального состояния туристов во время экскурсии – пешего

10-километрового восхождения на Зюраткульский хребет (высота 1175 м над уровнем моря). Несмотря на физическую нагрузку, обусловленную рельефом горной местности, установлено положительное воздействие экоэкскурсии на психоэмоциональное состояние туристов, выраженное в повышении эмоционального тонуса (в среднем на 20 % от исходного состояния). Вместе с тем физические нагрузки, вызванные изменением привычного образа жизни и, вероятно, недостаточной физической подготовленностью экскурсантов, способствовали снижению показателя по шкале «Энергичность – усталость» у половины участников женского пола [33].

Представленные результаты указывают на необходимость оперативной оценки функционального состояния туристов на различных этапах преодолеваемого маршрута. Учет индивидуальной оценки физической подготовленности и функционального состояния позволит повысить эффективность рекреации [26] и обеспечить безопасное восстановление физических сил.

Несмотря на наличие цифровых технологий оперативной оценки функционального и психоэмоционального состояния, их использование в практике рекреационного туризма не востребовано. Однако использование данных технологий могло бы объективно отражать соотношение оздоровительных эффектов конкретных программ туристской рекреации.

Представленные в первой части настоящей статьи цифровые технологии (гаджеты, датчики и мобильные приложения), широко используемые преимущественно в сфере спортивной деятельности, вполне применимы в сфере рекреационного туризма.

Заключение. Информационные технологии и ресурсная база в сфере физической культуры и массового спорта способны качественно преобразовать услуги в сфере туризма в целом, так как любая его форма сопровождается оздоровительным эффектом на психоэмоциональном и функциональном уровне. В рамках решения задач по сохранению и развитию человеческого капитала, применению разработанных цифровых технологий оперативной оценки функционального состояния организма человека ведется поиск и применение эффективных моделей здоровьесбережения населения.

¹ Стратегия развития туризма в Российской Федерации в период до 2035 года (утверждена распоряжением Правительства РФ от 20.09.2019 г. № 2129-р).

Результаты применения цифровых технологий позволяют разрабатывать эффективные индивидуальные программы сопровождения двигательной активности и рекреации, восстановления резервов организма и профилактики неблагоприятных состояний.

Перспективным направлением исследований в сфере рекреационного туризма считаем необходимость подготовки высококвалифицированных специалистов, компетентных в области экспертизы качества рекреационных услуг.

Список литературы

1. Анохин, П.К. *Очерки по физиологии функциональных систем* / П.К. Анохин. – М.: Медицина, 1975. – С. 17–59.
2. Влияние экстремальных факторов подземной среды на функциональные показатели туристов-спелеологов / М.Н. Комаров, С.Р. Шарифуллина, Д.А. Иванов, Л.Ю. Климова // *Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта*. – 2021. – № 4 (194). – С. 205–211. DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2021.4.p 205-211
3. Исмаилов, Д.Г. Преодоление киберболезни при иммерсионном погружении в игры и тренажеры с использованием виртуальной реальности / Д.Г. Исмаилов, В.В. Кугуракова // *Вестник НЦБЖД*. – 2020. – № 4 (46). – С. 81–88.
4. Классификация функциональных состояний спортсменов и военнослужащих / А.С. Солодков, С.М. Ашикинази, В.П. Андрианов и др. // *Экстремал. деятельность человека*. – 2017. – № 4 (45). – С. 3–10.
5. Кружалин, В.И. Туристско-рекреационные кластеры – новые стратегии развития регионального туризма / В.И. Кружалин // *Курортное дело, туризм и рекреация*. – 2009. – № 3 (4). – С. 29–32.
6. Куликова, Г.И. Инструментальный метод контроля функционального состояния кадров сопровождения спортивных туристских мероприятий / Г.И. Куликова, В.К. Шеманаев, В.С. Логвинов // *Спорт, человек, здоровье. VII Междунар. науч. конгресс*. – СПб.: Олимп-СПб, 2015. – С. 151–153.
7. Медведев, И.Н. Физиологические основы воздействия на организм оздоровительного туризма / И.Н. Медведев, С.Ю. Завалишина, А.В. Малышев // *Актуальные проблемы науки и практики*. – М., 2020. – С. 203–209.
8. Михеев, А.А. Формирование информативных признаков для диагностики функционального состояния организма с применением нейросетевых технологий / А.А. Михеев, В.Н. Локтюхин, О.В. Мельник // *Радиотехника*. – 2012. – № 3. – С. 147–152.
9. Смагулов, Н.К. Система донозологического контроля для оперативного распознавания и оценки функционального состояния организма / Н.К. Смагулов, Л.М. Коваленко, А.А. Адилбекова // *Медицина труда и промышленная экология*. – 2015. – № 9. – С. 133.
10. Ткачева, Т.В. Физическая реабилитация и рекреация / Т.В. Ткачева, Е.А. Фалеева // *Вопросы устойчивого развития общества*. – 2020. – № 8. – С. 322–328. DOI: 10.34755/IROK.2020.52.42.067
11. Третьякова, Т.Н. Влияние культурно-познавательных туров на состояние туристов / Т.Н. Третьякова, А.А. Меньщиков // *Вестник Ассоциации вузов туризма и сервиса*. – 2015. – Т. 9, № 3. – С. 62–71. DOI: 10.12737/12531
12. Функция внешнего дыхания у студентов-юношей вузов г. Тюмени при занятиях пешим туризмом / Н.Я. Прокопьев, В.Н. Ананьев, В.Н. Прокопьев и др. // *Научно-спортивный вестник Урала и Сибири*. – 2021. – № 4 (32). – С. 3–11.
13. Хватова, М.В. Функциональное состояние человека как интегральная характеристика / М.В. Хватова // *Вестник Тамбов. ун-та. Сер. Гуманитар. науки*. – 2008. – № 3 (59). – С. 22–27.
14. Шарафутдинов, В.Н. «Туристское пространство» как понятие: научные подходы к исследованию / В.Н. Шарафутдинов, Е.В. Онищенко // *Вестник Волж. гос. ун-та. Экономика*. – 2020. – № 2. – С. 28–39. DOI: 10.15688/ek.jvolsu.2020.2.3
15. Шептикина, Т.С. Физическая рекреация: дефиниция и проблемы содержания физкультурно-спортивной деятельности / Т.С. Шептикина, Н.Н. Сентябрьев, С.А. Шептикин // *Физ. культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация*. – 2021. – Vol. 6 (1). – P. 13–20. DOI: 10.47475/2500-0365-2021-16102

16. A new model for evaluating the impact of ergonomic architectural design of gym, social network and digital knowledge on the desire of students for sport activities / B. Naseri, L. Rajabion, F. Zavarar et al. // *Human systems management*. – 2019. – Vol. 38, iss. 4. – P. 347–355. DOI: 10.3233/HSM-190486
17. A Wearable Sensor-Based Exercise Biofeedback System: Mixed Methods Evaluation of Formula / M.A. O'Reilly, P. Slevin, T. Ward, B. Caulfield // *JMIR mHealth and uHealth*. – 2018. – Vol. 6 (1). – Art. numb. e33. DOI: 10.2196/mhealth.8115
18. Abdullah, S.K. Remote heart rate monitor system using NodeMcu microcontroller and easy pulse sensor v1.1 // 2nd international conference on sustainable engineering techniques (ICSET 2019), 2019, IOP, Conference Series-Materials Science and Engineering, Vol. 518, Article Number UNSP 052016. DOI: 10.1088/1757-899X/518/5/052016
19. Ai, Z.X. Quantitative CT study of martial arts sports injuries based on image quality / Ai Z.X. // *Journal of visual communication and image representation*. – 2019. – Vol. 60. – P. 417–425. DOI: 10.1016/j.jvcir.2019.03.013
20. An assessment of value dimensions in hiking tourism: Pathways toward quality of life / S.A. Lee, A. Manthiou, L.L. Chiang, L.R. Tang // *International journal of tourism research*. – 2018. – Vol. 20 (2). – P. 236–246. DOI: 10.1002/jtr.2176
21. Determining the profile of tourists as users of rural tourism product-focus on a developing area (Vojvodina Province) / T. Gajic, M.D. Petrovic, M. Radovanovic et al. // *Deturope-the central european journal of regional development and tourism*. – 2021. – Vol. 13 (1). – P. 39–57.
22. Digitally augmenting sports: an opportunity for exploring and understanding novel balancing techniques / D. Altimira, F. Mueller, J. Clarke et al. // 34th Annual CHI conference on human factors in computing systems, CHI 2016, San Jose, CA, SIG CHI, ACM. – 2016. – P. 1681–1691. DOI: 10.1145/2858036.2858277
23. Do image-assisted mobile applications improve dietary habits, knowledge, and behaviours in elite athletes? Apilotstudy / A. Simpson, L. Gemming, D. Baker, A. Braakhuis // *Sports*. – 2017. – Vol. 5 (3). – Art. numb. 60. DOI: 10.3390/sports5030060
24. Experimental evaluation of UWB indoor positioning for sport postures / M. Ridolfi, S. Vandermeeren, J. Defraye et al. // *Sensors*. – 2018. – Vol. 18, iss. 1. – Art. numb. 168. DOI: 10.3390/s18010168
25. Feodoroff, B. Effects of Full Body Exergaming in Virtual Reality on Cardiovascular and Muscular Parameters: Cross-Sectional Experiment / B. Feodoroff, I. Konstantinidis, I. Froboese // *JMIR Serious games*. – 2019. – Vol. 7, iss. 3. – Article number: e12324. DOI: 10.2196/12324
26. Influence of Physical Fitness of Students on the Quality of Leisure Organization in a Sports and Health Tourism / O. Mozolev, I. Shorobura, L. Zdanevych et al. // *Revista romaneasca pentru educatie multidimensionala*. – 2020. – Vol. 12 (2). – P. 117–131. DOI: 10.18662/rrem/12.2/269
27. Koehler, K. Monitoring energy expenditure using a multi-sensor device-applications and limitations of the SenseWear armband in athletic populations / K. Koehler, C. Drenowatz // *Frontiers in Physiology*. – 2017. – Vol. 8. – Art. numb. 983 DOI: 10.3389/fphys.2017.00983
28. Neumann, D.L. Affective and attentional states when running in a virtual reality environment / D.L. Neumann, R.L. Moffitt // *Sports*. – 2018. – Vol. 6, iss. 3. – Art. numb. 71. DOI: 10.3390/sports6030071
29. Performance Nutrition in the digital era – An exploratory study into the use of social media by sports nutritionists / D.M. Dunne, C. Lefevre, B. Cuniffe et al. // *Journal of sports sciences*. – 2019. – Vol. 37, iss. 21. – P. 2467–2474. DOI: 10.1080/02640414.2019.1642052
30. Piccione, J. Virtual skills training: the role of presence and agency / J. Piccione, J. Collett, A. De Foe // *Heliyon*. – 2019. – Vol. 5, iss. 11. – Art. numb. e02583. DOI: 10.1016/j.heliyon.2019.e02583
31. Regular physical activity modulates perceived visual speed when running in treadmill-mediated virtual environments / M. Caramenti, C.L. Lafortuna, E. Mugellini et al. // *PLOS ONE*. – 2019. – Vol. 14, iss. 6. – Article Number: e0219017. DOI: 10.1371/journal.pone.0219017
32. Rojas-Mendez, J.I. Demographics, attitudes, and technology readiness: A cross-cultural analysis and model validation / J.I. Rojas-Mendez, A. Parasuraman, N. Papadopoulos // *Marketing intelligence and planning*. – 2017. – Vol. 35, iss. 1. – P. 18–39. DOI: 10.1108/MIP-08-2015-0163
33. The Influence of Ecological Tours on the Psycho-Emotional Status of Tourists / T.N. Tretiakova, M.N. Malyzhenko, M. Radovanović, M. Petrović // *Human. Sport. Medicine*. – 2021. – Vol. 21, no. S1. – P. 171–176. (in Russ.). DOI: 10.14529/hsm21s126

34. *The role of science and technology in sport* / A. Kos, Y. Wei, S. Tomažič, A. Umek // *Procedia Computer Science*. – 2018. – Vol. 129. – P. 489–495. DOI: 10.1016/j.procs.2018.03.029
35. *User perceptions of smart class services in teaching and learning interactions* / Jin N., Yang F., Yan M. et al. // *Procedia CIRP*. – 2019. – Vol. 83. – P. 785–788. DOI: 10.1016/j.procir.2019.04.329
36. *Verhagen, E. Protecting the health of the athlete: how online technology may aid our common goal to prevent injury and illness in sport* / E. Verhagen, C. Bolling // *British journal of sports medicine*. – 2015. – Vol. 49, iss. 18. – P. 1174–1178. DOI: 10.1136/bjsports-2014-094322
37. *Virtual reality and mixed reality for second chance tourism* / A. Bec, B. Moyle, V. Schaffer, K. Timms // *Tourism management*. – 2021. – Vol. 83. – Article Number: 104256. DOI: 10.1016/j.tourman.2020.104256
38. *Virtual reality to assess and train team ball sports performance: A scoping review* / C. Faure, A. Limballe, B. Bideau, R. Kulpa // *Journal of sports sciences*. – 2019. – Vol. 38, iss. 2. – P. 192–205. DOI: 10.1080/02640414.2019.1689807
39. *Virtual reality, presence, and attitude change: Empirical evidence from tourism* / I.P. Tussyadiah, D. Wang, T.H. Jung, M.C.T. Dieck // *Tourism management*. – 2018. – Vol. 66. – P. 140–154. DOI: 10.1016/j.tourman.2017.12.003
40. *Wearable sensors for monitoring the physiological and biochemical profile of the athlete* / Seshadri D.R., Li R.T., Voos J.E. et al. // *NPJ Digital Medicine*. – 2019. – Vol. 2. – Art. numb. 72. DOI: 10.1038/s41746-019-0150-9

References

1. Anokhin P.K. [Essays on the Physiology of Functional Systems]. Moscow, Medicine Publ., 1975, pp. 17–59.
2. Komarov M.N., Sharifullina S.R., Ivanov D.A., Klimova L.Yu. [Extreme Factors of the Underground Environment Influence on the Functional Indicators of Tourist-Speleologists]. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific notes University P.F. Lesgaft], 2021, no. 4 (194), pp. 205–211. (in Russ.) DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2021.4.p 205-211
3. Ismailov D.G., Kugurakova V.V. [Overcoming the Cyberbullying by Immersion in the Games and Simulators Using Virtual Reality]. *Vestnik NTsBZhD* [Vestnik NTsBZhD], 2020, no. 4, pp. 81–88. (in Russ.)
4. Solodkov A.S., Ashkinazi S.M., Andrianov V.P. [Classification of Athletes' and Military Men's Functional States]. *Ekstremal'naya deyatel'nost' cheloveka* [Extreme Human Activity], 2017, no. 4 (45), pp. 3–10. (in Russ.)
5. Kruzhalin V.I. [Tourism and Recreation Clusters – New Strategies for the Development of Regional Tourism]. *Kurortnoe delo, turizm i rekreatsiya* [Resort Business, Tourism and Recreation], 2009, no. 3 (4), pp. 29–32. (in Russ.)
6. Kulikova G.I., Shemanaev V.K., Logvinov V.S. [Instrumental Method of Monitoring the Functional State of Personnel Accompanying Sports Tourist Events]. *Sport, chelovek, zdorov'e. VII Mezhdunarodniy nauchniy kongress* [Sport, Human, Health. VII International Scientific Congress], 2015, pp. 151–153. (in Russ.)
7. Medvedev I.N., Zavalishina S.Yu., Malyshev A.V. [Physiological Bases of Health Tourism Effects on the Body]. *Aktual'nye problemy nauki i praktiki* [Actual Problems of Science and Practice]. Moscow, 2020, pp. 203–209. (in Russ.)
8. Mikheev A.A., Loktukhin V.N., Melnik O.V. [Construction of Informative Signs to Diagnose of the Functional Status of the Body Using Neural Network Technologies]. *Radiotekhnika* [Radio Engineering], 2012, no. 3, pp. 147–152. (in Russ.)
9. Smagulov N.K., Kovalenko L.M., Adilbekova A.A. [System of the Prenosological Control for Operative Detection and Assessment of the Functional State of the Organism]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya* [Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology], 2015, no. 9, p. 133. (in Russ.)
10. Tkacheva T.V., Faleeva E.A. [Physical Rehabilitation and Recreation]. *Voprosy ustoichivogo razvitiya obshchestva* [Issues of Sustainable Development of Society], 2020, no. 8, pp. 322–328. (in Russ.) DOI: 10.34755/IROK.2020.52.42.067

11. Tretiakova T.N., Menshchikov A.A. [Influence of Cultural and Educational Tours to the Condition of the Tourists]. *Vestnik Assotsiatsii vuzov turizma i servisa* [Service in Russia and Abroad], 2015, vol. 9, no. 3, pp. 62–71. (in Russ.) DOI: 10.12737/12531
12. Prokop'ev N.Ya., Anan'ev V.N., Prokop'ev V.N. et al. [The Function of External Respiration in Young Students of Tyumen Universities During Hiking]. *Nauchno-sportivnyy vestnik Urala i Sibiri* [Ural and Siberia Bulletin of Sports Science], 2021, no. 4 (32), pp. 3–11. (in Russ.)
13. Khvatova M.V. [Functional Condition of a Person as Integral Characteristic]. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Ser. Gumanitarnye nauki* [Tambov University Review. Ser. Humanities], 2008, no. 3 (59), pp. 22–27. (in Russ.)
14. Sharafutdinov V.N., Onishchenko E.V. [Tourist Space as a Concept. Scientific Approaches to the Study]. *Vestnik Volzhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika* [Journal of Volgograd State University. Economics], 2020, no. 2, pp. 28–39. (in Russ.) DOI: 10.15688/ek.jvolsu.2020.2.3
15. Sheptikina T.S., Sentyabrev N.N., Sheptikin S.A. [Physical Recreation. Definition and Problems of the Content of Physical and Sports Activities]. *Fizicheskaya kul'tura. Sport. Turizm. Dvigatel'naya rekreatsiya* [Physical Culture Journal. Sport. Tourism. Motor Recreation], 2021, vol. 6 (1), pp. 13–20. (in Russ.) DOI: 10.47475/2500-0365-2021-16102
16. Naseri B., Rajabion L., Zaravar F. et al. A New Model for Evaluating the Impact of Ergonomic Architectural Design of Gym, Social Network and Digital Knowledge on the Desire of Students for Sport Activities. *Human Systems Management*, 2019, vol. 38, iss. 4, pp. 347–355. DOI: 10.3233/HSM-190486
17. O'Reilly M.A., Slevin P., Ward T., Caulfield B. A Wearable Sensor-Based Exercise Biofeedback System: Mixed Methods Evaluation of Formulift. *JMIR mHealth and uHealth*, 2018, vol. 6 (1), e33. DOI: 10.2196/mhealth.8115
18. Abdullah S.K. Remote Heart Rate Monitor System Using NodeMcu Microcontroller and Easy Pulse Sensor v1.1. *2nd International Conference on Sustainable Engineering Techniques (ICSET 2019)*, 2019, vol. 518, UNSP 052016. DOI: 10.1088/1757-899X/518/5/052016
19. Ai Z.X. Quantitative CT Study of Martial Arts Sports Injuries Based on Image Quality. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 2019, vol. 60, pp. 417–425. DOI: 10.1016/j.jvcir.2019.03.013
20. Lee S.A., Manthiou A., Chiang L.L., Tang L.R. An Assessment of Value Dimensions in Hiking Tourism: Pathways Toward Quality of Life. *International Journal of Tourism Research*, 2018, vol. 20 (2), pp. 236–246. DOI: 10.1002/jtr.2176
21. Gajic T., Petrovic M.D., Radovanovic M. et al. Determining the Profile of Tourists as Users of Rural Tourism Product- Focus on a Developing Area (Vojvodina Province). *Deturope-the Central European Journal of Regional Development and Tourism*, 2021, vol. 13 (1), pp. 39–57. DOI: 10.32725/det.2021.003
22. Altimira D., Mueller F., Clarke J. et al. Digitally Augmenting Sports: an Opportunity for Exploring and Understanding Novel Balancing Techniques. *34th Annual CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI 2016*, San Jose, CA, SIG CHI, ACM, 2016, pp. 1681–1691. DOI: 10.1145/2858036.2858277
23. Simpson A., Gemming L., Baker D., Braakhuis A. Do Image-Assisted Mobile Applications Improve Dietary Habits, Knowledge, and Behaviours in Elite Athletes? Apilotstudy. *Sports*, 2017, vol. 5 (3), art. numb. 60. DOI: 10.3390/sports5030060
24. Ridolfi M., Vandermeeren S., Defraye J. et al. Experimental Evaluation of UWB Indoor Positioning for Sport Postures. *Sensors*, 2018, vol. 18, no. 1, art. numb. 168. DOI: 10.3390/s18010168
25. Feodoroff B., Konstantinidis I., Froboese I. Effects of Full Body Exergaming in Virtual Reality on Cardiovascular and Muscular Parameters: Cross-Sectional Experiment. *JMIR Serious Games*, 2019, vol. 7, iss. 3, e12324. DOI: 10.2196/12324
26. Mozolev O., Shorobura I., Zdanevych L. et al. Influence of Physical Fitness of Students on the Quality of Leisure Organization in a Sports and Health Tourism. *Revista Romaneasca Pentru Educatie Multidimensionala*, 2020, vol. 12 (2), pp. 117–131. DOI: 10.18662/rrem/12.2/269
27. Koehler K., Drenowatz C. Monitoring Energy Expenditure Using a Multi-Sensor Device- Applications and Limitations of the SenseWear Armband in Athletic Populations. *Frontiers in Physiology*, 2017, vol. 8, art. numb. 983. DOI: 10.3389/fphys.2017.00983
28. Neumann D.L., Moffitt R.L. Affective and Attentional States when Running in a Virtual Reality Environment. *Sports*, 2018, vol. 6, iss. 3, art. numb. 71. DOI: 10.3390/sports6030071

29. Dunne D.M., Lefevre C., Cuniffe B. et al. Performance Nutrition in the Digital Era – An Exploratory Study Into the Use of Social Media by Sports Nutritionists. *Journal of Sports Sciences*, 2019, vol. 37, iss. 21, pp. 2467–2474. DOI: 10.1080/02640414.2019.1642052
30. Piccione J., Collett J., De Foe A. Virtual Skills Training: the Role of Presence and Agency. *Heliyon*, 2019, vol. 5, iss. 11, art. numb. e02583. DOI: 10.1016/j.heliyon.2019.e02583
31. Caramenti M., Lafortuna C.L., Mugellini E. et al. Regular Physical Activity Modulates Perceived Visual Speed when Running in Treadmill-Mediated Virtual Environments. *PLOS ONE*, 2019, vol. 14 (6), art. numb. e0219017. DOI: 10.1371/journal.pone.0219017
32. Rojas-Mendez J.I., Parasuraman A., Papadopoulos N. Demographics, Attitudes, and Technology Readiness: A Cross-Cultural Analysis and Model Validation. *Marketing Intelligence and Planning*, 2017, vol. 35, iss. 1, pp. 18–39. DOI: 10.1108/MIP-08-2015-0163
33. Tretiakova T.N., Malyzhenko M.N., Radovanović M., Petrović M. The Influence of Ecological Tours on the Psycho-Emotional Status of Tourists. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. S1, pp. 171–176. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm21s126
34. Kos A., Wei Y., Tomažič S., Umek A. The Role of Science and Technology in Sport. *Procedia Computer Science*, 2018, vol. 129, pp. 489–495. DOI: 10.1016/j.procs.2018.03.029
35. Jin N., Yang F., Yan M. et al. User Perceptions of Smart Class Services in Teaching and Learning Interactions. *Procedia CIRP*, 2019, vol. 83, pp. 785–788. DOI: 10.1016/j.procir.2019.04.329
36. Verhagen E., Bolling C. Protecting the Health of the Athlete: how Online Technology May Aid Our Common Goal to Prevent Injury and Illness in Sport. *British Journal of Sports Medicine*, 2015, vol. 49, iss. 18, pp. 1174–1178. DOI: 10.1136/bjsports-2014-094322
37. Bec A., Moyle B., Schaffer V., Timms K. Virtual Reality and Mixed Reality for Second Chance Tourism. *Tourism Management*, 2021, vol. 83. DOI: 10.1016/j.tourman.2020.104256
38. Faure C., Limballe A., Bideau B., Kulpa R. Virtual Reality to Assess and Train Team Ball Sports Performance: A Scoping Review. *Journal of Sports Sciences*, 2019, vol. 38, iss. 2, pp. 192–205. DOI: 10.1080/02640414.2019.1689807
39. Tussyadiah I.P., Wang D., Jung T.H., Dieck M.C.T. Virtual Reality, Presence, and Attitude Change: Empirical Evidence from Tourism. *Tourism Management*, 2018, vol. 66, pp. 140–154. DOI: 10.1016/j.tourman.2017.12.003
40. Seshadri D.R., Li R.T., Voos J.E. et al. Wearable Sensors for Monitoring the Physiological and Biochemical Profile of the Athlete. *NPJ Digital Medicine*, 2019, vol. 2, art. numb. 72. DOI: 10.1038/s41746-019-0150-9

Информация об авторах

Байгузин Павел Азифович, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, научно-исследовательский центр спортивной науки, Институт спорта, туризма и сервиса, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Шибкова Дарья Захаровна, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, научно-исследовательский центр спортивной науки, Институт спорта, туризма и сервиса, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Шевцов Анатолий Владимирович, доктор биологических наук, заведующий кафедрой физической реабилитации, Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург, Россия.

Information about the authors

Pavel A. Baiguzhin, Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher, Research Center for Sports Science, Institute of Sport, Tourism and Service, South Ural State University Chelyabinsk, Russia.

Dariya Z. Shibkova, Doctor of Biological Sciences, Professor, Principal Researcher, Research Center for Sports Science, Institute of Sport, Tourism and Service, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Anatoliy V. Shevtsov, Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Physical Rehabilitation, Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health, St. Petersburg, Russia.

Статья поступила в редакцию 01.09.2022

The article was submitted 01.09.2022

ДИНАМИКА ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ И ОБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ У ПЛОВЦОВ ПРИ УСТАНОВЛЕНИИ РЕКОРДА В ЛЕДЯНОЙ ВОДЕ

Т.А. Фишер^{1,2}, fitan72@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9614-9907>
С.С. Бобрешова^{1,2}, kolyvanova93@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0579-081X>
А.В. Яркин², ayarkin@yandex.ru, Scopus Author ID 56667475100

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр
Сибирского отделения Российской академии наук, Тюмень, Россия
² Автономная некоммерческая организация дополнительного профессионального
образования Научно-образовательный центр «Регион здоровья», Тюмень, Россия

Аннотация. Цель: показать динамику вегетативной регуляции нервной системы, уровня глюкозы и жировой массы у спортсменов при преодолении длительной дистанции с общим грузом, вес которого составил 18 кг, во время установления рекорда в ледяной воде (агентство ПАРИ, книга рекордов России). **Материалы и методы.** Изучена динамика вегетативного индекса Кердо (ВИК), индекс массы тела (ИМТ), оценка жировой массы тела (ЖМТ), уровень глюкозы. **Результаты.** Установлено, что участники экстремального заплыва по ИМТ имели избыточную массу тела. Между замерами до и после экстремального заплыва по показателям ИМТ и ЖМТ как в процентном, так и в абсолютном содержании не установлено достоверных изменений. При оценке ВИК до начала установления рекорда у спортсменов наблюдалась анаболическая направленность обменных процессов, а после – преобладание симпатического регулирования, либо уравновешенность симпатических и парасимпатических влияний ВНС. После заплыва (2-й замер) отмечено достоверное увеличение уровня глюкозы ($p < 0,005$) и выявлена положительная корреляция уровня глюкозы с индексом массы тела. **Заключение.** Полученные результаты свидетельствуют, что уровень адаптационных возможностей спортсменов, длительно занимающихся зимним плаванием, достаточно высокий. Спортсмены показывают высокие спортивные результаты, увеличивая свои индивидуальные адаптационные возможности при сочетанном воздействии температурной и физической нагрузки в рамках нормальных значений системы жизнеобеспечения, в частности вегетативной регуляции нервной системы и обменных процессов.

Ключевые слова: физическая нагрузка, температурная нагрузка, рекорд в ледяной воде, индекс массы тела, жировая масса тела, уровень глюкозы, вегетативный индекс Кердо

Благодарности. Работа выполнена по госзаданию ТюмНЦ СО РАН № 1021061710153-4-1.5.1.

Для цитирования: Фишер Т.А., Бобрешова С.С., Яркин А.В. Динамика вегетативной регуляции нервной системы и обменных процессов у пловцов при установлении рекорда в ледяной воде // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 4. С. 35–43. DOI: 10.14529/hsm220404

AUTONOMIC REGULATION OF THE NERVOUS SYSTEM AND METABOLIC PROCESSES IN SWIMMERS COMPETING FOR A RECORD IN ICE WATER

T.A. Fisher^{1,2}, fitan72@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9614-9907>
S.S. Bobreshova^{1,2}, kolyvanova93@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0579-081X>
A.V. Yarkin², ayarkin@yandex.ru, Scopus Author ID 56667475100

¹Tyumen Scientific Centre SB RAS, Tyumen, Russia

²Autonomous Non-Profit Organization of Additional Professional Education Scientific and Educational Center "Region zdorov'ya (Health Region)", Tyumen, Russia

Abstract. Aim. The paper aims to show the dynamics of autonomic regulation of the nervous system, glucose, and fat mass in long-distance swimmers with weights of 18 kg competing for a record in ice water (Russian Book of Records). **Material and methods.** Changes in the Kerdo index, body mass index, body fat mass, and glucose were identified. **Results.** The participants in this extreme swimming race were found to be overweight according to BMI. No significant differences were found in terms of BMI and BFM (percentage and absolute values) before and after the swimming race. Before measurements, athletes demonstrated anabolic-type metabolism, followed by the prevalence of sympathetic regulation or a balance between sympathetic and parasympathetic activities after the swimming race. After the second measurement, a significant increase in glucose levels ($p < 0.005$) and a positive correlation between glucose levels and BMI were recorded. **Conclusion.** The results obtained show a quite high level of adaptive capabilities in long-distance ice-water swimmers. Athletes demonstrated excellent sports performance and enhanced adaptive capabilities due to the combined effects of temperature and physical activity and remained within reference values for autonomic regulation and metabolic processes.

Keywords: physical activity, temperature exposure, record in ice water, body mass index, body fat mass, glucose, Kerdo index

Acknowledgements. This work was accomplished as part of the State Assignment of Tyumen Scientific Center SB RAS No. 1021061710153-4-1.5.1.

For citation: Fisher T.A., Bobreshova S.S., Yarkin A.V. Autonomic regulation of the nervous system and metabolic processes in swimmers competing for a record in ice water. *Human. Sport. Medicine*. 2022;22(4):35–43. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220404

Введение. Плавание в холодной и ледяной воде – это не только эффективный способ повышения устойчивости организма к воздействию неблагоприятных факторов, но и соревновательная дисциплина [1]. Несмотря на то, что этот вид деятельности представляет значительные риски для здоровья [16], он активно развивается [11]. Основными лидерами зимнего плавания считаются такие страны, как Финляндия, Эстония, Литва, Чехия, Латвия, Россия и др. Например, последний X чемпионат мира по зимнему плаванию был проведен в РФ в г. Тюмени в 2016 году. В нем участвовали более 1 000 спортсменов из 42 стран мира. Все чаще проводятся спортивно-физкультурные мероприятия разного уровня, организовываются международные заплывы и устанавливаются мировые рекорды [10, 14]. Так, Льюис Гордон Пью сделал первую по-

пытку проплыть большое расстояние в ледяной воде ($t = 1,7^{\circ}\text{C}$) как можно ближе к Северному полюсу. Ему удалось проплыть за 18 минут 50 секунд расстояние в 1 км в открытой точке льда на Северном полюсе. Его рекорд был побит Линн Кокс во время заплыва возле острова Петерманн в Антарктиде. По мнению ученых, такое достижение было связано с тем, что он смог повысить свою температуру тела на 2°C с помощью психологических установок, называемых «предвидимый термогенез» [12]. Также создаются группы для установления рекордов. Например, за 40 часов 33 минуты группа «моржей» (Россия, г. Тюмень) разной спортивной подготовки (стаж от 4 до 12 лет) в количестве 22 человек (8 женщин и 14 мужчин) преодолела в холодной воде ($t = \text{около } 4^{\circ}\text{C}$) дистанцию в 101,4 км. При этом показана «цена»

адаптационных ресурсов со стороны физиологического и психологического звеньев системы жизнеобеспечения [3].

Достижения в области расширения индивидуальных возможностей человека в «мире холода» вызывают огромное удивление, но часто они остаются без научного сопровождения. Практически не обоснованы факты того, как регулировать психоэмоциональное состояние и поведение человека в холодной и ледяной воде, какие личностные характеристики становятся ведущими, как правильно дышать в момент воздействия резких перепадов температур, как заходить в холодную воду, как выработать самоконтроль во время нахождения в холодной воде, в том числе соревновательного процесса, чтобы не было обморожения конечностей. Опытными спортсменами зимнего плавания уже отработаны навыки по преодолению стресса во время резкого перепада температур, который порой достигает более 90 °С [5, 8]. Такие знания могут стать полезны для категории людей, чья профессиональная деятельность связана с территориальными перемещениями (миграцией) в северные широты РФ, в том числе в Арктической зоне. Нередко выполнение их служебных задач происходит в условиях температурного стресса с риском для жизни и здоровья.

Важно отметить, что зимние пловцы научились преодолевать «барьеры», связанные с контрастным воздействием температур, и продолжают искать способы увеличения ресурсного потенциала человека, развивая при этом высокую стрессоустойчивость. В связи с этим изучение людей, занимающихся зимним плаванием, представляет научную ценность для детального описания физиологических и психологических процессов, происходящих на разных уровнях системы жизнеобеспечения. Изучение реакций систем организма на экстремальное контролируемое низкотемпературное воздействие позволит прогнозировать некоторые психологические реакции и реакции физиологических систем организма в экстремальных условиях. Это поможет выработать систему безопасных стандартов при занятии зимним плаванием, необходимых для предотвращения или снижения рисков развития дисфункциональных состояний [13]. Полученные данные можно использовать для разработки систем тренировок и спортивных нагрузок, способствующих увеличению адаптационного потенциала как спортсменов, так

и любителей зимнего плавания, что даст возможность контролировать свое здоровье, увеличивая адаптивные возможности организма.

Цель исследования: оценить динамику вегетативной регуляции нервной системы, уровня глюкозы и жирового компонента массы тела у спортсменов зимнего плавания во время установления рекорда (агентство ПАРИ, книга рекордов России) в ледяной воде при преодолении длительной дистанции с грузом, масса которого составила 18 кг.

Материалы и методы. В исследовании и установлении рекорда приняли участие 14 мужчин-пловцов, занимающихся зимним плаванием, возраст которых составил 43,1 [36,2; 58,5] года. Стаж регулярных занятий – 7,4 [4,0; 12,0] года, что свидетельствует о том, что они имеют длительный опыт и наработанные профессиональные навыки взаимодействия с холодной водой. Подписаны добровольные согласия на участие в установлении рекорда и согласия на участие в научном исследовании и обработку персональных данных. Критерии включения: справка врача-кардиолога и врача-терапевта (с указанием перенесенных заболеваний и оперативных вмешательств за последний год), справка об отсутствии контактов с инфекционными больными и об отсутствии РНК в биологическом материале возбудителя коронавирусной инфекции Covid-19 методом ПЦР, срок проведения исследования не должен был превышать 4 суток. Критерии невключения: инфицированность Covid-19, вне зависимости от клинических проявлений; наличие в анамнезе хронических заболеваний; варикозное расширение вен; заболевание щитовидной железы (гипертиреоз II–III степени); ишемическая болезнь сердца (ИБС), злокачественные новообразования; неврологические заболевания: эпилепсия, в том числе в стадии ремиссии; болезни пищеварения: язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки.

Допуск спортсменов к установлению рекорда осуществлялся по оценке общего самочувствия (отличное, хорошее, удовлетворительное, неудовлетворительное), уровень артериального давления (систолическое 110–155 мм рт. ст., диастолическое 60–90 мм рт. ст.), частоте сердечных сокращений (ЧСС 60–90 ударов в минуту), температуры тела 36,0–37,0 °С.

Исследование было проведено на базе Центра закаливания и плавания в холодной

воде «АквАйСпорт» (г. Тюмень, Россия), который располагается на юге Западной Сибири, климат в этой географической зоне – умеренный. В момент установления рекорда (март 2021 года) температура воздуха 0 °С, ветер юго-восточный 1 м/с, давление 738 мм, влажность 87 %, осадки – снег 0,2 мм, температура воды +1,5 °С (категория – ледяное плавание).

Проведение мероприятия по установлению рекорда. Каждый пловец перед заплывом надевал специальную конструкцию – атлетический пояс с крюком, располагая его в области центральной части живота (масса пояса составляла 1 кг 800 г). На крюк помещали груз – спортивную гирю (масса 16 кг 200 г). Масса общего груза составила 18 кг.

Условия для установления рекорда. Бассейн оборудован как объект, представляющий собой участок акватории открытого природного водоема, поверхность которого ограничена периметром изо льда (прорубь), размером 9×25 м 30 см. В проруби установлена «толчковая стенка» (удерживающая конструкция). С обеих торцевых сторон прорубь оборудована лестницей с подъемными механизмами. В длину бассейна протянуты разделительные цветные тросы, обозначающие плавательные дорожки.

Дизайн установления рекорда. Заплыв проведен в эстафетном варианте, где в общем зачете пловцы преодолели 900 метров за 34 минуты 52 секунды: 11 пловцов проплыли в ледяной воде с грузом 3 этапа по 25 м (всего 75 м) и 3 пловца – 1 этап (25 м). После того как пловец проплывал дистанцию, он в воде передавал гирю другому пловцу, который самостоятельно ее прикреплял. Такая процедура необходима для отслеживания на поведенческом уровне способности пловца контролировать свое состояние и вовлеченность в процесс.

Во время ожидания своего заплыва участники эстафеты находились в помещении ($t = +15...+17$ °С), после заплыва проходили в баню на 20 минут ($t = +90...+92$ °С) для отогревания и восстановления саморегуляции организма, направленного на поддержание динамического равновесия.

Замеры исследуемых показателей проводилось дважды: 1-й замер – за 20 минут до заплыва; 2-й замер – через 20 минут после установления рекорда и посещения бани. Были исследованы: вегетативный индекс Кер-

до (ВИК), индекс массы тела (ИМТ), жировая масса тела (ЖМТ), обменные процессы определялись по уровню глюкозы.

Оценка соматотипологических особенностей: $ВИК = (1 - ДАД / ЧСС) \cdot 100$. Значение ВИК, равное 0, расценивается как вегетативное равновесие, от –15,0 до 15,0 – уравновешенность симпатических и парасимпатических влияний ВНС, от 16,0 до 30,0 – симпатикотония, $\geq 31,0$ – выраженная симпатикотония (активация симпатического отдела ВНС и катоболическая направленность обменных процессов), от –16,0 до –30,0 – парасимпатикотония, $\leq -30,0$ – выраженная парасимпатикотония (нарушение равновесия обменных процессов по анаболическому варианту метаболизма). По формуле Кетле рассчитан ИМТ = M / L^2 (кг/м²), где М – масса тела, кг; L – длина тела, м. Оценивали ИМТ по следующим критериям: < 18,5 – недостаточная масса тела; 18,5–24,9 – норма; 25,0–29,9 – избыточная масса тела (предожирение); 30,0–34,9 – ожирение 1-й степени; 35,0–39,9 – ожирение 2-й степени; > 40,0 – ожирение 3-й степени. С помощью жираанализатора Omron BF302 (Япония) проводилось обследование ЖМТ по принципу АБЭС (анализ биоэлектрического сопротивления). Уровень глюкозы определялся в капиллярной крови с помощью портативной системы контроля OneTouch Select Plus Flex (Россия).

Статистический анализ полученных результатов проводился с использованием интегрированного пакета программного обеспечения IBM SPSS Statistics 21. Применены параметрические и непараметрические методы статистического анализа. Различия между выборками оценивали по критерию Уилкоксона, наличие или отсутствие линейной связи между показателями проводили с помощью корреляции Пирсона. Различия считались достоверными при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Проведено комплексное исследование изменений вегетативной регуляции, уровня глюкозы и жирового компонента массы тела у спортсменов в ходе установления рекорда по плаванию в ледяной воде с грузом (табл. 1). Показатели ИМТ свидетельствовали об избыточной массе тела (предожирение) у всех участников установления рекорда. При этом относительное и абсолютное содержание жира в организме пловцов находилось на оптимальном уровне [6].

Таблица 1

Table 1

Сравнительный анализ показателей ИМТ и жировой массы у пловцов (n = 14)
Comparative analysis of BMI and fat mass in swimmers (n = 14)

Показатели Parameter	Замер Measurement	M ± σ	Me [LQ; UQ]	P	Min	Max
ИМТ, кг/м ² BMI, kg/m ²	1	28,36 ± 2,79	28,1 [27,1; 30,0]	0,445	23,05	33,55
	2	28,38 ± 2,99	28,2 [27,0; 30,0]		22,46	33,30
ЖМТ, % BFM, %	1	20,21 ± 5,61	20,8 [16,2; 22,7]	0,528	9,70	30,60
	2	19,34 ± 6,21	18,7 [15,0; 22,5]		9,70	30,40
ЖМТ, кг BFM, кг	1	22,84 ± 4,42	23,3 [19,7; 25,2]	0,091	13,20	29,10
	2	22,55 ± 4,80	22,8 [19,6; 25,8]		13,20	29,00
ВИК, % KVI, %	1	-11,56 ± 11,76	-16,9 [-21,7; -1,25]	0,347	-25,30	6,90
	2	-7,21 ± 11,47	-10,7 [-16,9; 1,9]		-25,81	23,08
Глюкоза, ммоль/л Glucose, mmol/l	1	6,14 ± 0,86	6,4 [5,5; 6,7]	0,005**	4,80	7,50
	2	6,79 ± 1,28	6,6 [5,8; 7,5]		5,10	9,80

Избыточная масса тела спортсменов, длительно занимающихся зимним плаванием, необходима для защитного эффекта от потери тепла, адаптивного термогенеза (продукция тепла) и участвует в регулировании баланса энергии во время пребывания в холодной воде и после восстановления саморегуляции организма, обеспечивающих поддержание динамического равновесия [9, 15]. Процесс повышения теплопродукции в ответ на холодовую стимуляцию, контролируемый симпатическим отделом нервной системы, сопровождается стимуляцией липолиза в бурых адипоцитах и более высоким ВАТ-зависимым расходом энергии [7]. В исследовании это подтверждается тем, что, несмотря на закономерное отсутствие достоверных изменений ИМТ и ЖМТ (абс. и %) между замерами до и после экстремального воздействия (низкая температура воды и воздуха при сочетании с физическим напряжением) при установлении рекорда, нами отмечена некоторая динамика данных показателей в сторону снижения.

При оценке вегетативного индекса Кердо до начала исследования и установления рекорда (1-й замер, ВИК = -16,9 [-21,7; -1,25]) в большинстве случаев у спортсменов наблю-

далось относительное преобладание парасимпатического отдела ВНС над симпатическим, что свидетельствует об анаболической направленности обменных процессов.

Возможно, такая ситуация связана с подготовкой организменных процессов на предстоящее мероприятие по установлению рекорда. После установления рекорда (2-й замер) наблюдалось смещение ВИК в сторону преобладания симпатического регулирования или уравниваемости симпатических и парасимпатических влияний ВНС (ВИК = -10,7 [-16,9; 1,9]), указывая на включение симпатической ВНС в процесс теплопродукции.

Уровень глюкозы (1-й замер = 6,4 [5,5; 6,7]; 2-й замер = 6,6 [5,8; 7,5]) после установления рекорда достоверно повысился (p = 0,005). Особое внимание обращает на себя то, что полученные положительные корреляции уровня глюкозы (2-й замер) с индексом массы тела (табл. 2) выявились после того, как спортсмены установили рекорд (1-й и 2-й замеры).

Это может быть связано с тем, что вследствие высокого физического напряжения в ледяной воде включается каскад биохимических реакций, в том числе повышается уро-

Таблица 2
Table 2

Корреляционные взаимосвязи ИМТ и уровня глюкозы
Relationships between BMI and glucose

Показатель Parameter	ИМТ, кг/м ² (1-й замер) BMI, kg/m ² (1st measurement)	ИМТ, кг/м ² (2-й замер) BMI, kg/m ² (2nd measurement)
Глюкоза, ммоль/л (1-й замер) Glucose (mmol/l) (1st measurement)	0,319 P = 0,266	0,284 P = 0,325
Глюкоза, ммоль/л (2-й замер) Glucose (mmol/l) (2nd measurement)	0,612* P = 0,020	0,608* P = 0,021

Примечание. * – p < 0,05 – достоверность корреляционных связей.

Note. * – p < 0.05 – significance of correlations.

вень глюкозы, необходимый для изменения окислительно-восстановительных реакций, направленных на процессы теплообразования и теплоотдачи. Дополнительно повышение уровня глюкозы в крови может быть результатом деятельности гормонов стресса – адреналина и кортизола, стимулирующих процессы гликогенолиза и глюконеогенеза, и, соответственно, свидетельствовать о стрессовом реагировании организма на экстремально холодовую и физическую нагрузку [2, 4].

Заключение. Проведенный анализ показателей вегетативной регуляции, жировой массы и уровня глюкозы во время установления рекорда в ледяной воде свидетельствует о достаточно высоком уровне адаптационных возможностях спортсменов. Люди, длительно и регулярно занимающиеся зимним плаванием, показывают высокие спортивные результаты в рамках нормальных значений системы жизнеобеспечения, в частности вегетативной регуляции нервной системы и уровня глюкозы как регулятора обменных процессов. С одной стороны, такая практика и увлечение зимним плаванием способствует увеличению ресурсного адаптационного потенциала человека соответствующей подготовки при воздействии сочетанных факторов температур-

ного и физического стресса. С другой – важно учитывать, что способность организма к адаптационной перестройке биологических процессов не безгранична и имеет определенный риск. В связи с этим для лучшего понимания краткосрочных и долгосрочных последствий набирающего популярность в последние годы зимнего плавания как вида экстремального воздействия на организм необходимо продолжать изучение индивидуальных ресурсов и адаптационных возможностей организма человека в пределах нормальных значений системы жизнеобеспечения. Это может быть важно для разработки методов и подходов, обеспечивающих как защиту от потенциальных рисков воздействия холодной воды, так и оптимум адаптационных реакций человека не только к неблагоприятным факторам среды, но и стрессам повседневной жизни.

Научная группа благодарит организаторов мероприятия: Агаркова Андрея Александровича, Салмина Алексея Павловича – председателя Тюменской областной общественной организации «Федерация закаливания и спортивного зимнего плавания» и всех участников установления рекорда за оказанную помощь в организации данного исследования.

Список литературы

1. Арбузова, Н.А. Инфраструктура зимнего плавания как важного экстрим-направления и компонента закаливания организма к холоду (аналитико-экспериментальное исследование) / Н.А. Арбузова, С.А. Полиевский. – М.: БИБКОВ, 2021. – 72 с.
2. Белая, Ж.Е. Роль физических нагрузок в норме и при сахарном диабете / Ж.Е. Белая, О.М. Смирнова, И.И. Дедов // Проблемы эндокринологии. – 2005. – Т. 51, № 2. – С. 28–37.
3. Динамика эмоционального состояния и физиологических параметров организма при длительном акватермальном 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.
4. Жигулина, В.В. Биохимический ответ организма на стресс (обзор литературы) / В.В. Жигулина // Верхневолжский мед. журнал. – 2014. – Т. 12, № 4. – С. 25–30.

5. Изменение гемодинамических, психофизиологических показателей и адаптационного потенциала мужчин трудоспособного возраста, занимающихся водно-холодовым закаливанием / Т.А. Фишер, С.С. Колыванова, А.А. Пушников, О.Н. Лепунова // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физ. культуры. – 2020. – Т. 97, № 6. – С. 40–49.
6. Мартиросов, Э.Г. Технологии и методы определения состава тела человека / Э.Г. Мартиросов, Д.В. Николаев, С.Г. Руднев. – М.: Наука, 2006. – 248 с.
7. Метаболические особенности и терапевтический потенциал бурой и «бежевой» жировой ткани / Е.О. Кокишарова, А.Ю. Майоров, М.В. Шестакова, И.И. Дедов // Сахарный диабет. – 2014. – № 4. – С. 5–15.
8. “Brain over body” – A study on the willful regulation of autonomic function during cold exposure / O. Muzik, K.T. Reilly, V.A. Diwadkar // Neuroimage. – 2018. – № 172. – P. 632–641.
9. Changes in body core and body surface temperatures during prolonged swimming in water of 10 °C – a case report / C.A. Rüst, B. Knechtle, T. Rosemann // Extrem Physiol Med. – 2012. – № 1:8. – P. 1–7.
10. Cold Water Swimming-Benefits and Risks: A Narrative Review. / B. Knechtle, Z. Waśkiewicz, C.V. Sousa, L. Hill, P.T. Nikolaidis // Int J Environ Res Public Health. – 2020. – № 17 (23). – P. 8984–9004.
11. Exposure to Cold and acute Upper Respiratory Tract Infection / R. Eccles, J.E. Wilkinson // Rhinology. – 2015. – No. 53. – P. 99–106.
12. Profile: Lewis Gordon Pugh-Polar swimmer / J. Butcher // Lancet. – 2005. – No. 366. – P. 23–24.
13. Swimming in ice cold water / B. Knechtle, N. Christinger, G. Kohler, P. Knechtle, T. Rosemann // Ir J Med Sci. – 2009. – No. 178 (4). – P. 507–511.
14. Swimming Three Ice Miles within Fifteen Hours / M. Stjepanovic, P.T. Nikolaidis, B. Knechtle // Chin J Physiol. – 2017. – No. 60 (4). – P. 197–206.
15. The Body Mass Index of San Francisco Cold-water Swimmers: Comparisons to U.S. National and Local Populations, and Pool Swimmers / B.T. Crow, E.C. Matthey, S.P. Schatz et al. // Int J Exerc Sci. – 2017. – No. 10 (8). – P. 1250–1262.
16. Winter Swimming: Body Hardening and Cardiorespiratory Protection Via Sustainable Acclimation / A.S. Manolis, S.A. Manolis, A.A. Manolis et al. // Curr Sports Med Rep. – 2019. – No. 18 (11). – P. 401–415.

References

1. Arbuzova N.A., Polievsky S.A. *Infrastruktura zimnego plavaniya kak vazhnogo ekstrim-napravleniya i komponenta zakalivaniya organizma k holodu (analitiko-eksperimental'noe issledovanie)* [Infrastructure of Winter Swimming as an Important Extreme Direction and a Component of Hardening the Body to the Cold]. Moscow, BIBKOM Publ., 2021. 72 p.
2. Belaya Zh.E., Smirnova O.M., Dedov I.I. [Role of Exercises in Health and in Diabetes Mellitus]. *Problemy endokrinologii* [Problems of Endocrinology], 2005, vol. 51, no. 2, pp. 28–37. (in Russ.)
3. 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, vol. 95, no. 3, pp. 57–62. (in Russ.) DOI: 10.17116/kurort201895357
4. Zhigulina V.V. [Biochemical Response of the Body to Stress (Overview)]. *Verkhnevolzhskiy meditsinskiy zhurnal* [Upper Volga Medical Journal], 2014, vol. 12, no. 4, pp. 25–30. (in Russ.)
5. Fisher T.A., Kolyvanova S.S., Pushnikov A.A., Lepunova O.N. [The Dynamics of Hemodynamic, Psychophysiological Parameters and Adaptive Potential of Men of Working Age Engaged in Water-Cold Hardening]. *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoy fizicheskoy kul'tury* [Problems of Balneology, Physiotherapy, and Exercise Therapy], 2020, vol. 97, no. 6, pp. 40–49. (in Russ.) DOI: 10.17116/kurort20209706140
6. Martirosov Je.G., Nikolaev D.V., Rudnev S.G. *Tehnologii i metody opredeleniya sostava tela cheloveka* [Technologies and Methods for Determining the Composition of the Human Body]. Moscow, Science Publ., 2006. 248 p.

7. Koksharova E.O., Mayorov A.Yu., Shestakova M.V., Dedov I.I. [Metabolic Characteristics and Therapeutic Potential of Brown and Beige Adipose Tissues]. *Sakharnyy diabet* [Diabetes Mellitus], 2014, vol. 17, no. 4, pp. 5–15. (in Russ.) DOI: 10.14341/DM201445-15
8. Muzik O., Reilly K.T., Diwadkar V.A. “Brain over body” – A Study on the Willful Regulation of Autonomic Function During Cold Exposure. *Neuroimage*, 2018, no. 172, pp. 632–641. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2018.01.067
9. Rüst C.A., Knechtle B., Rosemann T. Changes in Body Core and Body Surface Temperatures During Prolonged Swimming in Water of 10 °C – a Case Report. *Extrem Physiology Medical*, 2012, no. 1:8, pp. 1–7. DOI: 10.1186/2046-7648-1-8
10. Knechtle B., Waśkiewicz Z., Sousa C.V. et al. Cold Water Swimming-Benefits and Risks: A Narrative Review. *International Journal Environment Reserch Public Healthcare*, 2020, no. 17 (23), pp. 8984–9004. DOI: 10.3390/ijerph17238984
11. Eccles R., Wilkinson J.E. Exposure to Cold and Acute Upper Respiratory Tract Infection. *Rhinology*, 2015, no. 53, pp. 99–106. DOI: 10.4193/Rhin14.239
12. Butcher J. Profile: Lewis Gordon Pugh-Polar Swimmer. *Lancet*, 2005, no. 366, pp. 23–24. DOI: 10.1016/S0140-6736(05)67833-6
13. Knechtle B., Christinger N., Kohler G. et al. Swimming in Ice Cold Water. *Ir Journal Medical Science*, 2009, no. 178 (4), pp. 507–511. DOI: 10.1007/s11845-009-0427-0
14. Stjepanovic M., Nikolaidis P.T., Knechtle B. Swimming Three Ice Miles within Fifteen Hours. *Chin Journal Physiology*, 2017, no. 60 (4), pp. 197–206. DOI: 10.4077/CJP.2017.BAF467
15. Crow B.T., Matthay E.C., Schatz S.P. et al. The Body Mass Index of San Francisco Cold-water Swimmers: Comparisons to U.S. National and Local Populations, and Pool Swimmers. *International Journal Exercise Science*, 2017, no. 10 (8), pp. 1250–1262.
16. Manolis A.S., Manolis S.A., Manolis A.A. et al. Winter Swimming: Body Hardening and Cardiorespiratory Protection Via Sustainable Acclimation. *Curr Sports Medical Rep.*, 2019, no. 18 (11), pp. 401–415. DOI: 10.1249/JSR.0000000000000653

Информация об авторах

Фишер Татьяна Александровна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела методологии междисциплинарных исследований криосферы, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук; научный сотрудник, Автономная некоммерческая организация дополнительного профессионального образования Научно-образовательный центр «Регион здоровья», Тюмень, Россия.

Бобрешова Светлана Сергеевна, младший научный сотрудник отдела методологии междисциплинарных исследований криосферы, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук; научный сотрудник, Автономная некоммерческая организация дополнительного профессионального образования Научно-образовательный центр «Регион здоровья», Тюмень, Россия.

Яркин Антон Викторович, кандидат технических наук, директор, Автономная некоммерческая организация дополнительного профессионального образования Научно-образовательный центр «Регион здоровья», Тюмень, Россия.

Information about the authors

Tatyana A. Fisher, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Department of Methodology for Interdisciplinary Cryosphere Research, Federal State Institution Federal Research Centre Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; Researcher, Autonomous Non-Profit Organization of Additional Professional Education Scientific and Educational Center “Region zdorovya (Health Region)”, Tyumen, Russia.

Svetlana S. Bobreshova, Junior Researcher, Department of Methodology for Interdisciplinary Cryosphere Research, Federal State Institution Federal Research Centre Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; Researcher, Autonomous Non-Profit Organization of Additional Professional Education Scientific and ter “Region zdorovya (Health Region)”, Tyumen, Russia. Educational Cen

Anton V. Yarkin, Candidate of Technical Sciences, Director, Autonomous Non-Profit Organization of Additional Professional Education Scientific and Educational Center “Region zdorovya (Health Region)”, Tyumen, Russia.

Статья поступила в редакцию 11.08.2022

The article was submitted 11.08.2022

НЕКОТОРЫЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ г. МАГАДАНА

Е.М. Степанова, at-evgenia@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2223-1358>

Е.А. Луговая, elena_plant@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6583-4175>

Научно-исследовательский центр «Арктика» Дальневосточного отделения
Российской академии наук, Магадан, Россия

Аннотация. Цель: оценка биохимических показателей организма высококвалифицированных спортсменов различной специализации. **Материалы и методы.** Обследовано 40 мужчин-спортсменов высоких квалификационных разрядов (мастера спорта и кандидаты в мастера спорта), средний возраст $23,44 \pm 1,08$ года, разных видов спорта (единоборства, игровой и циклический спорт). Исследование биологических проб крови проводили на биохимическом анализаторе Beckman Coulter AU480 следующими методами: кинетический (ферменты), Яффе, модифицированный (креатинин), уриказный (мочевая кислота), хемилюминесцентный иммунохимический с использованием парамагнитных частиц (тестостерон, кортизол). **Результаты.** Установлено, что активность трансаминаз (аланинаминотрансферазы – АлАТ, аспартатаминотрансферазы – АсАТ) у всех спортсменов находилась в пределах нормальных величин. Между группами достоверно значимые различия АлАТ и АсАТ выявлены в «единоборствах» по сравнению с «циклическим спортом». Повышение уровня общей креатинфосфокиназы – КФК – отмечено у 52 % всех обследованных. В 39 % случаев значение индекса повреждения мышц (КФК/ АсАТ) превысило 10 у. е. в группе единоборцев и в 33 % – в группе «игровой спорт», что свидетельствует о наличии повреждений клеток мышечной ткани. Концентрация лактатдегидрогеназы (ЛДГ) в сыворотке крови спортсменов находилась в пределах референтных величин, при этом достоверно значимое различие ($p = 0,1$) в содержании фермента выявлено в группах «единоборства» и «игровой спорт». Остальные биохимические показатели находились в границах возрастных референтных интервалов. **Заключение.** Полученные результаты позволяют говорить о том, что для спортсменов, специализирующихся в игровом спорте и спортивных единоборствах, концентрация в крови метаболических биомаркеров общей КФК и креатинина была выше показателя в группе спортсменов циклических видов спорта. Связано это, вероятно, с разной направленностью тренировочных нагрузок, в зависимости от которой выход фермента в кровь может быть обусловлен механическими повреждениями мышц, индуцированными физической нагрузкой, и метаболическим стрессом, обусловленным накоплением свободных радикалов в процессе интенсивных тренировок. Превышение в кровяном русле концентрации общей КФК в период отсутствия привычных спортивных нагрузок можно рассматривать как северную особенность энергообеспечения по креатинкиназному механизму.

Ключевые слова: спорт, Север, биохимические показатели крови, адаптация

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке Правительства Магаданской области в рамках конкурса на соискание грантов губернатора Магаданской области молодым ученым.

Для цитирования: Степанова Е.М., Луговая Е.А. Некоторые биохимические показатели крови высококвалифицированных спортсменов г. Магадана // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 4. С. 44–50. DOI: 10.14529/hsm220405

Original article

DOI: 10.14529/hsm220405

**BLOOD BIOCHEMICAL VALUES IN HIGHLY QUALIFIED ATHLETES
OF MAGADAN****E.M. Stepanova**, at-evgenia@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2223-1358>**E.A. Lugovaya**, elena_plant@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6583-4175>Scientific Research Center "Arktika" Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences,
Magadan, Russia

Abstract. Aim. The purpose of this study was to evaluate biochemical parameters in highly skilled athletes from various sports. **Materials and methods.** Forty highly skilled male athletes (mean age = 23.44 ± 1.08 years) from different sports (martial arts, team sports, and cycling sports) were examined. The Beckman Coulter AU480 biochemical analyzer was used to perform the following analyses: kinetic (enzyme content), modified Jaffe reaction (creatinine), uricase method (uric acid), paramagnetic particle-based chemiluminescent assay (testosterone, cortisol). **Results.** Transaminase activity (Alanine transaminase [ALAT], Aspartate transaminase [ASAT]) was normal in all athletes. Significant differences were found in ALAT and ASAT in martial arts athletes compared to cyclic sports athletes. Fifty-two percent of all athletes had increased levels of creatine kinase (CK). The muscle damage index (CK/ASAT ratio) exceeded ten arbitrary units in martial arts and team sports athletes (39 and 33 %, respectively), which indicated muscle tissue damage. In all the athletes, lactate dehydrogenase (LD) levels in serum were within reference values. However, a significant difference ($p = 0.1$) in LD levels was found between martial arts and team sports athletes. The rest of the biochemical parameters were within reference ranges for the age group. **Conclusion.** Team sports and martial arts athletes had higher levels of CK and creatinine compared with athletes from cyclic sports. This was probably associated with different exercise programs that influenced enzyme release either as a result of mechanical damage or metabolic stress due to exercise-induced free radical accumulation. Increased CK levels in the serum in the absence of usual exercise can be considered a northern feature of energy supply through the CK mechanism.

Keywords: sport, North, blood biochemical parameters, adaptation

Acknowledgements. The study was financially supported by the Government of the Magadan Region as part of a competition for young scientists.

For citation: Stepanova E.M., Lugovaya E.A. Blood biochemical values in highly qualified athletes of Magadan. *Human. Sport. Medicine*. 2022;22(4):44–50. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220405

Введение. В числе задач государственной политики Российской Федерации в сфере физической культуры и спорта с одной стороны значится увеличение степени вовлеченности в спорт как молодого населения страны, так и лиц старших возрастных групп, а с другой стороны, повышение степени конкурентоспособности наших спортсменов на соревнованиях мирового масштаба в спорте высших достижений. Особое значение приобретает выполнение этих задач на территориях северной части нашей страны, где человек и без повышенных физических нагрузок испытывает функциональное напряжение основных регуляторных систем организма.

Среди целей реализации Концепции развития физической культуры и спорта в Магаданской области – проведение мониторинга здоровья лиц, активно занимающихся спор-

том высших достижений, а также посещающих спортивные занятия в специализированных спортивных учреждениях, для динамической оценки функциональных резервов, предупреждения рисков нарушения адаптационных возможностей и здоровья при повышенных нагрузках на организм, с учетом экстремальности природно-климатических факторов районов Крайнего Севера.

Цель исследования – определение биохимических показателей крови высококвалифицированных спортсменов различной специализации в процессе тренировочной деятельности в особых климато-географических условиях Северного региона.

Материалы и методы. Исследование проводили на базе независимой лаборатории ООО «Юнилаб-Хабаровск» и в НИЦ «Арктика» ДВО РАН в конце апреля 2020 года, когда

период самоизоляции, связанной с пандемией новой коронавирусной инфекцией COVID-19 [13], составил не менее месяца. Протокол обследования был одобрен комиссией по биоэтике Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт биологических проблем Севера Дальневосточного отделения Российской академии наук» (этический протокол № 001/020). Исследование проведено в соответствии с принципами Хельсинской декларации и в соответствии с ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в РФ» от 21.11.2011 г. № 323, ФЗ от 27.07.2006 г. № 152 «О персональных данных». Всего было обследовано 40 мужчин-спортсменов высоких квалификационных разрядов (КМС, МС), средний возраст $23,44 \pm 1,08$ года, все они были разделены по видам спорта (табл. 1).

Исследование биохимических показателей включало в себя определение активности аланинаминотрансферазы (АлАТ), аспартатаминотрансферазы (АсАТ), общей креатинфосфокиназы (КФК), лактатдегидрогеназы (ЛДГ), содержания в крови креатинина, мочевой кислоты, кортизола общего, тестостерона общего. Исследование биологических проб проводили на биохимическом анализаторе Beckman Coulter AU480 следующими методами: кинетический (ферменты), Яффе, модифицированный (креатинин), уриказный (мочевая кислота), хемилюминесцентный иммунохимический с использованием парамагнитных частиц (тестостерон, кортизол).

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием IBM SPSS Statistics 21.0 (США). Результаты представили в виде средних величин и ошибки среднего арифметического ($M \pm m$). Оцен-

ку достоверности различий средних величин проводили с использованием t-критерия Стьюдента, уровень значимости различий считали достоверным при $p < 0,05$. Для определения тесноты связи между изучаемыми признаками проводили вычисление коэффициента корреляции Пирсона (r). Также рассчитывали индекс повреждения мышечной ткани и коэффициент де Ритиса.

Результаты. Биохимические параметры крови обследованных спортсменов представлены в табл. 2.

Активность ферментов крови – информативный маркер оценки физиологического состояния спортсменов при разнонаправленных физических нагрузках [1, 4]. Достоверно значимое превышение показателей активности КФК было выявлено у магаданских единоборцев ($p = 0,1$) и спортсменов игровых видов спорта ($p = 0,1$). В научной литературе описывается повышение значения креатинкиназы у спортсменов, главным образом, скоростно-силового спорта, как следствие адаптации к силовым нагрузкам [2, 3, 5–7, 9–12]. Известно, что активность КФК возрастает примерно на 100 % через 8 часов после нагрузки, а пиковые значения могут быть достигнуты в интервале от 24 до 96 часов в зависимости от вида упражнений и индивидуальных особенностей организма спортсменов [8]. Испытуемые, участвующие в нашем исследовании, больше месяца не испытывали привычной нагрузки, однако уровень концентрации фермента в кровяном русле отличался от референтных значений в сторону увеличения абсолютных значений, что побудило нас проанализировать контрольную по показателю КФК группу мужчин ($n = 30$) сопоставимого возраста

Таблица 1
Table 1

Средние величины ($M \pm m$) длины тела, массы тела и индекса массы тела у спортсменов г. Магадана
Mean values ($M \pm m$) of body length, body mass, and body mass index in athletes from Magadan

Вид спорта Sport	Возраст, лет Age, years	Длина тела, м Body length, m (min-max)	Масса тела, кг Body mass, kg (min-max)	ИМТ BMI (min-max)
Единоборства Martial arts (n = 18)	$24,11 \pm 1,38$	$1,79 \pm 0,02$ (1,60–1,93)	$77,33 \pm 2,14$ (60,00–91,00)	$24,08 \pm 0,50$ (17,00–42,00)
Игровой спорт Team sports (n = 10)	$29,00 \pm 3,24$	$1,76 \pm 0,02$ (1,76–1,83)	$66,00 \pm 5,11$ (66,00–79,00)	$21,31 \pm 1,05$ (21,31–24,07)
Циклический спорт Cyclic sports (n = 12)	$20,00 \pm 1,49$	$1,84 \pm 0,06$ (1,70–1,95)	$70,25 \pm 3,35$ (64,00–78,00)	$20,88 \pm 1,22$ (18,90–23,88)

Таблица 2
Table 2Значения ($M \pm m$) биохимических показателей в цельной крови обследованных лиц
Mean values ($M \pm m$) of biochemical blood parameters in athletes

№ п/п	Показатель, единицы измерения Parameter, units	Референтный интервал Reference values	Значение показателя Results		
			Единоборства (1) Martial arts	Игровой спорт (2) Team sports	Циклический спорт (3) Cyclic sports
1	Тестостерон общий, ммоль/л Total testosterone, mmol/L	8,98–28,3	17,94 \pm 0,83	17,99 \pm 2,91	18,58 \pm 0,90
2	Аланинаминотрансфераза, ед./л Alanine transaminase, U/L	< 50	24,25 \pm 2,11	17,27 \pm 3,94	11,53 \pm 2,23 (1-3)
3	Аспартатаминотрансфераза, ед./л Aspartate transaminase, U/L	< 50	27,68 \pm 2,14	23,50 \pm 1,92	21,63 \pm 2,02 (1-3)
4	Креатинкиназа, ед./л Creatine kinase, U/L	< 171	272,31 \pm 54,27	283,60 \pm 71	106 \pm 19,96 (1-3, 2-3)
5	Лактатдегидрогеназа, сывортка, ед./л Lactate dehydrogenase, serum, U/L	< 248	185,39 \pm 10,90	134,33 \pm 18,86 (1-2)	178,4 \pm 7,01 (2-3)
6	Креатинин, мкмоль/л Creatinine, μ mol/l	74–110	96,68 \pm 2,35	99,73 \pm 0,25	83,55 \pm 4,96 (1-3, 2-3)
7	Мочевая кислота, мкмоль/л Uric acid, μ mol/l	208,3–428,4	360,69 \pm 10,59	333,20 \pm 79,16	343,63 \pm 33,31
8	Кортизол общий, ммоль/л Total cortisol, mmol/L	185–624	418,32 \pm 22,06	416,05 \pm 60,96	294,68 \pm 37,87 (1-3, 2-3)

Примечание. В скобках надстрочным шрифтом указаны группы, значения показателей в которых достоверно различны.
Note. Groups with significant differences are given in parentheses.

Таблица 3
Table 3

Индекс повреждения мышц и коэффициент де Ритиса спортсменов
Muscle damage index and ASAT/ALAT ratio in athletes

Вид спорта Sport	Индекс повреждения мышц (КФК/АсАТ) Muscle damage index	Коэффициент де Ритиса (АсАТ/АлАТ) ASAT/ALAT ratio
Единоборства Martial arts	9,13 ± 1,03	1,24 ± 0,10
Игровой спорт Team sports	8,43 ± 1,95	1,51 ± 0,48
Циклический спорт Cyclic sports	4,81 ± 0,42	1,98 ± 0,30

Таблица 4
Table 4

Корреляция биохимических показателей с некоторыми антропометрическими параметрами спортсменов
Correlation of biochemical and anthropometric parameters in athletes

Показатели Parameter	Коэффициент корреляции, r Correlation coefficient, r							
	Тестостерон общий Total testosterone	АлАТ ALAT	АсАТ ASAT	КФК СК	ЛДГ LD	Креатинин Creatinine	Мочевая кислота Uric acid	Кортизол общий Total cortisol
Длина тела, м Body length, m	0,03	–0,11	–0,11	–0,29	–0,17	–0,29	0,09	0,06
Масса тела, кг Body mass, kg	0,02	0,44	0,18	0,18	–0,28	0,53	0,21	0,06
ИМТ, кг/м ² Body mass index, kg/m ²	–0,003	0,61	0,33	0,29	–0,15	0,38	0,16	–0,02

с обычным режимом двигательной активности. У 53 % лиц выявлено превышение КФК относительно нормативных величин, среднegrupповое значение фермента составило $446,44 \pm 80,26$ U/L, что выше показателя в группе «единоборства» и «циклический спорт» ($p < 0,5$). Выявленный факт позволяет предположить развитие креатинкиназного механизма энергообеспечения в условиях северных климатических факторов и говорить о необходимости продолжительного периода «покоя» для полного восстановления мышечной системы организма на фоне повышенных спортивных нагрузок в условиях Севера.

Активность трансаминаз (АлАТ, АсАТ) у обследуемых находилась в пределах нормальных величин. Достоверно значимые различия выявлены в группах «единоборства» и «циклический спорт» на уровне статистической значимости $p = 0,01$, $p = 0,05$ для АлАТ и АсАТ соответственно. Коэффициент де Ритиса у единоборцев и в группе «игровой спорт» входил в диапазон нормы 0,91–1,75, а в группе «циклический спорт» среднее значение его составило 1,98 (табл. 3), что в пределах нор-

мальных значений АлАТ и АсАТ может свидетельствовать о напряжении миокарда и функционально адаптивной реакции. Значение индекса повреждения мышц (КФК/АсАТ) в 39 % случаев превысило 10 у. е. в группе единоборцев и в 33 % – в группе «игровой спорт», что свидетельствует о повреждении клеток мышечной ткани.

Концентрация ЛДГ в сыворотке крови спортсменов находилась в пределах референсов, при этом содержание фермента различно в группах «единоборства» и «игровой спорт» ($p = 0,1$). Среднegrupповое содержание креатинина находилось в пределах нормальных величин. Наибольшая и достоверно значимая при $p = 0,1$ и $p = 0,01$ концентрация креатинина была в группах «единоборства» и «игровой спорт», в сравнении с показателем в организме мужчин циклического спорта. Концентрация мочевой кислоты в крови спортсменов во всех случаях находилась в пределах нормальных величин. Различия средних концентраций метаболита в сравниваемых группах спортсменов не носили статистически значимый характер.

Согласно проведенному корреляционно-му анализу значительной силы прямая зависимость была выявлена между АлАТ и ИМТ ($r = 0,61$) и креатинином и массой тела ($r = 0,53$), умеренной силы связь отмечена для пар АлАТ-масса тела ($r = 0,44$), АсАТ-ИМТ ($r = 0,33$), креатинин-ИМТ ($r = 0,38$). В остальных случаях взаимодействия незначительные слабой степени (табл. 4).

Заключение. Результаты проведенного исследования показали, что практически все изученные биохимические параметры крови спортсменов были в пределах половозрастной нормы, за исключением повышенного уровня КФК. Различия были только межгрупповые, что может отражать особенности биохимии спортивной специализации. Для спортсменов, специализирующихся в игровом спорте и спортивных единоборствах концентрация в

крови метаболических биомаркеров общей КФК и креатинина была выше показателя в группе спортсменов циклических видов спорта, что связано с разной направленностью тренировочных нагрузок. Превышение в кровяном русле концентрации общей КФК в период отсутствия привычных спортивных нагрузок можно рассматривать как северную особенность энергообеспечения по креатинкиназному механизму. Расчет индекса повреждения мышц (КФК/АсАТ) показал превышение 10 у. е. в группе единоборцев в 39 % случаев и в 33 % – в группе «игровой спорт».

Результаты работы показывают необходимость проведения регулярного мониторинга биохимических показателей крови спортсменов для выявления текущего состояния функциональных резервов организма с учетом особенностей северного метаболизма.

Список литературы

1. Винничук, Ю.Д. Маркеры повреждения мышечной ткани у спортсменов / Ю.Д. Винничук, И.В. Чикина // *Вестник проблем биологии и медицины*. – 2016. – № 3 (130). – С. 288–293.
2. Оценка некоторых показателей биохимического статуса боксеров / Р.М. Раджаббадиев, И.В. Кобелькова, К.В. Выборная и др. // *Вестник спортивной науки*. – 2019. – № 5. – С. 52–56.
3. Раджаббадиев, Р.М. Биохимические маркеры адаптации высококвалифицированных спортсменов к различным физическим нагрузкам / Р.М. Раджаббадиев // *Наука и спорт: современные тенденции*. – 2019. – Т. 7, № 2. – С. 81–91.
4. Рыбина, И.Л. Лабораторные маркеры адаптации организма биатлонистов высокой квалификации к тренировочным нагрузкам / И.Л. Рыбина, Е.А. Ширковец, А.И. Нехвядович // *Наука в олимпийском спорте*. – 2017. – № 2. – С. 28–33.
5. Changes in Creatine Kinase and Hormones over the Course of an American Football Season / J.D. Stone, A. Kreutzer, J.D. Mata et al. // *Journal of Strength and Conditioning Research*. – 2017. – Vol. 31 (10). – P. 2920–2937.
6. Comparison of Changes in Biochemical Markers for Skeletal Muscles, Hepatic Metabolism, and Renal Function after Three Types of Long-distance Running: Observational Study / Shin Kyung-A, Park Ki Deok, Ahn Jaeki et al. // *Medicine (Baltimore)*. – 2016. – Vol. 95 (20). – P. 3657.
7. Effect of varying rest intervals between sets of assistance exercises on creatine kinase and lactate dehydrogenase responses / M. Machado, A.J. Koch, J.M. Willardson et al. // *J. Strength. Cond. Res.* – 2011. – No. 25. – P. 1339–1345.
8. Effects of 4-Week Creatine Supplementation Combined with Complex Training on Muscle Damage and Sport Performance / W. Chia-Chi, F. Chu-Chun, L. Ying-Hsian et al. // *Nutrients*. – 2018. – No. 10 (11). – P. 1640.
9. Hagstrom, A.D. Creatine kinase, neuromuscular fatigue, and the contact codes of football: A systematic review and meta-analysis of pre- and post-match differences / A.D. Hagstrom, K.A. Shorter // *Eur J Sport Sci.* – 2018. – No. 18 (9). – P. 1234–1244.
10. Kindermann, W. Creatine Kinase Levels After Exercise / W. Kindermann // *Deutsches Ärzteblatt International*. – 2016. – No. 113 (19). – P. 344.
11. Koch, A. The creatine kinase response to resistance exercise / A. Koch, R. Pereira, M. Machado // *Musculoskelet Neuronal. Interact.* – 2014. – No. 14 (1). – P. 68–77.
12. Metabolic markers in sports medicine / G. Banfi, A. Colombini, G. Lombardi et al. // *Advances in Clinical Chemistry*. – 2012. – Vol. 56. – P. 1–54.
13. Naming the Coronavirus Disease (COVID-19) and the Virus that causes it. World Health Organization. – 2020.

References

1. Vinnichuk Yu.D., Chikina I.V. [Markers of Muscle Tissue Damage in Athletes]. *Vestnik problem biologii i meditsiny* [Bulletin of Problems of Biology and Medicine], 2016, no. 3 (130), pp. 288–293. (in Russ.)
2. Radzhabkadiyev R.M., Kobelkova I.V., Vybornaya K.V. et al. [Evaluation of Some Indicators of Boxers' Biochemical Status]. *Vestnik sportivnoi nauki* [Bulletin of Sports Science], 2019, no. 5, pp. 52–56. (in Russ.)
3. Radzhabkadiyev R.M. [Biochemical Markers of Highly Qualified Athletes' Adaptation to Various Physical Exercises]. *Nauka i sport: sovremennye tendentsii* [Science and Sport. Current Tendencies], 2019, no. 2 (7), pp. 81–91. (in Russ.)
4. Rybina I.L., Shirkovets E.A., Nekhvyadovich A.I. [Laboratory Markers of Highly Qualified Biathletes' Adaptation to Training Exercises]. *Nauka v olimpiiskom sporte* [Science in Olympic Sports], 2017, no. 2, pp. 28–33. (in Russ.)
5. Stone J.D., Kreutzer A., Mata J.D. et al. Changes in Creatine Kinase and Hormones over the Course of an American Football Season. *Journal Strength and Conditioning Research*, 2017, vol. 31 (10), pp. 2920–2937.
6. Kyung-A Sh., Deok P.K., Jaeki A. et al. Comparison of Changes in Biochemical Markers for Skeletal Muscles, Hepatic Metabolism, and Renal Function after Three Types of Long-distance Running: Observational Study. *Medicine (Baltimore)*, 2016, vol. 95 (20), p. 3657. DOI: 10.1097/MD.0000000000003657
7. Machado M., Koch A.J., Willardson J.M. et al. Effect of Varying Rest Intervals Between Sets of Assistance Exercises on Creatine Kinase and Lactate Dehydrogenase Responses. *Journal Strength Cond Reserch*, 2011, no. 25, pp. 1339–1345. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181d680d6
8. Chia-Chi W., Chu-Chun F., Ying-Hsian L. et al. Effects of 4-Week Creatine Supplementation Combined with Complex Training on Muscle Damage and Sport Performance. *Nutrients*, 2018, no. 10 (11), p. 1640. DOI: 10.3390/nu10111640
9. Hagstrom A.D., Shorter K.A. Creatine Kinase, Neuromuscular Fatigue, and the Contact Codes of Football: A Systematic Review and Meta-Analysis of Pre- and Post-Match Differences. *European Journal Sport Science*, 2018, no. 18 (9), pp. 1234–1244. DOI: 10.1080/17461391.2018.1480661
10. Kindermann W. Creatine Kinase Levels after Exercise. *Deutsches Ärzteblatt International*, 2016, no. 113 (19), p. 344. DOI: 10.3238/arztebl.2016.0344a
11. Koch A., Pereira R., Machado M. The Creatine Kinase Response to Resistance Exercise. *Musculoskelet Neuronal Interact*, 2014, no. 14 (1), pp. 68–77.
12. Banfi G., Colombini A., Lombardi G. et al. Metabolic Markers in Sports Medicine. *Advances in Clinical Chemistry*, 2012, vol. 56, pp. 1–54. DOI: 10.1016/B978-0-12-394317-0.00015-7
13. Naming the Coronavirus Disease (COVID-19) and the Virus that Causes It. World Health Organization, 2020.

Информация об авторах

Степанова Евгения Михайловна, научный сотрудник лаборатории физиологии экстремальных состояний, Научно-исследовательский центр «Арктика» Дальневосточного отделения Российской академии наук, Магадан, Россия.

Луговая Елена Александровна, кандидат биологических наук, доцент, врио директора, ведущий научный сотрудник лаборатории физиологии экстремальных состояний, Научно-исследовательский центр «Арктика» Дальневосточного отделения Российской академии наук, Магадан, Россия.

Information about the authors

Evgenia M. Stepanova, Researcher, Laboratory of Physiology of Extreme Conditions, Scientific Research Center “Arktika” Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Magadan, Russia.

Elena A. Lugovaya, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Acting Director, Leading Researcher, Laboratory of Physiology of Extreme Conditions, Scientific Research Center “Arktika” Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Magadan, Russia.

Статья поступила в редакцию 13.08.2022

The article was submitted 13.08.2022

АНТИОКСИДАНТНЫЙ СТАТУС У СПОРТСМЕНОВ В ПЕРИОД ИНТЕНСИВНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

О.А. Коленчукова^{1,2}, Okolenchukova@sfu-kras.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9552-447X>
Л.В. Степанова², lstepanova@sfu-kras.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5503-4898>
А.М. Вышедко², Avishedko@sfu-kras.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2854-4662>
Н.Н. Демидко², ndemidko@sfu-kras.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2595-2468>
Л.И. Александрова², laalexandrova@sfu-kras.ru

¹Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр
Сибирского отделения Российской академии наук», Красноярск, Россия

²Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Цель: изучить активность каталазы в слюне спортсменов до и после физической активности с использованием H₂O₂-люминол-зависимой хемилюминесценции. **Материалы и методы.** Для проведения эксперимента была отобрана группа спортсменов (n = 25) в возрасте от 20 до 30 лет. Спортсмены занимались профессиональным спортом (футбол) и имели спортивный разряд кандидата в мастера спорта. Забор слюны производили два раза: проба отбиралась до интенсивной тренировки и после интенсивной тренировки. Антиоксидантный статус оценивали по методу H₂O₂-люминол-зависимой хемилюминесценции. **Результаты.** В результате исследования обнаружены взаимосвязи антиоксидантного статуса слюны от физической нагрузки. Наблюдается деградация антиоксидантной защиты вследствие, предположительно, уменьшения активности ферментов пероксидазной защиты. Прооксидантная система тоже работает менее эффективно, о чем говорит спад таких индикаторов ХЛ-свечения, как максимальная интенсивность, амплитуда и светосумма, которые показывают количество АФК. Но к 4-му и 5-му дням показатели находятся уже на уровне первого дня тренировочного процесса. Наибольшее количество свободных радикалов (Smax) образовалось на 4-й день после тренировки. Можно отметить, что пик работы АОС приходится на 3-й день. При этом максимально увеличивается разрыв показателей ЧСС до и после физической нагрузки и снижается скорость нейтрализации свободных радикалов. **Заключение.** Таким образом, в результате исследования обнаружено снижение скорости нейтрализации АФК АОС к третьему дню тренировочного процесса, при этом начиная с 4-го дня наблюдается адаптация АОС к росту концентрации свободных радикалов в слюне и ее активизация. Результаты данной работы можно рассматривать в качестве начального этапа для выявления в слюне биологических маркеров стресса, по которым можно обнаружить это состояние у пациента и принять меры по охране здоровья. Таким образом, планируется осуществить персонализированный подход в спортивной медицине.

Ключевые слова: физическая нагрузка, слюна, антиоксидантная система, хемилюминесценция

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Красноярского краевого научного фонда по исследовательскому проекту «Разработка экспресс-интегральной методики оценки функционального состояния спортсмена с целью эффективного управления тренировочным процессом для достижения высокого спортивного результата» (Проект № KF-537) и при финансовой поддержке РФФИ и Красноярского краевого фонда науки в рамках научного проекта № 19-416-240001.

Для цитирования: Антиоксидантный статус у спортсменов в период интенсивной физической нагрузки / О.А. Коленчукова, Л.В. Степанова, А.М. Вышедко и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 4. С. 51–58. DOI: 10.14529/hsm220406

ANTIOXIDANT STATUS IN ATHLETES DURING INTENSIVE EXERCISE

O.A. Kolenchukova^{1,2}, Okolenchukova@sfu-kras.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9552-447X>
L.V. Stepanova², lstepanova@sfu-kras.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5503-4898>
A.M. Vyshedko², Avishedko@sfu-kras.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2854-4662>
N.N. Demidko², ndemidko@sfu-kras.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2595-2468>
L.I. Aleksandrova², lalexandrova@sfu-kras.ru

¹Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russia

²Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

Abstract. Aim. The paper investigates salivary catalase activity in athletes before and after exercise by using H₂O₂-luminol chemiluminescent reactions. **Materials and methods.** The study involved athletes aged 20–30 years (n = 25). All athletes are professional football players (Candidates for the Master of Sport degree). Saliva sampling was performed twice: before and after exercise. Antioxidant status was assessed by means of H₂O₂-luminol chemiluminescent reactions. **Results.** The study showed a relationship between salivary antioxidant status and exercise. Antioxidant degradation was observed, probably associated with a decrease in the activity of peroxidase enzymes. The pro-oxidant system demonstrated decreased performance, as evidenced by a decline in such CL-luminescence parameters as maximum intensity, amplitude, and light sum, which demonstrate reactive oxygen species. However, by days 4 and 5, the results were comparable with the baseline training values. The greatest number of ROS (Smax) was observed on day 4 after exercise. The peak performance of ROS was observed on day 3, as well as the greatest difference in HR before and after exercise and a decrease in the rate of ROS neutralization. **Conclusion.** Thus, a decrease in the rate of ROS neutralization by day 3 was observed. On day 4, the adaptation of the antioxidant system to salivary ROS levels and its activation were noted. The results obtained can be considered the initial stage for identifying biological stress markers for stress detection in subjects and health protection. Thus, it is planned to implement a personalized approach in sports medicine.

Keywords: exercise, saliva, antioxidant system, chemiluminescence

Acknowledgements. This work was financially supported by the Krasnoyarsk Regional Scientific Foundation under the research project “Development of an express-integral method for the assessment of the functional state of an athlete to effectively manage training and achieve high sports performance” (Project No. KF-537), the Russian Foundation for Basic Research, and the Krasnoyarsk Regional Foundation of Science (Project No. 19-416-240001).

For citation: Kolenchukova O.A., Stepanova L.V., Vyshedko A.M., Demidko N.N., Aleksandrova L.I. Antioxidant status in athletes during intensive exercise. *Human. Sport. Medicine*. 2022;22(4):51–58. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220406

Введение. Развитие системы физической подготовки требует тренировочного процесса, который можно настраивать с помощью объективных критериев для оценки реакции организма на физические нагрузки. Нарушение адаптивного потенциала организма происходит из-за экстремальных физических нагрузок в современном спорте [2, 4, 9, 11, 13, 14]. Антиоксидантная система – это система, которая активно участвует в адаптивных процессах. Каталаза – это фермент с мощными антиоксидантными свойствами. Он действует против свободных радикалов кислорода (ROS) и участвует в метаболизме; он расщепляет перекись водорода на воду и молекулярный кис-

лород. Основные механизмы генерации АФК связаны с нарушением работы электронно-транспортных цепей митохондрий или микросом, особенно при низкой концентрации аденозиндифосфата, дефиците кислорода и при изменении свойств дегидрогеназ [1, 3, 10, 12, 21]. Учитывая, что физическая нагрузка в условиях гипоксии является характерной чертой некоторых видов спорта, в частности циклических, можно предположить, что в функционировании этой системы у спортсменов происходят значительные изменения. Экстремальные физические нагрузки, характерные для спорта, значительно влияют на систему ROS, вызывая изменения в ферментных системах.

Эти изменения могут быть как положительными, так и компенсирующими. В некоторых случаях они могут вызывать декомпенсацию, а также ингибировать антиоксидантные механизмы, накапливать радикалы кислорода в тканях и вызывать повреждение [5, 7, 8, 17, 18, 20]. Перекись водорода – один из самых мощных свободных радикалов. Он образуется в клетках организма под действием определенных ферментов в результате химических процессов. Накопление перекиси водорода в организме приводит к разрушению и гибели клеток. Каталаза, являясь гемопротеином, препятствует этому процессу. Однако для регулярных сокращений необходим незначительный физиологический уровень АФК в мышечных клетках, поскольку свободные радикалы, которые высвобождаются при разрушении мышечной ткани, служат важными регуляторами процессов восстановления, которые способствуют адаптации мышечной ткани к стрессу [4, 6, 15, 16, 19].

Методы и организация исследования.

Для исследования была выбрана группа спортсменов ($n = 25$) в возрасте от 20 до 30 лет. Спортсмены занимались профессиональным спортом (футбол) и являлись кандидатами в мастера спорта (КМ). Спортсмены обучались на Европейских студенческих играх (предсоревновательный период) в течение 5 дней. Они получили обычную физическую нагрузку на 90 минут. До и после физической активности брали пробы слюны и измеряли частоту сердечных сокращений (ЧСС). Тестовый материал (слюна) собирали, прося спортсменов

плюнуть в пробирку. Слюну брали дважды: до и после физической нагрузки.

Активность каталазы измеряли с помощью H_2O_2 -люминол-зависимой хемилюминесценции [1]. Хемилюминесцентное исследование (ХЛ) проводили на многоканальном микропланшетном ридере TriStarLB 941 (Berthold) по следующей методике: 200 мкл слюны, 25 мкл люминола и 25 мкл 3 % H_2O_2 . ХЛ проводили в течение 5 мин, во время которых получали график динамики люминесценции образцов. Были зарегистрированы следующие параметры: t_0 (начальное время реакции), t_{max} (время до пика), I_{max} (максимальная интенсивность), A (амплитуда), U_{max} (скорость спада кривой), S_{max} (площадь хемилюминесцентного отклика) и тангенс угла наклона.

Данные были проанализированы с помощью программы Statistica 10. Статистическую значимость средних значений оценивали с помощью непараметрического критерия Вилкоксона. Данные обрабатывались путем расчета медианы и межквартильного размаха (процентили C25–C75). Для анализа силы корреляции между параметрами использовался метод Спирмена.

Результаты. Активность каталазы в слюне спортсменов анализировали до и после интенсивной физической нагрузки в течение 5 дней. Результаты коррелировали с параметрами ЧСС.

Показатели ЧСС у спортсменов достоверно различались до и после физической нагрузки на 3-и и 4-е сутки (рис. 1). График показывает, что ЧСС до и после физической активно-

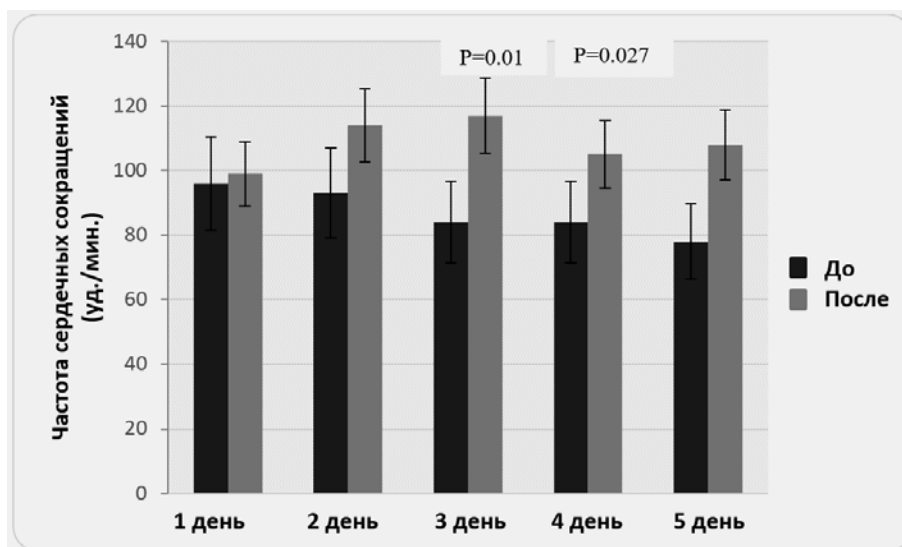


Рис. 1. ЧСС у спортсменов до и после тренировочного процесса в динамике
Fig. 1. HR in athletes before and after exercise over time

сти такая же, как и в 1-й день исследования. В последующие дни ЧСС после физических нагрузок была значительно выше.

Для активности каталазы в слюне спортсменов достоверная разница в t_0 и t_{max} наблюдалась до и после физической нагрузки на 2, 3, 4 и 5-й день тренировки (рис. 2, 3). Таким образом, результаты показали, что изучаемый параметр, характеризующий начало утилизации АФК, достоверно увеличивался после физических нагрузок на 2, 3 и 4-й день тренировок и снижался на 5-й день тренировки. После физической нагрузки t_{max} достоверно увеличивалось на 2-е сутки и снижалось на 3, 4 и 5-й день. Хемилюминесцентные параметры, в том числе интенсивность, амплитуда, скорость спада кривой и тангенс угла наклона, которые характеризуют активность каталазы в слюне, значительно увеличились после физической нагрузки на 3-й день тренировки

(рис. 4). По сравнению со значением, полученным до тренировки, S_{max} увеличилась после физической нагрузки на 5-й день тренировки (рис. 5). Таким образом, продукция каталазы увеличивается во время тренировки, что наблюдается по ее повышенной концентрации в слюне.

Максимальные значения U_{max} , характеризующие скорость утилизации свободных радикалов, наблюдались на 3-й день тренировки. Пик U_{max} также совпал с пиком ЧСС спортсменов. Максимальное количество свободных радикалов (S_{max}) наблюдалось после физических нагрузок на 4-й день тренировки. Следовательно, можно сказать, что пик выработки каталазы приходится на 3-й день тренировки. Разница показателей ЧСС до и после физической нагрузки увеличивается, а скорость нейтрализации свободных радикалов снижается. Таким образом, исследование

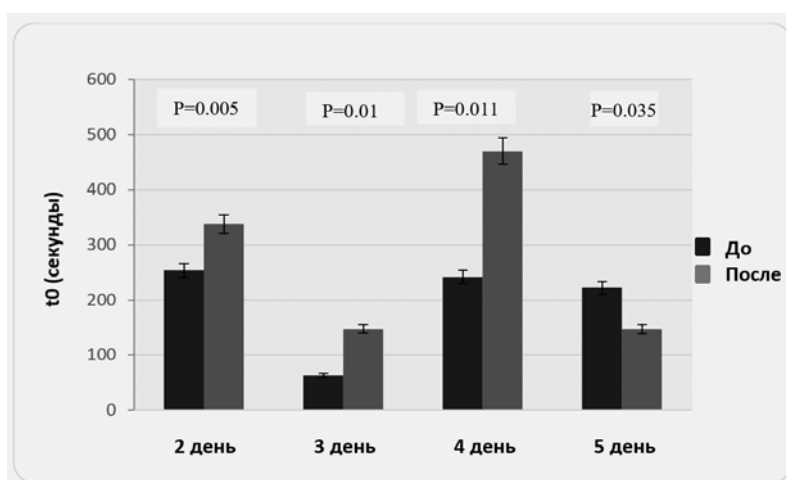


Рис. 2. Показатели t_0 у спортсменов до и после нагрузки в динамике
Fig. 2. t_0 values in athletes before and after exercise over time

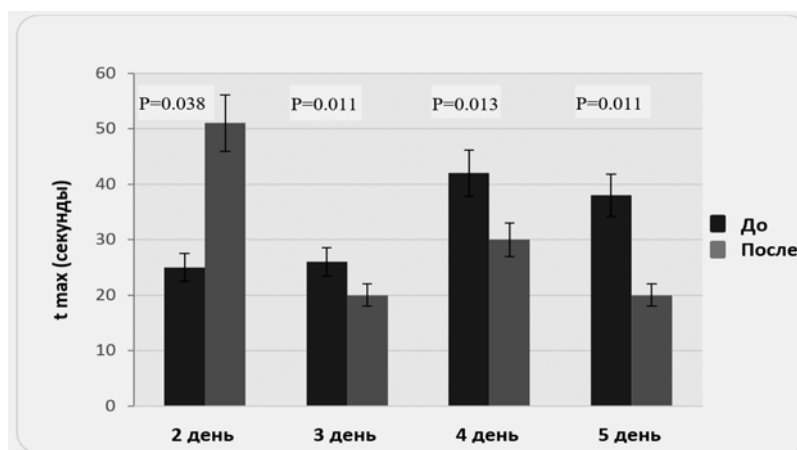


Рис. 3. Показатели t_{max} у спортсменов до и после нагрузки в динамике
Fig. 3. t_{max} values in athletes before and after exercise over time

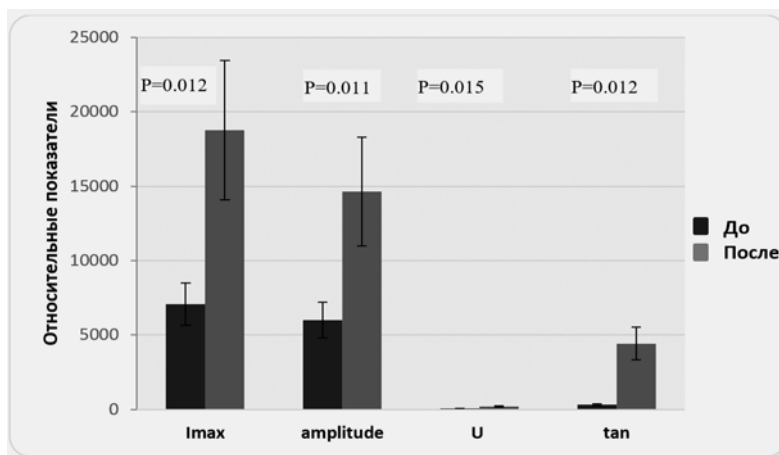


Рис. 4. Хемилюминесцентные показатели активности продукции каталазы (Imax (интенсивность), U (скорость), амплитуда кривой, тангенс угла наклона кривой) до и после физических нагрузок на 3-й день тренировочного процесса
Fig. 4. Chemiluminescent measurements of catalase activity (Imax [intensity], U (rate), curve amplitude, slope tangent) before and after exercise on day 3

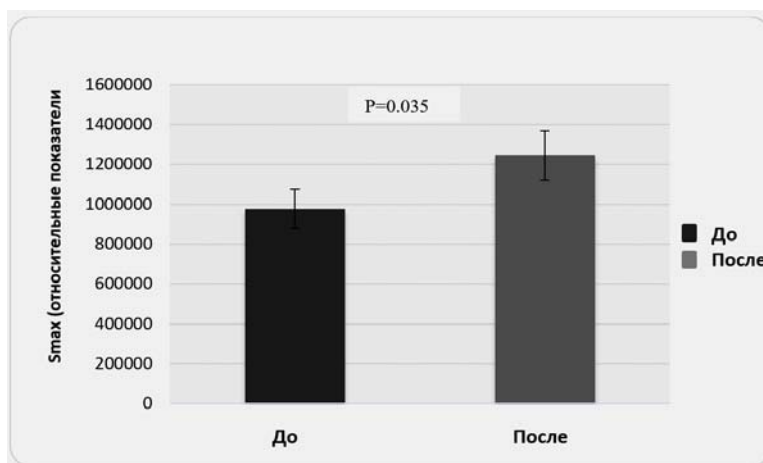


Рис. 5. Площадь хемилюминесцентной кривой у спортсменов до и после физической нагрузки на 5-й день тренировочного процесса
Fig. 5. Chemiluminescent curve area in athletes before and after exercise on day 5

продemonстрировало снижение скорости нейтрализации свободных радикалов пероксида каталазой на 3-й день тренировки. С 4-го дня активируется антиоксидантная система, которая адаптируется к увеличению концентрации свободных радикалов в слюне.

Заключение. В этом исследовании мы показали корреляцию между уровнем каталазы в слюне и физической активностью [16]. Физическая активность вызывает стресс для организма; увеличивает окислительный стресс. Однако организм может адаптироваться к этому стрессу. Эту адаптацию мы можем наблюдать, анализируя динамические параметры уровня каталазы с 1-го по 5-й день тренировки.

Известно, что антиоксидантная система менее интенсивно перехватывает радикалы при стрессе из-за пониженной скорости нейтрализации АФК. Таким образом, наблюдается деградация системы антиоксидантной защиты предположительно в результате снижения активности ферментов системы пероксидазной защиты. Прооксидантная система также работает менее эффективно, о чем свидетельствует снижение показателей ХЛ максимальной интенсивности, амплитуды и светосуммы, которые указывают на количество каталазы. Тем не менее к 4-му и 5-му дню показатели стабилизируются и соответствуют уровням, наблюдаемым в 1-й день тренировочного процесса.

Список литературы

1. Антиоксидантный статус как маркер здоровья студентов в период интенсивной умственной нагрузки / О.А. Коленчукова, Е.Н. Долгушина, А.А. Рюпина и др. // Гигиена и санитария. – 2018. – Т. 97. – № 4. – С. 332–336.
2. Базарин, К.П. Динамика показателей антиоксидантного статуса у спортсменов, членов команды по спортивному ориентированию / К.П. Базарин, Н.М. Титова, С.А. Кузнецов // Бюл. Вост.-Сибир. науч. центра Сибир. отд-ния Рос. академии мед. наук. – 2013. – Т. 5 (93). – С. 9–12.
3. Бельская, Л.В. Система перекисного окисления липидов и антиоксидантной защиты слюны при раке лёгкого / Л.В. Бельская, В.К. Косенок, Ж. Массард // Клинич. лабораторная диагностика. – 2018. – Т. 63, № 9. – С. 530–537.
4. Биофизический анализ слюны в оценке функционального состояния организма спортсмена / А.М. Вышедко, Л.В. Степанова, О.А. Коленчукова, В.А. Кратасюк // Теория и практика физ. культуры. – 2019. – № 7. – С. 65–67.
5. Показатели хеми- и биолюминесцентных тестов биологических жидкостей в оценке физического здоровья человека / С.Н. Деревцова, А.А. Романенко, О.А. Коленчукова и др. // Клинич. лабораторная диагностика. – 2020. – Т. 65, № 9. – С. 541–546.
6. A covalent triazine framework as an oxidase mimetic in the luminol chemiluminescence system: application to the determination of the antioxidant rutin / H. Tan, Y. Zhao, X. Xu et al. // Mikrochim Acta. – 2019. – Vol. 187 (1). – P. 42. DOI: 10.1007/s00604-019-4058-5
7. A non-invasive and qualitative bioluminescent assay for express diagnostics of athletes' response to physical exertion / V.A. Kratasjuk, L.V. Stepanova, R. Ranjan et al. // Luminescence. – 2020. DOI: 10.1002/bio.3954
8. Antioxidant capacity of human saliva and periodontal screening assessment in healthy adults / G.M. Tartaglia, N. Gagliano, L. Zarbin et al. // Arch Oral Biol. – 2017. – Vol. 78. – P. 34–38. DOI: 10.1016/j.archoralbio.2017.02.003. Epub 2017 Feb 5
9. Antioxidants in Personalized Nutrition and Exercise / N.V. Margaritelis, V. Paschalis, A.A. Theodorou et al. // Adv Nutr. – 2018 – Vol. 9 (6) – P. 813–823. DOI: 10.1093/advances/nmy052
10. Assessment of oxidative damage and enzymatic antioxidant system activity on the umbilical cord blood and saliva from preterm newborns with risk factors for early-onset neonatal sepsis / F.G. Coutinho, E.M.A. Diniz, I. Kandler et al. // Rev Assoc Med Bras (1992). – 2018. – Vol. 164 (10). – P. 888–895. DOI: 10.1590/1806-9282.64.10.888
11. Li, G. Exercise and Cardiovascular Protection / G. Li, J. Li, F. Gao // Adv Exp Med Biol. – 2020. – Vol. 1228. – P. 205–216. DOI: 10.1007/978-981-15-1792-1_14
12. Metabolic Disease Risk in Children by Salivary Biomarker Analysis / J.M. Goodson, A. Kantarci, M. Hartman et al. // PLoS One. – 2014. – Vol. 9 (6). – P. e98799. DOI: 10.1371/journal.pone.0098799
13. Peluso, I. Salivary and Urinary Total Antioxidant Capacity as Biomarkers of Oxidative Stress in Humans / I. Peluso, A. Raguzzini // Patholog Res Int. – 2016. – Vol. 2016. – P. 5480267. DOI: 10.1155/2016/5480267
14. Resistance Training, Antioxidant Status, and Antioxidant Supplementation / A. Ismaeel, M. Holmes, E. Papoutsis et al. // Int J Sport Nutr Exerc Metab. – 2019. – Vol. 29 (5). – P. 539–547. DOI: 10.1123/ijsnem.2018-0339
15. Salivary Biomarkers for Detection of Systemic Diseases / N. Rathnayake, S. Åkerman, B. Klinge et al. // PLoS One. – 2013. – Vol. 8 (4). – P. e61356. DOI: 10.1371/journal.pone.0061356
16. Salivary Biomarkers: Toward Future Clinical and Diagnostic Utilities / J.M. Yoshizawa, Ch. A. Schafer, J.J. Schafer et al. // Clin Microbiol Rev. – 2013. – Vol. 26 (4). – P. 781–791. DOI: 10.1128/CMR.00021-13
17. Salivary markers of inflammation in response to acute stress / D.C. Slavish, J.E. Graham-Engeland, J.M. Smyth, Ch. G. Engeland // Brain Behav Immun. – 2015. – Vol. 44. – P. 253–269. DOI: 10.1016/j.bbi.2014.08.008
18. Salivary markers of oxidative stress in oral diseases / L. Tóthová, N. Kamodyová., T. Červenka, P. Celec // Front Cell Infect Microbiol. – 2015. – Vol. 5. – P. 73. DOI: 10.3389/fcimb.2015.00073
19. Spielmann, N. Saliva: diagnostics and therapeutic perspectives / N. Spielmann, D.T. Wong // Oral Dis. – 2011. – Vol. 17 (4). – P. 345–354. DOI: 10.1111/j.1601-0825.2010.01773.x

20. The Role of Selenium Mineral Trace Element in Exercise: Antioxidant Defense System, Muscle Performance, Hormone Response, and Athletic Performance. A Systematic Review / D. Fernández-Lázaro, C.I Fernandez-Lazaro, J. Mielgo-Ayuso et al. // *J.Nutrients*. – 2020. – Vol. 12 (6). – P. 1790. DOI: 10.3390/nu12061790

21. The role of the saliva antioxidant barrier to reactive oxygen species with regard to caries development / A. Jurczak, D. Kościelniak, A. Skalniak et al. // *Redox Rep.* – 2017. – Vol. 22 (6). – P. 524–533. DOI: 10.1080/13510002.2017.1301625. Epub 2017 Mar 13

References

1. Kolenchukova O.A., Dolgushina E.N., Ryupina A.A. et al. [Antioxidant Status as a Marker of Students' Health During the Period of Intense Mental Stress]. *Gigiyena i sanitariya* [Hygiene and Sanitation], 2018, vol. 97, no. 4, pp. 332–336. (in Russ.) DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-4-332-336

2. Bazarin K.P., Titova N.M., Kuznetsov S.A. [Dynamics of Antioxidant Status Indices in Orienteering Team Members]. *Byulleten vostochno sibirskogo nauchnogo centra sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii medicinskih nauk* [Bulletin of the East Siberian Scientific Center SBRAMS], 2013, no. 5 (93), pp. 9–12. (in Russ.)

3. Bel'skaya L.V., Kosenok V.K., Massard Z. [The System of Lipid Peroxidation and Antioxidant Protection of Saliva in Lung Cancer]. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika* [Klin Lab Diagn], 2018, vol. 63 (9), pp. 530–537. (in Russ.) DOI: 10.18821/0869-2084-2018-63-9-530-537

4. Vyshedko A.M., Stepanova L.V., Kolenchukova O.A., Kratasyuk V.A. [Biophysical Analysis of Saliva in Assessing the Functional State of the Athlete's Body]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2019, no. 7, pp. 65–67. (in Russ.)

5. Derevtsova S.N., Romanenko A.A., Kolenchukova O.A. et al. [Indicators of Chemiluminescent and Bioluminescent Tests of Biological Liquids in the Assessment of Physical Health]. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika* [Russian Clinical Laboratory Diagnostics], 2020, vol. 65, no. 9, pp. 541–546. (in Russ.) DOI: 10.18821/0869-2084-2020-65-9-541-546

6. Tan H., Zhao Y., Xu X. et al. A Covalent Triazine Framework as an Oxidase Mimetic in the Luminal Chemiluminescence System: Application to the Determination of the Antioxidant Rutin. *Mikrochim Acta*, 2019, vol. 187 (1), p. 42. DOI: 10.1007/s00604-019-4058-5

7. Kratasyuk V.A., Stepanova L.V., Ranjan R. et al. A Non-Invasive and Qualitative Bioluminescent Assay for Express Diagnostics of Athletes' Response to Physical Exertion. *Luminescence*, 2020. DOI: 10.1002/bio.3954

8. Tartaglia G.M., Gagliano N., Zarbin L. et al. Antioxidant Capacity of Human Saliva and Periodontal Screening Assessment in Healthy Adults. *Arch Oral Biology*, 2017, vol. 78, pp. 34–38. DOI: 10.1016/j.archoralbio.2017.02.003 Epub 2017 Feb 5.

9. Margaritelis N.V., Paschalis V., Theodorou A.A. et al. Antioxidants in Personalized Nutrition and Exercise. *Adv Nutr*, 2018, vol. 9 (6), pp. 813–823. DOI: 10.1093/advances/nmy052

10. Coutinho F.G., Diniz E.M.A., Kandler I. et al. Assessment of Oxidative Damage and Enzymatic Antioxidant System Activity on the Umbilical Cord Blood and Saliva from Preterm Newborns with Risk Factors for Early-Onset Neonatal Sepsis. *Rev Assoc Medical Brazilian (1992)*, 2018, vol. 64 (10), pp. 888–895. DOI: 10.1590/1806-9282.64.10.888

11. Li G., Li J., Gao F. Exercise and Cardiovascular Protection. *Adv Experimental Medical Biological*, 2020, vol. 1228, pp. 205–216. DOI: 10.1007/978-981-15-1792-1_14

12. Goodson J.M., Kantarci A., Hartman M. et al. Metabolic Disease Risk in Children by Salivary Biomarker Analysis. *PLoS One*, 2014, vol. 9 (6), e98799. DOI: 10.1371/journal.pone.0098799

13. Peluso I., Raguzzini A. Salivary and Urinary Total Antioxidant Capacity as Biomarkers of Oxidative Stress in Humans. *Patholog Reserch Int*, 2016, vol. 2016, 5480267. DOI: 10.1155/2016/5480267

14. Ismaeel A., Holmes M., Papoutsis E. et al. Resistance Training, Antioxidant Status, and Antioxidant Supplementation. *International Journal Sport Nutrition Exercise Metab*, 2019, vol. 29 (5), pp. 539–547. DOI: 10.1123/ijnsnem.2018-0339

15. Rathnayake N., Akerman S., Klinge B. et al. Salivary Biomarkers for Detection of Systemic Diseases. *PLoS One*, 2013, vol. 8 (4), e61356. DOI: 10.1371/journal.pone.0061356

16. Yoshizawa J.M., Schafer Ch.A., Schafer J.J. et al. Salivary Biomarkers: Toward Future Clinical and Diagnostic Utilities. *Clinical Microbiol Rev*, 2013, vol. 26 (4), pp. 781–791. DOI: 10.1128/CMR.00021-13
17. Slavish D.C., Graham-Engeland J.E., Smyth J.M., Engeland Ch.G. Salivary Markers of Inflammation in Response to Acute Stress. *Brain Behav Immun*, 2015, vol. 44, pp. 253–269. DOI: 10.1016/j.bbi.2014.08.008
18. Tóthová L., Kamodyová N., Červenka T., Celec P. Salivary Markers of Oxidative Stress in Oral Diseases. *Front Cell Infect Microbiol*, 2015, vol. 5, p. 73. DOI: 10.3389/fcimb.2015.00073
19. Spielmann N., Wong D.T. Saliva: Diagnostics and Therapeutic Perspectives. *Oral Dis*, 2011, vol. 17 (4), pp. 345–354. DOI: 10.1111/j.1601-0825.2010.01773.x
20. Fernández-Lázaro D., Fernandez-Lazaro C.I., Mielgo-Ayuso J. et al. The Role of Selenium Mineral Trace Element in Exercise: Antioxidant Defense System, Muscle Performance, Hormone Response, and Athletic Performance. A Systematic Review. *Journal Nutrients*, 2020, vol. 12 (6), p. 1790. DOI: 10.3390/nu12061790
21. Jurczak A., Kościelniak D., Skalniak A. et al. The Role of the Saliva Antioxidant Barrier to Reactive Oxygen Species with Regard to Caries Development. *Redox Rep*, 2017, vol. 22 (6), pp. 524–533. DOI: 10.1080/13510002.2017.1301625

Информация об авторах

Коленчукова Оксана Александровна, доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярно-клеточной физиологии и патологии, Научно-исследовательский институт медицинских проблем Севера, Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»; профессор кафедры биофизики, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия.

Степанова Людмила Васильевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры биофизики, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия.

Выshedко Александра Михайловна, старший преподаватель кафедры физической культуры, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия.

Демидко Наталия Николаевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры медико-биологических основ физической культуры и оздоровительных технологий, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия.

Александрова Людмила Ивановна, доцент кафедры физической культуры, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия.

Information about the authors

Oksana A. Kolenchukova, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, Laboratory of Molecular Cell Physiology and Pathology, Research Institute of Medical Problems of the North, Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russia; Professor, Department of Biophysics, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.

Lyudmila V. Stepanova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biophysics, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.

Alexandra M. Vyshedko, Senior Lecturer, Department of Physical Education, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.

Natalia N. Demidko, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Medical and Biological Fundamentals of Physical Education and Health Technologies, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.

Lyudmila I. Aleksandrova, Associate Professor of the Department of Physical Education, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.

Статья поступила в редакцию 12.08.2022

The article was submitted 12.08.2022

ДИАГНОСТИКА СИНДРОМА ОТСТАВЛЕННОЙ МЫШЕЧНОЙ БОЛЕЗНЕННОСТИ

К.П. Зимова¹, bogemi21@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2447-2841>

Д.С. Медведев^{1,2}, 79110982285@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7401-258X>

А.Е. Чиков¹, chikov.alexandr@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0860-9171>

А.Д. Киселев¹, artem.kiselev.1988@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9759-1924>

М.В. Крылова¹, margaritochka-88@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2961-807X>

¹Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека, Санкт-Петербург, Россия,

²Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Цель исследования: оценить диагностические возможности комплекса клинико-лабораторных и функциональных показателей при синдроме отставленной мышечной болезненности (ОМБ) у лиц, занимающихся физической культурой и спортом. **Материалы и методы.** Исследование выполнено с участием 25 человек в возрасте от 21 до 41 года (13 женщин и 12 мужчин), средний возраст $32 \pm 2,5$ года, регулярно занимающихся физической культурой. Участники исследования выполняли ОМБ-индуцирующую физическую нагрузку с акцентом на эксцентрическую фазу движения и с максимальной амплитудой. Целевой мышечной группой была четырехглавая мышца бедра. За сутки до ОМБ-индуцирующей нагрузки и сутки после оценивались показатели клинического и биохимического анализа крови, стабиллометрии, вариабельности ритма сердца в покое и при нагрузке, биоимпедансного анализа состава тела, пупиллометрии, эргоспирометрии при физической нагрузке, миографии, становой динамометрии и результаты опросника, основанного на визуально-аналоговой шкале боли. **Результаты.** В ответ на ОМБ-индуцирующую нагрузку были выявлены: 1) болевые ощущения в целевой мышечной группе, 2) снижение показателей общего анализа крови (красного и белого ростков крови), 3) повышение уровня КФК, 4) снижение скорости сужения зрачка в ответ на световой раздражитель, 5) тенденция к росту электромиографической активности, 6) изменение величины смещения центра тяжести во фронтальной и сагиттальной плоскостях. **Заключение.** О развитии синдрома отставленной мышечной болезненности, который в данном исследовании верифицировался по достоверному росту ассоциированной с нагрузкой мышечной болезненности, могут свидетельствовать следующие диагностические признаки: высокий уровень КФК, замедление расширения и сужения зрачка в ответ на световой раздражитель, утомление постуральных мышц. Диагностика ОМБ может быть включена в мероприятия медико-биологического обеспечения спортсменов с целью предупреждения снижения спортивной работоспособности.

Ключевые слова: синдром отставленной мышечной болезненности, диагностика, клинико-лабораторные показатели, функциональные показатели, эксцентрическая физическая нагрузка, спорт

Для цитирования: Диагностика синдрома отставленной мышечной болезненности / К.П. Зимова, Д.С. Медведев, А.Е. Чиков и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 4. С. 59–67. DOI: 10.14529/hsm220407

DIAGNOSTICS OF DELAYED ONSET MUSCLE SORENESS

K.P. Zimova¹, bogemi21@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2447-2841>
D.S. Medvedev^{1,2}, 79110982285@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7401-258X>
A.E. Chikov¹, chikov.alexandr@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0860-9171>
A.D. Kiselev¹, artem.kiselev.1988@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9759-1924>
M.V. Krylova¹, margaritochka-88@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2961-807X>

¹Research Institute of Hygiene, Occupational Pathology and Human Ecology, Saint Petersburg, Russia

²North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia

Abstract. Aim. The paper investigates the diagnostic capabilities of a complex of clinical, laboratory, and functional parameters for delayed onset muscle soreness (DOMS) in people involved in physical education and sports. **Materials and methods.** The study included 25 people aged 21 to 41 years (13 women and 12 men), mean age 32±2.5 years, who engaged in regular physical activity. The study participants performed DOMS-inducing physical activity with an emphasis on the eccentric phase of movement and with maximum amplitude. The target muscle group was the quadriceps femoris. Data from clinical and biochemical blood analysis, force platform measurements, heart rate variability at rest and during exercise, bioimpedance analysis of body composition, pupillometry, exercise ergospirometry, myography, back dynamometry, and the results of a questionnaire based on a visual analogue scale of pain were obtained the day before and the day after the DOMS-inducing exercise. **Results.** In response to the DOMS-inducing physical exercise, the following observations were made: 1) pain in the target muscle group, 2) decreased blood count values (red and white cells), 3) increased levels of CK, 4) reduced pupillary constriction speed in response to light stimuli, 5) upward trend in electromyographic activity, 6) changes in the displacement of the center of pressure in the frontal and sagittal planes. **Conclusion.** The following diagnostic signs can indicate the development of delayed onset muscle soreness, which was verified by a significant increase in exercise-associated muscle soreness: increased levels of CK, reduced pupillary constriction speed in response to light stimuli, fatigue of the postural muscles. A DOMS diagnosis can be included in the measures of medical and biological support of athletes to prevent a decrease in sports performance.

Keywords: delayed onset muscle soreness, diagnostics, clinical and laboratory parameters, functional indicators, eccentric physical activity, sport

For citation: Zimova K.P., Medvedev D.S., Chikov A.E., Kiselev A.D., Krylova M.V. Diagnostics of delayed onset muscle soreness. *Human. Sport. Medicine*. 2022;22(4):59–67. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220407

Введение. Одной из причин переутомления и, как следствие, ухудшения спортивных результатов является синдром отставленной мышечной болезненности (ОМБ) – ультраструктурное повреждение мышц, в англоязычной литературе обозначается термином *delayed onset muscle soreness* (DOMS) [6–8, 12–14, 16, 18, 19, 21]. Данный синдром относится к травмам легкой степени, однако любое мышечное повреждение может привести к временному ограничению возможности полноценного занятия спортом [10]. За последние несколько десятилетий было предложено значительное количество гипотез, объясняющих механизм развития синдрома ОМБ [1, 2, 4, 17, 19, 22]. В связи с тем, что патофизиологиче-

ские механизмы синдрома остаются до конца неизученными, основным диагностическим критерием продолжает оставаться субъективный признак – мышечная болезненность, ассоциированная с физической нагрузкой. В целом ряде исследований предпринимались попытки выявления диагностически значимых клинико-лабораторных и функциональных показателей [5, 7, 9, 11, 15, 20, 24]. При этом информативные и доступные в спортивной практике методики с рассчитанными нормативами оценочных показателей отсутствуют.

Цель исследования: оценка диагностических возможностей комплекса клинико-лабораторных и функциональных показателей при синдроме отставленной мышечной болез-

ненности у лиц, занимающихся физической культурой и спортом.

Материалы и методы. Работа проводилась с 17 августа по 04 сентября 2020 г. на базе поликлинического отделения ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России. В исследовании приняли участие 25 здоровых человек (13 женщин и 12 мужчин) в возрасте от 21 до 41 года, средний возраст $32 \pm 2,5$ года, занимающихся регулярно фитнесом. Для индуцирования ОМБ в области четырехглавой мышцы бедра спортсмены выполняли жим платформы лёжа и разгибание голени сидя в блочном тренажере с акцентом на эксцентрическую фазу движения в 3 секунды и concentрическую – в 1 секунду. Амплитуда движения максимальная, в пределах индивидуальной гибкости и мобильности суставов испытуемого, в индивидуально удобном для себя темпе и весом, равным 12 повторным максимумам (ПМ). Упражнения выполняли в виде серии из 6 подходов по 12 повторений, отдых между сериями – до 3 минут.

Исследование проводилось в 4 этапа: 1-й этап – фоновое обследование за 1 день перед нагрузкой; 2-й этап – выполнение ОМБ-индуцирующей физической нагрузки; 3-й этап – обследование в 1-й первый день после перенесенной физической нагрузки; 4-й этап – обследование на 2-й день после физической нагрузки. В ходе обследования были проведены следующие клиничко-лабораторные и функциональные исследования: клинический анализ крови на гематологическом анализаторе Nihon Kohden Mek 7222 (Япония); биохимический анализ крови на биохимическом анализаторе Fuguno CA-400 (Япония); биоимпедансный анализ тела на портативном биоимпедансном анализаторе «ABC-01 МЕДАСС» (Россия); эргоспирометрия на газоанализаторе MetaMax (Германия) и миография на ПАК «Биокинект», модель «Траст-М» Биомеханика (Россия) проводились в пробе с физической нагрузкой – ступенчатое нагрузочное тестирование на гребном тренажере Concept 2 (США); анализ вариабельности ритма сердца в покое проводился на АПК «Омега-Спорт» (Россия), а во время нагрузки – с использованием Bodyguard 2 системы Firstbeat (Финляндия); пупиллометрическое обследование с применением автоматизированной математической обработки пупиллограммы на комплексе скрининговой регистрации «КСРЗРц-01»; стабиллометрическое исследование регуляции

вертикальной позы человека при помощи стабиллоплатформы ST-150 (Россия); станковая динамометрия выполнялась прибором «Динамометр станковый ДС-500»; заполнялся опросник «Визуально-аналоговая шкала боли».

Результаты исследования обрабатывались с использованием пакетов прикладных компьютерных программ Microsoft Excel 2010, Statistica 13.3. Достоверность различий между разными этапами исследования определялась по критерию Вилкоксона. Различия считались достоверными на уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты. В ответ на ОМБ-индуцирующую физическую нагрузку выявлено статистически значимое ($p < 0,05$) увеличение болевых ощущений целевой группы мышц. На следующий день после нагрузки выявлено увеличение болезненности четырехглавой мышцы бедра во время разминки на 65,0 % с $1,96 \pm 0,51$ балла до $3,24 \pm 0,49$ балла ($p = 0,016$), в начале движения на 42,0 % с $2,76 \pm 0,52$ балла в день нагрузки до $3,92 \pm 0,42$ балла ($p = 0,032$). Максимальная мышечная болезненность была зафиксирована через 24 часа после нагрузки, что соответствует литературным данным [3, 23]. Субъективные симптомы проявления синдрома уменьшились на 2-й день после нагрузки на 32 % по показателю болезненности четырехглавой мышцы бедра во время разминки с $3,24 \pm 0,49$ до $2,2 \pm 0,48$ балла, в начале движения на 21 % с $3,92 \pm 0,42$ до $3,08 \pm 0,46$ балла ($p > 0,05$).

В клиническом анализе крови после нагрузки отмечалась железодефицитная «спортивная анемия», проявляющаяся в виде статистически значимого снижения уровня эритроцитов с $5,02 \pm 0,1 \cdot 10^{12}/л$ до $4,85 \pm 0,1 \cdot 10^{12}/л$ ($p = 0,005$), гемоглобина с $154,75 \pm 3,11$ г/л до $147,5 \pm 2,87$ г/л ($p = 0,001$), гематокрита с $47,8 \pm 0,82$ % до $46,09 \pm 0,85$ % ($p = 0,005$), показателя среднего объема эритроцита с $30,85 \pm 0,3$ пг до $30,47 \pm 0,25$ пг ($p = 0,042$) и средней концентрации гемоглобина в эритроците с $323,55 \pm 1,69$ г/л до $319,85 \pm 1,02$ г/л ($p = 0,017$). Кроме снижения перечисленных выше показателей, что является нормой у здоровых людей после высокоинтенсивных нагрузок [2, 19], не было выявлено никаких больше изменений, указывающих на проявление синдрома ОМБ.

Анализ средних значений показателей биохимии крови испытуемых выявил, что на первые сутки после нагрузки наблюдается значительное увеличение уровня КФК в крови с $143,11 \pm 16,01$ Е/л до $326,18 \pm 55,36$ Е/л

($p = 0,001$), прирост составил 128 %. В 1-й день после нагрузки выявлено статистически значимое увеличение ЛДГ с $462,15 \pm 15,04$ Е/л до $480,25 \pm 13,45$ Е/л ($p = 0,003$), что составило 3,9 % и миоглобина на 21,3 % – с $81,9 \pm 1,87$ мкг/л до $99,35 \pm 5,83$ мкг/л ($p = 0,001$); достоверное снижение СРБ на 47,6 % – с $3,13 \pm 1,11$ мг/л до $1,64 \pm 0,39$ мг/л ($p = 0,005$). На 2-й день после нагрузки статистически значимо уменьшился уровень креатинина на 3,9 % – с $97,18 \pm 4,3$ ммоль/л до $93,39 \pm 4,02$ ммоль/л ($p = 0,048$).

При биоимпедансном исследовании было обнаружено статистически значимое снижение жировой массы тела с $18,3 \pm 1,35$ кг до $17,75 \pm 1,33$ кг ($p = 0,026$), а также статистически значимое увеличение показателя активной клеточной массы с $34,49 \pm 1,86$ кг до $35,19 \pm 1,93$ кг ($p = 0,026$), основного обмена с 1705 ± 59 ккал/сут до 1728 ± 61 ккал/сут ($p = 0,019$). Данные изменения обусловлены выполнением испытуемыми физической нагрузки силовой направленности.

В результате нагрузочного тестирования на гребном тренажере Concept 2 были выявлены статистически значимые изменения показателей газоанализа (табл. 1), характеризующие адаптационные процессы к нагрузке. Можно предположить, что данные изменения связаны с эффектом срочной адаптации и положительным тренировочным эффектом. Возможно, это также связано со снижением показателей клинического анализа крови, так, в ответ на снижение гемоглобина и эритроцитов наблюдается компенсаторное увеличение частоты дыхания.

При оценке реакции вегетативной нервной системы на ОМБ-индуцирующую физическую нагрузку было выявлено статистически значимое снижение вклада парасимпатической с $1842,91 \pm 626,8$ мс² до $1183,87 \pm 355,33$ мс² ($p = 0,015$) и симпатической нервной системы с $31,28 \pm 7,33$ мс² до $16,05 \pm 4,2$ мс² ($p = 0,023$) в регуляцию сердечного ритма, достоверно снизился показатель общей мощности спектра с $47,68 \pm 11,75$ мс² до $25,56 \pm 6,01$ мс² ($p = 0,036$) во время выполнения нагрузки. Данные изменения свидетельствуют о росте напряжения регуляторных систем организма, а также о признаках утомления после ОМБ-индуцирующей нагрузки.

При анализе показателей пупиллометрии до и после физической нагрузки в целом по всей выборке отмечаются особенности изменения показателей. Достоверно увеличилось время сужения (Тс) на 6,7 % с $0,45 \pm 0,02$ с до $0,48 \pm 0,02$ с ($p = 0,0398$) и снизилась скорость сужения зрачков (Vc) на 6,6 % с $3,31 \pm 0,11$ мм/с до $3,09 \pm 0,12$ мм/с ($p = 0,015$). При анализе восстановления диаметра зрачков учитывались показатели пупиллометрии лиц, у которых имело место «невосстановление» зрачка на 0,45 мм и более. После физической нагрузки, вызывающей ОМБ, количество лиц с «невосстановлением» достоверно увеличилось с 23,5 до 64,7 %.

В ходе проведения пробы Ромберга с открытыми и закрытыми глазами был выявлен целый ряд достоверно значимых изменений стабилметрических показателей, полученных в первый день после выполнения физической нагрузки относительно фонового исследова-

Таблица 1
Table 1

Изменение количественных значений показателей газоанализа
Change in quantitative values of gas analysis data

Переменная / Variable	Этап исследования / Research phase	
	1-й этап / Stage 1	3-й этап / Stage 3
Потребление O ₂ на кг веса, мл/мин/кг O ₂ consumption per kg of body weight, ml/min/kg	$11,56 \pm 0,76$	$13,36 \pm 0,83^{\Delta}$
Кислородный пульс, у. е. Oxygen pulse, c. u.	$8,69 \pm 0,8$	$9,92 \pm 0,86^{\Delta}$
Вентиляционный эквивалент по кислороду, у. е. Ventilatory oxygen equivalent, c. u.	$33,35 \pm 8,78$	$23,52 \pm 0,75^{\Delta}$
Дыхательный коэффициент, 1 мин теста, у. е. Respiratory coefficient, 1 min test, c. u.	$0,87 \pm 0,04$	$0,87 \pm 0,01^{\Delta}$
Дыхательный коэффициент, ПАНО, у. е. Respiratory coefficient, AT, c. u.	$1,09 \pm 0,03$	$1,05 \pm 0,02^{\Delta}$

▲ – $p < 0,05$ изменения достоверны относительно фона.

▲ – $p < 0.05$ changes are significant for students under normal conditions.

Таблица 2
Table 2Динамика показателей стабилотрии при выполнении пробы Ромберга
Dynamics of force platform measurements during the Romberg test

Переменная / Variable	Этап исследования / Research phase	
	1-й этап / Stage 1	3-й этап / Stage 3
X (открытые глаза), мм / X (open eyes), mm	$-0,9 \pm 1,44$	$5,49 \pm 1,52^{\Delta}$
X (закрытые глаза), мм / X (closed eyes), mm	$-1,26 \pm 1,56$	$6,13 \pm 1,43^{\Delta}$
Y (открытые глаза), мм / Y (open eyes), mm	$67,24 \pm 6,12$	$57,9 \pm 7,98^{\Delta}$
Y (закрытые глаза), мм / Y (closed eyes), mm	$68,75 \pm 6,32$	$60,17 \pm 7,74^{\Delta}$
L (открытые глаза), мм / L (open eyes), mm	$152,11 \pm 9,07$	$179,82 \pm 17,07^{\Delta}$
S (закрытые глаза), мм ² / S (closed eyes), mm ²	$82,37 \pm 15,91$	$120,56 \pm 25,1^{\Delta}$
V (открытые глаза), мм/с / V (open eyes), mm/s	$5,07 \pm 0,3$	$5,99 \pm 0,57^{\Delta}$
Ax (открытые глаза), Дж / Ax (open eyes), J	$0,28 \pm 0,04$	$0,46 \pm 0,11^{\Delta}$
MaxX (открытые глаза), мм / MaxX (open eyes), mm	$4,46 \pm 0,48$	$5,9 \pm 0,5^{\Delta}$
MaxX (закрытые глаза), мм / MaxX (closed eyes), mm	$5,04 \pm 0,61$	$7,38 \pm 1,03^{\Delta}$

▲ – $p < 0,05$ изменения достоверны относительно фона.

▲ – $p < 0.05$ changes are significant for students under normal conditions.

ния (табл. 2). Отмечено статистически значимое ($p < 0,05$) увеличение величины смещения и максимальной амплитуды колебаний центра давления по фронтальной плоскости как с открытыми глазами, так и закрытыми на следующий день после ОМБ-индуцирующей физической нагрузки. Смещение центра давления по сагиттальной плоскости статистически снижается. Уменьшение величины смещения центра тяжести в сагиттальной плоскости обусловлено проявлением синдрома ОМБ в четырехглавой мышце бедра. Можно предположить, что ОМБ этих мышц вынуждала добровольцев непроизвольно отклоняться назад, поэтому средние значения достоверно уменьшились. На 3-м этапе по результатам пробы Ромберга достоверно увеличились средние значения длины, площади статокнезиограммы, средней скорости перемещения центра давления и величины энергозатрат во фронтальной плоскости. Рост количественных значений свидетельствует об ухудшении функции равновесия в поддержании вертикальной позы. У испытуемых проявились симптомы утомления мышц постуральной системы, что в свою очередь повлияло на снижение опорной функции и функции равновесия.

Синдром ОМБ не оказывал существенного влияния на показатели миографии и становой динамометрии – не было выявлено статистически достоверных изменений усредненных по группе показателей данных исследований после выполнения физической нагрузки.

Заключение. В ходе исследования у обследуемых спортсменов была вызвана отставленная мышечная болезненность и верифицирована по субъективным ощущениям мышечной боли, появившимся на следующий день после выполнения ОМБ-индуцирующей нагрузки. На фоне ОМБ у спортсменов выявлены существенное повышение уровня КФК до 326 Е/л, замедление расширения и сужения зрачка до 3 мм/с в ответ на световой раздражитель, утомление постуральных мышц по динамике показателей смещения центра давления по фронтальной и сагиттальной плоскостям до 6 мм и до 58 мм соответственно, длины и площади статокнезиограммы до 180 мм и 120 мм² соответственно. Динамику данных показателей можно использовать для оценки проявлений синдрома ОМБ, а наблюдаемые изменения следует учитывать при планировании и коррекции тренировочной нагрузки в микро- и мезоциклах.

Список литературы

1. Дмитриев, А. Синдромы микроповреждения мышц и отсроченной мышечной болезненности в спорте высших достижений: роль в развитии утомления и профилактика / А. Дмитриев, Л. Гунина // Наука в олимпийском спорте. – 2020. – № 1. – С. 57–71. DOI: 10.32652/olympic2020.1_5
2. Йегер, Й.М. Мышцы в спорте. Анатомия. Физиология. Тренировка. Реабилитация / Й.М. Йегер, К. Крюгер; пер. на рус. яз. Д.Г. Калашникова и др. – М.: Практич. медицина, 2016. – 428 с.

3. *Advances in Delayed-Onset Muscle Soreness (DOMS): Part I: Pathogenesis and Diagnostics* / T. Hotfiel, J. Freiwald, M. Hoppe et al. // *Sportverletz Sportschaden*. – 2018. – Vol. 32. – P. 243–250. DOI: 10.1055/a-0753-1884
4. *Armstrong, R.B. Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review* / R.B. Armstrong // *Med Sci Sports Exerc*. – 1984 – Vol. 16. – P. 529–538.
5. *Changes in urinary titin N-terminal fragments as a biomarker of exercise-induced muscle damage in the repeated bout effect* / S. Yamaguchia, K. Suzukib, K. Kandad et al. // *Journal of Science and Medicine in Sport*. – 2020. – Vol. 23, iss. 6. – P. 536–540. DOI: 10.1016/j.jsams.2019.12.023
6. *Cheung, K. Delayed Onset Muscle Soreness: Treatment Strategies and Performance Factors* / K. Cheung, P. Hume, L. Maxwell // *J Sports Med*. – 2003. – Vol. 33, no. 2. – P. 145–164. DOI: 10.2165/00007256-200333020-00005
7. *Comparison among three different intensities of eccentric contractions of the elbow flexors resulting in the same strength loss at one day post exercise for changes in indirect muscle damage markers* / T.C. Chen, G.L. Huang, C.C. Hsieh et al. // *European Journal of Applied Physiology*. – 2020. – Vol. 120. – P. 267–279. DOI: 10.1007/s00421-019-04272-w
8. *Comparison between high- and low-intensity eccentric cycling of equal mechanical work for muscle damage and the repeated bout effect* / G. Mavropalias, T. Koeda, O. Barley et al. // *European Journal of Applied Physiology*. – 2020. – Vol. 120. – P. 1015–1025. DOI: 10.1007/s00421-020-04341-5
9. *Delayed-Onset Muscle Soreness: Temporal Assessment With Quantitative MRI and Shear-Wave Ultrasound Elastography* / C.A. Agten, F.M. Buck, L. Dyer et al. // *American Journal of Roentgenology*. – 2017. – Vol. 208, no. 2. – P. 402–412. DOI: 10.2214/AJR.16.16617
10. *Does delayed onset muscle soreness affect the biomechanical variables of the drop vertical jump that have been associated with increased ACL injury risk? A randomised control trial* / M.C. Look, Y. Iyengar, M. Barcellona, A. Shortland // *Human Movement Science*. – 2021. – Vol. 76. – P. 102772. DOI: 10.1016/j.humov.2021.102772
11. *Exercise induced muscle damage and recovery assessed by means of linear and non-linear sEMG analysis and ultrasonography* / P. Sbriccoli, F. Felici, A. Rosponi et al. // *J Electromyogr Kinesiol*. – 2001. – Vol. 11, iss. 2. – P. 73–83. DOI: 10.1016/s1050-6411(00)00042-0
12. *Foam rolling for delayed-onset muscle soreness and recovery of dynamic performance measures* / G.E. Pearcey, D.J. Bradbury-Squires, J.E. Kawamoto et al // *Journal of athletic training*. – 2015. – Vol. 50, no. 1. – P. 5–13. DOI: 10.4085/1062-6050-50.1.01
13. *Hedayatpour, N. The effect of eccentric exercise and delayed onset muscle soreness on the homologous muscle of the contralateral limb* / N. Hedayatpour, Z. Izanloo, D. Falla // *Journal of Electromyography and Kinesiology*. – 2018. – Vol. 41. – P. 154–159. DOI: 10.1016/j.jelekin.2018.06.003
14. *Improving characterization and diagnosis quality of myofascial pain syndrome: a systematic review of the clinical and biomarker overlap with delayed onset muscle soreness* / B. Vadasz, J. Gohari, D.W. West et al. // *Eur J Phys Rehabil Med*. – 2020. – Vol. 56, no. 4. – P. 469–478. DOI: 10.23736/S1973-9087.20.05820-7
15. *Involvement of Neutrophil Dynamics and Function in Exercise-Induced Muscle Damage and Delayed-Onset Muscle Soreness: Effect of Hydrogen Bath* // T. Kawamura, K. Suzuki, M. Takahashi et al. // *Antioxidants (Basel)*. – 2018 – Vol. 7, no. 10. – P. 127. DOI: 10.3390/antiox7100127
16. *Meamarbashi, A. Herbs and natural supplements in the prevention and treatment of delayed-onset muscle soreness* / A. Meamarbashi // *Avicenna J Phytomed*. – 2017. – Vol. 7, no. 1. – P. 16–26.
17. *Mizumura, K. Delayed onset muscle soreness: Involvement of neurotrophic factors* / K. Mizumura, T. Taguchi // *J Physiol Sci*. – 2016. – Vol. 66, no. 1. – P. 43–52. DOI: 10.1007/s12576-015-0397-0
18. *Neuromuscular dysfunction following eccentric exercise* / J.M. Saxton, P.M. Clarkson, R. James et al. // *Med Sci Sports Exerc*. – 1995. – Vol. 27, no. 8. – P. 1185–1193.
19. *Nosaka, K. Muscle Soreness and Damage and the Repeated-Bout Effect* / K. Nosaka // P.M.Tiidus (Ed.) *Skeletal Muscle Damage and Repair*. – Champaign, IL, USA: Human Kinetics, 2008. – P. 59–76.
20. *Relationship between Skin Temperature, Electrical Manifestations of Muscle Fatigue, and Exercise-Induced Delayed Onset Muscle Soreness for Dynamic Contractions: A Preliminary Study* /

J.I. Priego-Quesada, C. De la Fuente, M.R. Kunzler et al. // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2020. – Vol. 17, no. 18. – P. 6817. DOI: 10.3390/ijerph17186817

21. Rowlands, A.V. Effect of stride length manipulation on symptoms of exercise-induced muscle damage and the repeated bout effect / A.V. Rowlands, R.G. Eston, C. Tilzey // *J Sports Sci*. – 2001. – Vol. 19, no. 5. – P. 333–340. DOI: 10.1080/02640410152006108

22. Sonkodi, B. Have We Looked in the Wrong Direction for More Than 100 Years? Delayed Onset Muscle Soreness Is, in Fact, Neural Microdamage Rather Than Muscle Damage / B. Sonkodi, I. Berkes, E. Koltai // *Antioxidants (Basel)*. – 2020. – Vol. 9, no. 3. – P. 212. DOI: 10.3390/antiox9030212

23. Whole-body cryotherapy (extreme cold air exposure) for preventing and treating muscle soreness after exercise in adults / J.T. Costello, P.R. Baker, G.M. Minett et al. // *Cochrane Database Syst Rev*. – 2015. – No. 9. – CD010789. DOI: 10.1002/14651858.CD010789.pub2.

24. Yu, J.Y. Evaluation of muscle damage using ultrasound imaging / J.Y. Yu, J.G. Jeong, B.H. Lee // *J Phys Ther Sci*. – 2015. – Vol. 27. – P. 531–534. DOI: 10.1589/jpts.27.531

References

1. Dmitriyev A., Gunina L. [Syndromes of Muscle Microdamage and Delayed Muscle Soreness in Elite Sports. Role in the Development of Fatigue and Prevention]. *Nauka v olimpiyskom sporte* [Science in Olympic Sports], 2020, no. 1, pp. 57–71. (in Russ.) DOI: 10.32652/olympic2020.1_5

2. Yyeger Y.M., Kryuger K. *Myshtsy v sporte. Anatomiya. Fiziologiya. Trenirovka. Reabilitatsiya* [Muscles in Sports. Anatomy. Physiology. Workout. Rehabilitation], english translation: D.G. Kalashnikov et al. Moscow, Practical Medicine Publ., 2016. 428 p.

3. Hotfiel T., Freiwald J., Hoppe M. et al. Advances in Delayed-Onset Muscle Soreness (DOMS): Part I: Pathogenesis and Diagnostics. *Sportverletz Sportschaden*, 2018, vol. 32, pp. 243–250. DOI: 10.1055/a-0753-1884

4. Armstrong R.B. Mechanisms of Exercise-Induced Delayed Onset Muscular Soreness: a Brief Review. *Medical Science Sports Exerc.*, 1984, vol. 16, pp. 529–538. DOI: 10.1249/00005768-198412000-00002

5. Yamaguchia S., Suzukib K., Kandad K. et al. Changes in Urinary Titin N-Terminal Fragments as a Biomarker of Exercise-Induced Muscle Damage in the Repeated Bout Effect. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2020, vol. 23, iss. 6, pp. 536–540. DOI: 10.1016/j.jsams.2019.12.023

6. Cheung K., Hume P., Maxwell L. Delayed Onset Muscle Soreness: Treatment Strategies and Performance Factors. *Journal Sports Med.*, 2003, vol. 33, no. 2, pp. 145–164. DOI: 10.2165/00007256-200333020-00005

7. Chen T.C., Huang G.L., Hsieh C.C. et al. Comparison Among Three Different Intensities of Eccentric Contractions of the Elbow Flexors Resulting in the Same Strength Loss at One Day Post Exercise for Changes in Indirect Muscle Damage Markers. *European Journal of Applied Physiology*, 2020, vol. 120, pp. 267–279. DOI: 10.1007/s00421-019-04272-w

8. Mavropalias G., Koeda T., Barley O. et al. Comparison Between High- and Low-Intensity Eccentric Cycling of Equal Mechanical Work for Muscle Damage and the Repeated Bout Effect. *European Journal of Applied Physiology*, 2020, vol. 120, pp. 1015–1025. DOI: 10.1007/s00421-020-04341-5

9. Agten C.A., Buck F.M., Dyer L. et al. Delayed-Onset Muscle Soreness: Temporal Assessment With Quantitative MRI and Shear-Wave Ultrasound Elastography. *American Journal of Roentgenology*, 2017, vol. 208, no. 2, pp. 402–412. DOI: 10.2214/AJR.16.16617

10. Look M.C., Iyengar Y., Barcellona M., Shortland A. Does Delayed Onset Muscle Soreness Affect the Biomechanical Variables of the Drop Vertical Jump that have Been Associated with Increased ACL Injury Risk? A Randomised Control Trial. *Human Movement Science*, 2021, vol. 76, 102772. DOI: 10.1016/j.humov.2021.102772

11. Sbriccoli P., Felici F., Rosponi A. et al. Exercise Induced Muscle Damage and Recovery Assessed by Means of Linear and Non-Linear sEMG Analysis and Ultrasonography. *Journal Electromyogr Kinesiology*, 2001, vol. 11, iss. 2, pp. 73–83. DOI: 10.1016/s1050-6411(00)00042-0

12. Pearcey G.E., Bradbury-Squires D.J., Kawamoto J.E. et al. Foam Rolling for Delayed-Onset Muscle Soreness and Recovery of Dynamic Performance Measures. *Journal of Athletic Training*, 2015, vol. 50, no. 1, pp. 5–13. DOI: 10.4085/1062-6050-50.1.01

13. Hedayatpour N., Izanloo Z., Falla D. The Effect of Eccentric Exercise and Delayed Onset Muscle Soreness on the Homologous Muscle of the Contralateral Limb. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2018, vol. 41, pp. 154–159. DOI: 10.1016/j.jelekin.2018.06.003
14. Vadasz B., Gohari J., West D.W. et al. Improving Characterization and Diagnosis Quality of Myofascial Pain Syndrome: a Systematic Review of the Clinical and Biomarker Overlap with Delayed Onset Muscle Soreness. *European Journal Physical Rehabilitation Medicine*, 2020, vol. 56, no. 4, pp. 469–478. DOI: 10.23736/S1973-9087.20.05820-7
15. Kawamura T., Suzuki K., Takahashi M. et al. Involvement of Neutrophil Dynamics and Function in Exercise-Induced Muscle Damage and Delayed-Onset Muscle Soreness: Effect of Hydrogen Bath. *Antioxidants (Basel)*, 2018, vol. 7, no. 10, p. 127. DOI: 10.3390/antiox7100127
16. Meamarbashi A. Herbs and Natural Supplements in the Prevention and Treatment of Delayed-Onset Muscle Soreness. *Avicenna Journal Phytomed.*, 2017, vol. 7, no. 1, pp. 16–26.
17. Mizumura K., Taguchi T. Delayed Onset Muscle Soreness: Involvement of Neurotrophic Factors. *Journal Physiology Science*, 2016, vol. 66, no. 1, pp. 43–52. DOI: 10.1007/s12576-015-0397-0
18. Saxton J.M., Clarkson P.M., James R. et al. Neuromuscular Dysfunction Following Eccentric Exercise. *Medical Science Sports Exerc.*, 1995, vol. 27, no. 8, pp. 1185–1193. DOI: 10.1249/00005768-199508000-00013
19. Nosaka K., Tiidus P.M. Muscle Soreness and Damage and the Repeated–Bout Effect. *Skeletal Muscle Damage and Repair – Champaign, IL, USA: Human Kinetics*, 2008, pp. 59–76. DOI: 10.5040/9781718209664.ch-005
20. Priego-Quesada J.I., De la Fuente C., Kunzler M.R. et al. Relationship between Skin Temperature, Electrical Manifestations of Muscle Fatigue, and Exercise-Induced Delayed Onset Muscle Soreness for Dynamic Contractions: A Preliminary Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020, vol. 17, no. 18, p. 6817. DOI: 10.3390/ijerph17186817
21. Rowlands A.V., Eston R.G., Tilzey C. Effect of Stride Length Manipulation on Symptoms of Exercise-Induced Muscle Damage and the Repeated Bout Effect. *Journal Sports Science*, 2001, vol. 19, no. 5, pp. 333–340. DOI: 10.1080/02640410152006108
22. Sonkodi B., Berkes I., Koltai E. Have We Looked in the Wrong Direction for More Than 100 Years? Delayed Onset Muscle Soreness Is, in Fact, Neural Microdamage Rather Than Muscle Damage. *Antioxidants (Basel)*, 2020, vol. 9, no. 3, p. 212. DOI: 10.3390/antiox9030212
23. Costello J.T., Baker P.R., Minett G.M. et al. Whole-Body Cryotherapy (Extreme Cold Air Exposure) for Preventing and Treating Muscle Soreness After Exercise in Adults. *Cochrane Database Syst Rev.*, 2015, no. 9, CD010789. DOI: 10.1002/14651858.CD010789.pub2.
24. Yu J.Y., Jeong J.G., Lee B.H. Evaluation of Muscle Damage Using Ultrasound Imaging. *Journal Physical Therapy Science*, 2015, vol. 27, pp. 531–534. DOI: 10.1589/jpts.27.531

Информация об авторах

Зимова Кристина Павловна, младший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека, Санкт-Петербург, Россия.

Медведев Дмитрий Станиславович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом физиологической оценки и медицинской коррекции, Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека, Санкт-Петербург, Россия; Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия.

Чиков Александр Евгеньевич, кандидат биологических наук, доцент, заведующий лабораторией спортивной гигиены, Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека, Санкт-Петербург, Россия.

Киселёв Артём Дмитриевич, научный сотрудник, Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека, Санкт-Петербург, Россия.

Крылова Маргарита Владимировна, научный сотрудник, Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека, Санкт-Петербург, Россия.

Information about the authors

Kristina P. Zimova, Junior Researcher, Research Institute of Hygiene, Occupational Pathology and Human Ecology, Saint Petersburg, Russia.

Dmitry S. Medvedev, Doctor of Medical Sciences, Professor, Research Institute of Hygiene, Occupational Pathology and Human Ecology; North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov. St. Petersburg, Russia.

Alexander E. Chikov, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Laboratory of Sports Hygiene, Research Institute of Hygiene, Occupational Pathology and Human Ecology, Saint Petersburg, Russia.

Artem D. Kiselev, Researcher, Research Institute of Hygiene, Occupational Pathology and Human Ecology, Saint Petersburg, Russia.

Margarita V. Krylova, Researcher, Research Institute of Hygiene, Occupational Pathology and Human Ecology, Saint Petersburg, Russia.

Статья поступила в редакцию 15.08.2022

The article was submitted 15.08.2022

ОЦЕНКА АДАПТИВНОГО МЕХАНИЗМА РЕАКЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ НА ЗАПРОС КОГНИТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Н.А. Белоусова¹, belousova@cspu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9873-320X>

В.П. Мальцев², mal585@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2453-6585>

М.В. Семенова¹, writeme.85@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5880-439X>

А.А. Семченко¹, semchenkoa@cspu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0974-6047>

¹Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет,
Челябинск, Россия

²Сургутский государственный педагогический университет, Сургут, Россия

Аннотация. Цель исследования – определение соответствия общего функционального состояния нервной системы студентов референсным значениям нормы и эффективности процесса адаптации к условиям учебно-профессиональной деятельности при достижении планируемых результатов обучения. **Материалы и методы.** Исследование проводилось посредством аппаратно-программного комплекса «НС-ПсихоТест» (Россия, ООО «НейроСофт»). В обследовании участвовали 111 студентов первого–третьего курсов. **Результаты.** Результаты исследования позволили выявить снижение показателей церебральной обработки сенсорной информации участников. Наибольшая активированность и подвижность нервных процессов в центральной нервной системе отмечается у студентов третьего курса, что отражает более совершенные механизмы адаптивного функционирования центральной нервной системы. У обучающихся вне зависимости от года обучения функциональное состояние центральной нервной системы соответствует референсным значениям нормы. **Заключение.** Обеспечение когнитивной деятельности студентов педагогического вуза в условиях усложнения учебно-профессиональной деятельности в достижении планируемых результатов обучения обеспечивается оптимально сформированными исполнительными церебральными функциональными системами, что подтверждается состоянием нейродинамических процессов, характеризующих эффективность адаптационных механизмов когнитивной обработки сенсорной информации.

Ключевые слова: когнитивная деятельность, функциональное состояние, центральная нервная система, адаптивные механизмы, зрительно-моторная реакция

Благодарности. Исследования выполнены в рамках государственного задания Министерства Просвещения РФ: № 073-03-2021-020/2 от 21.07.2021 г.

Для цитирования: Оценка адаптивного механизма реакции центральной нервной системы обучающихся на запрос когнитивной деятельности / Н.А. Белоусова, В.П. Мальцев, М.В. Семенова, А.А. Семченко // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 4. С. 68–75. DOI: 10.14529/hsm220408

Original article
DOI: 10.14529/hsm220408

ASSESSMENT OF THE ADAPTIVE MECHANISM OF THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM AS A RESPONSE TO COGNITIVE ACTIVITY IN STUDENTS

N.A. Belousova¹, belousova@cspu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9873-320X>

V.P. Maltsev², mal585@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2453-6585>

M.V. Semenova¹, writeme.85@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5880-439X>

A.A. Semchenko¹, semchenkoa@cspu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0974-6047>

¹South Ural State Humanitarian-Pedagogical University, Chelyabinsk, Russia

²Surgut State Pedagogical University, Surgut, Russia

Abstract. Aim. The purpose of the article is to identify the correspondence of the general functional status of the nervous system in university students to reference values and to evaluate the effectiveness of adaptation to educational and professional activities. **Materials and methods.** The study involved 111 university students (1st to 3rd year). The study was performed with the NS-PsychoTest hardware and software. **Results.** The data obtained showed decreased cerebral processing of sensory information in the sample. The highest activation and mobility of nervous processes in the central nervous system were observed in third-year students. This showed enhanced adaptive performance of the central nervous system. Regardless of the year of study, the functional status of the central nervous system corresponded to reference values. **Conclusion.** Cognitive activity in pedagogical students is ensured by optimally formed cerebral functional systems, as confirmed by neurodynamic processes as a measure of the effectiveness of adaptive cognitive processing mechanisms.

Keywords: cognitive activity, functional status, central nervous system, students, adaptive mechanisms, eye-hand reaction

Acknowledgements. The research was carried out within the state assignment of the Ministry of Education of Russia: No. 073-03-2021-020/2 dd. 21.07.2021.

For citation: Belousova N.A., Maltsev V.P., Semenova M.V., Semchenko A.A. Assessment of the adaptive mechanism of the central nervous system as a response to cognitive activity in students. *Human. Sport. Medicine.* 2022;22(4):68–75. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220408

Введение. Возрастающая сложность социального и научно-технического мира предъявляет высокие требования к уровню подготовки выпускников. Современные требования к обществу, отраженные в основополагающих документах нашей страны (Федеральный закон «Об образовании в РФ», Федеральные государственные образовательные стандарты всех уровней образования и др.), задают векторы развития личности на всех этапах образования, включая и вузовскую подготовку. Сегодня становится актуальной задача развития такого будущего специалиста, который будет не только готов к осуществлению своих профессиональных обязанностей, но и способен самостоятельно ставить перед собой задачи, предлагать пути их решения, предвидеть назревающие проблемы во взаимоотношениях со всеми участниками образовательного процесса, иметь гибкость ума, позволяющую ра-

ботать критически и творчески, искать и находить принципиально новые ответы на сложные проблемы.

Особенность процесса адаптации связана с психофизиологическим потенциалом индивида, в который входит совокупностью его личностных, энергетических и регуляторно-адаптационных ресурсов [4].

Исследование адаптационных реакций ЦНС, механизмов организации оптимальной исполнительно-функциональной системы на запросы когнитивной деятельности представляет собой актуальную проблему не только для физиологии высшей нервной деятельности и психофизиологии, но и для педагогики высшей школы.

Цель исследования – определение соответствия общего функционального состояния нервной системы студентов референтным значениям нормы и эффективности процесса

адаптации к условиям учебно-профессиональной деятельности при достижении планируемых результатов обучения.

Материалы и методы. Для оценки адаптивного механизма реакции ЦНС студентов на запрос когнитивной деятельности мы проанализировали результаты исследований по влиянию индивидуальных особенностей нервной системы студентов на когнитивные процессы.

В исследовании, проведенном на базе Южно-Уральского государственного гуманитарно-педагогического университета в межсессионный период в 2020/2021 учебном году, нами рассмотрены сенсомоторные реакции и функциональное состояние ЦНС 111 студентов первого–третьего курсов. Общая выборка практически здоровых лиц дифференцирована по годам обучения. Первую группу составили девушки-первокурсницы ($n = 42$), вторую группу – девушки второго года обучения ($n = 33$), третью группу – обучающиеся третьего года обучения ($n = 36$).

Определение нейродинамических характеристик студентов, принявших участие в исследовании, было осуществлено при помощи аппаратно-программного комплекса «НС-Психотест» (ООО «НейроСофт», Россия, сертификат соответствия № РОСС RU.ИМ18.Д00567). Обследование осуществлялось с помощью следующих методик: «Простая зрительно-моторная реакция» (ПЗМР), сложная зрительно-моторная реакция «Реакция выбора»

(СЗМР). Для определения текущего функционального состояния ЦНС обучающихся использовались критерии Т.Д. Лоскутовой: функциональный уровень системы (ФУС), уровень функциональных возможностей (УФВ), устойчивость реакции (УР).

В ходе математико-статистической обработки данных рассчитывались основные статистические параметры (среднее арифметическое значение (M), математические ошибки средних (m). С целью выявления достоверности межгрупповых различий нами применялся F-критерий Фишера однофакторного дисперсионного анализа. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Результаты исследования. В табл. 1 обобщены средние показатели студентов, принявших участия в нашем исследовании, сенсомоторных реакций и функционального состояния ЦНС.

Сопоставление полученных в ходе исследования средних групповых значений с нормативными показателями, предложенными и обоснованными И.Н. Мантровой [2], показывают сниженный уровень активации церебральных процессов у обследованных студентов. Анализ показателей ПЗМР по курсам обучения показывает, что наиболее оптимальными являются средние показатели у обучающихся 3-го курса (в целом незначительно превышающие показатели верхнего нормативного диапазона 193–233 мс). Наименьшая активированность ЦНС констатируется

Таблица 1
Table 1

Показатели сенсомоторных реакций студентов педагогического вуза, $M \pm m$ (SD)
Sensorimotor reactions in pedagogical students, $M \pm m$ (SD)

Показатель, мс Parameter, ms	Первый курс First year ($n = 42$)	Второй курс Second year ($n = 33$)	Третий курс Third year ($n = 36$)	P^*
ПЗМР Hand-eye coordination test	242,36 \pm 5,55 (35,96)	258,95 \pm 6,78 (38,95)	238,13 \pm 4,66 (27,95)	$P_{1,2} = 0,041$ $P_{2,3} = 0,013$
Среднеквадратичное отклонение ПЗМР Standard deviation, hand-eye coordination test	71,79 \pm 9,76 (63,26)	68,54 \pm 4,70 (27,01)	62,07 \pm 3,14 (18,82)	—
СЗМР Choice reaction	363,63 \pm 5,84 (37,88)	380,82 \pm 7,75 (44,51)	370,35 \pm 9,19 (55,13)	—
Среднеквадратичное отклонение СЗМР Standard deviation, choice reaction	85,94 \pm 2,24 (14,54)	93,73 \pm 3,62 (20,82)	92,96 \pm 5,29 (31,75)	—

* статистически значимые межгрупповые различия при сравнении аналогичных показателей между однополыми студентами, при $p < 0,05$.

* statistically significant intergroup differences between same-sex students, $p < 0.05$.

вана во второй группе. Среднегрупповые показатели ПЗМР студентов второго курса в среднем на 7–8 % выше аналогичных показателей студентов первого и третьего курсов. Показатели стандартного отклонения ПЗМР отражают стабильность реализации сенсомоторного ответа. В отсутствие достоверных межгрупповых различий четко прослеживается тенденция роста стабильности (порядка на 10 %) простой сенсомоторной реакции у обучающихся от первого к третьему курсу.

Средние показатели групп, принявших участие в обследовании, отражают однонаправленное значение показателей функциональной подвижности, соответствующих среднему уровню референсного диапазона [1]. При этом наибольшие средние показатели второй группы относительно выше аналогичных показателей 1-й и 3-й группы.

Полученные результаты средних значений СЗМР отражают оптимальную продолжительность когнитивной аналитико-синтетической обработки сложной сенсорной информации. Время центральной задержки, объективно отражающей процессы церебральной переработки информации о сенсорном стимуле и принятия решения о способе ответной реакции на стимул, соответствуют диапазону 120–130 мс [8], отражающему эффективную нейронную обработку сенсорной информации обследованных студентов. Дифференцировочное торможение условно-рефлекторной деятельности обеспечивает более точное ответное реагирование на воздействие раздражителей, что в целом способствует более эффективной адаптации организма к резко изменяющимся условиям окружающей среды [3], в нашем случае – увеличению числа профессиональных дисциплин к 3-му курсу и усложнению требований к учебно-познавательной деятельности по их освоению.

Соответствие средних значений среднеквадратичного отклонения СЗМР нормативным показателям у обследованных студентов отражает относительную уравновешенность возбудительного и тормозного процессов в ЦНС. Эти данные, полученные нами в ходе исследования, коррелируются с данными, приведенными в анализе исследований, проведенными С.С. Гречишкиной с соавт. [6].

Значение полученных показателей функциональной подвижности нервных процессов обследованных студентов (рис. 1) позволяет утверждать, что преобладающему числу студентов свойственен промежуточный средний тип. На процессы нейрональной передачи сигнала от рецепторов в центральной нервной системе, переработки сигнала в ЦНС и передачи сигнала от ЦНС к рабочему органу затрачивается оптимальное время. Четверть выборки обследования характеризуется высокими показателями нейрональной обработки и дифференцировочного торможения.

Средний уровень выраженности подвижности нервных процессов характеризует оптимальное переключение внимания с одного вида деятельности на другой [5], с одной мысли на другую, что позволяет студентам справляться с требованиями к освоению профессиональных дисциплин на уровне, заложенном во ФГОС соответствующего направления подготовки.

Таким образом, можно заключить, что наиболее эффективная скорость церебральной обработки сенсорной информации в условиях элементарных зрительно-моторных реакций, большая активированность и подвижность нервных процессов в ЦНС отмечается у студентов 3-го курса, что отражает более совершенные механизмы адаптивного функционирования ЦНС обучающихся 3-й группы, где изучается наибольшее количество профессио-

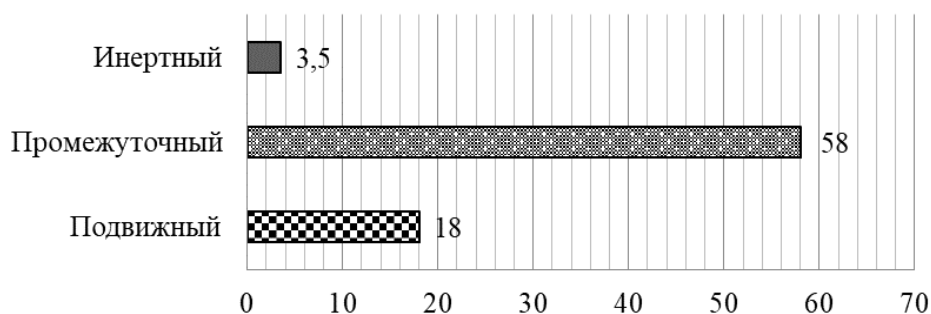


Рис. 1. Частотное распределение обучающихся по уровню функциональной подвижности, %
Fig. 1. Frequency distribution of students by the level of functional mobility, %

нальных дисциплин и уровень требований к когнитивной деятельности по их усвоению выше.

Исследование функционального состояния ЦНС (табл. 2) позволяет оценить качество регуляторных механизмов в организме, определяющих формирование своевременного и адекватного адаптационного ответа организма на изменяющиеся внешне средовые условия и позволяющих определить способность формировать у студента адекватную заданию функциональную систему и достаточно длительно ее удерживать.

Полученные результаты отражают средний уровень функционального состояния студентов, принявших участие в исследовании, вне зависимости от года обучения, что находит свое отражение средних показателях ФУС, УР и УФВ и малыми колебаниями разницы в значениях показателей. При этом можно констатировать, что расчетные критерии функционального состояния обучающихся 3-го курса отражают более высокие значения в диапазоне средних величин (показатели УР и УФВ имеют достоверные различия средних). Средние показатели студентов 1-го

и 2-го курса не имеют значимых групповых различий в показателях функционального состояния ЦНС. Полученные результаты свидетельствуют о более высоком общем функциональном состоянии ЦНС и большей устойчивости этого состояния, более высоких функциональных возможностях нервной системы обследованных студентов 3-го курса.

Частотное распределение изучаемого показателя УФВ обследованных представлено на рис. 2.

Таким образом, можно заключить, что наиболее адаптивный тип функционирования ЦНС на запрос когнитивной деятельности в условиях образовательного процесса высшей школы отмечен у обучающихся 3-го года обучения по сравнению со студентами младших курсов.

У студентов, принявших участие в исследовании, вне зависимости от года обучения (сложности предъявляемых когнитивных требований) функциональное состояние ЦНС соответствует референсным значениям, что отражает оптимальный уровень общего функционального состояния ЦНС у большинства студентов в условиях их учебно-профессио-

Таблица 2
Table 2

Показатели функционального состояния ЦНС студентов педагогического вуза, $M \pm m$ (SD)
Functional status of the central nervous system in pedagogical students, $M \pm m$ (SD)

Показатель, у. е. Parameter, c. u.	Первый курс First year (n = 42)	Второй курс Second year (n = 33)	Третий курс Third year (n = 36)	P
ФУС Functional Level	$4,28 \pm 0,07$ (0,44)	$4,28 \pm 0,09$ (0,54)	$4,41 \pm 0,11$ (0,64)	—
УР Stable Sensorimotor Responses	$1,70 \pm 0,08$ (0,54)	$1,71 \pm 0,09$ (0,52)	$1,96 \pm 0,11$ (0,63)	$P_{1,3} = 0,041$
УФВ Functionality level	$3,24 \pm 0,09$ (0,58)	$3,21 \pm 0,10$ (0,59)	$3,51 \pm 0,12$ (0,72)	$P_{2,3} = 0,047$

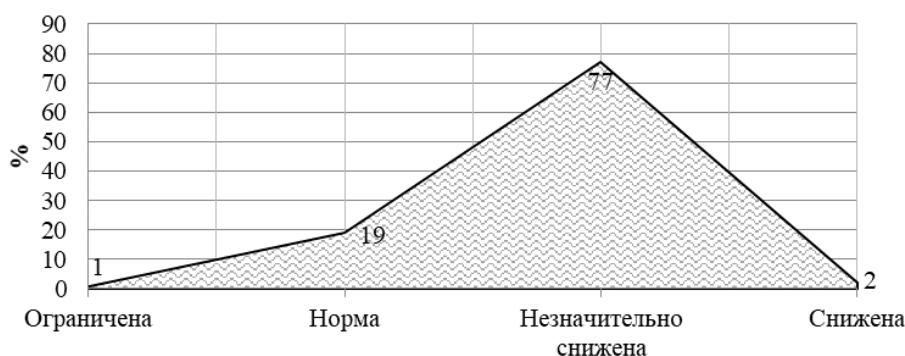


Рис. 2. Частотное распределение обучающихся по уровню когнитивной работоспособности
Fig. 2. Frequency distribution of students by the level of cognitive performance

нальной деятельности. При этом следует отметить, что показатели, отражающие высокую устойчивость и высокий уровень функциональных возможностей ЦНС, свойственны лишь пятой части выборки (19 % обследованных вне зависимости от года обучения). В когорте обследования преобладали лица с показателями «незначительно сниженной когнитивной работоспособности» (диагностировано у 77 % обследованных студентов). Данный уровень соответствует нижней границе средненормативного диапазона функционального состояния ЦНС и отражает развитие утомления и снижение выполнения простых когнитивных действий, увеличение когнитивной обработки элементарной сенсорной информации и рост числа ошибок. В данном психофизиологическом состоянии, как правило, выполнение сложных когнитивных действий остается сохранным при минимальном количестве ошибок [7], что положительно сказывается на выполнении сложных заданий, присущих профессиональным дисциплинам.

Признаки дисфункции в условиях когнитивной деятельности выявлены лишь у 3 % обследованных.

Полученные результаты отражают оптимальный уровень осуществления когнитивной деятельности в условиях учебно-профессиональной деятельности и эффективную адаптацию к различным когнитивным задачам у большинства обследованных студентов педагогического вуза.

Заключение. Средние показатели нейродинамических процессов отражают удовлетворительные показатели функционирования ЦНС как в условиях простой, так и сложной условно-рефлекторной деятельности студентов. При этом наиболее эффективная скорость церебральной обработки сенсорной информации в условиях элементарных зрительно-моторных реакций и большая активированность и подвижность нервных процессов в ЦНС отмечается у студентов 3-го курса, что отражает более совершенные механизмы адаптивного функционирования ЦНС.

Обеспечение когнитивной деятельности студентов в условиях усложнения учебно-профессиональной деятельности в достижении планируемых результатов обучения обеспечивается оптимально сформированными исполнительными церебральными функциональными системами, что подтверждается состоянием нейродинамических процессов, характеризующих эффективность адаптационных механизмов когнитивной обработки сенсорной информации.

Полученные результаты обследованных студентов могут быть учтены преподавателями в целях разработки рабочих программ дисциплин, осознанного выбора активных методов и форм обучения и воспитания, отбора содержания учебного материала и средств педагогического воздействия, влияющих на дальнейшее развитие личности студентов и раскрытия их потенциала способностей.

Список литературы

1. Байгуужин, П.А. Функциональное состояние центральной нервной системы при воздействии слабоструктурированной информации / П.А. Байгуужин, Д.З. Шибкова // Человек. Спорт. Медицина. – 2017. – Т. 17, № 5. – С. 32–42.
2. Мантрова, И.Н. Методическое руководство по психофизиологической и психологической диагностике / И.Н. Мантрова. – Иваново: ООО «Нейрософт», 2007. – 216 с.
3. Николаева, Е.Н. Физиологическая оценка состояния центральной нервной системы студентов в период учебной деятельности / Е.Н. Николаева, О.Н. Колосова // Наука и образование. – 2017. – № 3. – С. 96–100.
4. Проблема социально-психологической адаптации обучающихся в современном образовательном пространстве / Э.М. Казин, Н.П. Абаскалова, Н.Э. Касаткина и др. // Сибир. пед. журнал. – 2020. – № 1. – С. 19–28.
5. Прохорова, А.М. Роль функциональной асимметрии мозга и силы нервных процессов в формировании адаптивных реакций у студентов: дис. ... канд. биол. наук / А.М. Прохорова. – Кемерово: 2005. – 167 с.
6. Функциональное состояние здоровья студентов 1 и 4 курсов факультета естествознания / С.С. Гречишкина, А.А. Кузьмин, Т.В. Чельщикова, С.А. Перепелица // Наука: комплексные проблемы. – 2019. – № 2 (14). – С. 4–13.

7. An evaluation of mental workload with frontal EEG / Winnie K.Y. So, Savio W.H. Wong, Joseph N. Mak, Rosa H.M. Chan // *PLoS One*. – 2017. – Vol. 12 (4). – e0174949. DOI: 10.1371/journal.pone.0174949

8. The Effect of Hurdling Performance on The Adaptive Profile of Cerebral Blood Flow in Vestibular Irritation / A.A. Semchenko, A.V. Nenasheva, S.M. Tayebi, A.V. Savchenkov // *Annals of Applied Sport Science*. – 2021. – No. 9 (4). – <http://aassjournal.com/article-1-1047-en.html>. DOI: 10.52547/aassjournal.1047

References

1. Baiguzhin P.A., Shibkova D.Z. The Functional State of the Central Nervous System when Exposed to Semi-Structured Information. *Human. Sport. Medicine*, 2017, vol. 17, no. S, pp. 32–42. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm170504

2. Mantrova I.N. *Metodicheskoe rukovodstvo po psikhofiziologicheskoy i psikhologicheskoy diagnostike* [Methodical Guidance on Psychophysiological and Psychological Diagnostics]. Ivanovo, LLC Neurosoft Publ., 2007. 216 p.

3. Nikolaeva E.N., Kolosova O.N. [Physiological Assessment of the State of the Central Nervous System of Students During the Period of Educational Activity]. *Nauka i obrazovaniye* [Science and Education], 2017, no. 3, pp. 96–100. (in Russ.)

4. Kazin E.M., Abaskalova N.P., Kasatkina N.E. et al. [The Problem of Social and Psychological Adaptation of Students in the Modern Educational Space]. *Sibirskiy pedagogicheskiy zhurnal* [Siberian Pedagogical Journal], 2020, no. 1, pp. 19–28. (in Russ.) DOI: 10.15293/1813-4718.2001.02

5. Prokhorova A.M. *Rol' funktsional'noy asimmetrii mozga i sily nervnykh protsessov v formirovani adaptivnykh reaktsiy u studentov*. Diss. Kand. [The Role of Functional Asymmetry of the Brain and the Strength of Nervous Processes in the Formation of Adaptive Reactions in Students. Diss. Cand. Sci.]. Kemerovo, 2005. 167 p.

6. Grechishkina S.S., Kuzmin A.A., Chelyshkova T.V., Perepelitsa S.A. [The Functional State of Health of 1st and 4th Year Students of the Faculty of Natural Sciences]. *Nauka: kompleksnyye problemy* [Science. Complex Problems], 2019, no. 2 (14), pp. 4–13. (in Russ.)

7. Winnie K.Y. So, Savio W.H. Wong, Joseph N. Mak, Rosa H.M. Chan. An Evaluation of Mental Workload with Frontal EEG. *PLoS One*, 2017, vol. 12 (4), e0174949. DOI: 10.1371/journal.pone.0174949

8. Semchenko A.A., Nenasheva A.V., Tayebi S.M., Savchenkov A.V. The Effect of Hurdling Performance on The Adaptive Profile of Cerebral Blood Flow in Vestibular Irritation. *Annals of Applied Sport Science*, 2021, no. 9 (4). Available at: <http://aassjournal.com/article-1-1047-en.html>. DOI: 10.52547/aassjournal.1047

Информация об авторах

Белоусова Наталья Анатольевна, доктор биологических наук, доцент, декан факультета математики, физики, информатики, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, Челябинск, Россия.

Мальцев Виктор Петрович, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры медико-биологических дисциплин и безопасности жизнедеятельности, Сургутский государственный педагогический университет, Сургут, Россия.

Семенова Мария Владимировна, кандидат биологических наук, доцент кафедры общей биологии и физиологии, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, Челябинск, Россия.

Семченко Антон Александрович, кандидат биологических наук, заместитель директора профессионально-педагогического института, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, Челябинск, Россия.

Information about the authors

Natalya A. Belousova, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Mathematics, Physics, Informatics, South Ural State Humanitarian and Pedagogical University, Chelyabinsk, Russia.

Viktor P. Maltsev, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Biomedical Disciplines and Life Safety, Surgut State Pedagogical University, Surgut, Russia.

Maria V. Semenova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of General Biology and Physiology, South Ural State Humanitarian and Pedagogical University, Chelyabinsk, Russia.

Anton A. Semchenko, Candidate of Biological Sciences, Deputy Director of the Professional Pedagogical Institute, South Ural State Humanitarian Pedagogical University, Chelyabinsk, Russia.

Статья поступила в редакцию 16.08.2022

The article was submitted 16.08.2022

СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КАК ИНСТРУМЕНТЫ ВЫЯВЛЕНИЯ УРОВНЯ АДАПТАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СТУДЕНТОВ

И.Ю. Анфилатов, laborstring@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8603-8672>

Н.С. Туманова, tumanova.ns@dvfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5801-446X>

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

Аннотация. Цель исследования: установить отличие антропометрических, гемодинамических параметров и показателей вегетативного тонуса между студентами, занимающимися и не занимающимися профессиональными видами спорта. **Организация и методы исследования.** Всего в исследовании приняли участие с их добровольного согласия 42 обучающихся мужского пола в возрасте от 19 до 24 лет. Благодаря данным анкетирования добровольцы были поделены на 2 группы: студенты-спортсмены (целевая группа) и студенты, не занимающиеся профессиональным спортом (контрольная группа). Были использованы следующие инструменты: ростометр, электронные весы и механический тонометр для антропометрического и гемодинамического исследования, а также психологические тест-опросники Спилберга – Ханина, Мадди и Карвера – Уайта. **Результаты и обсуждение.** В ходе проведенного исследования были выявлены статистически значимые различия между двумя группами, свидетельствующие о положительном влиянии активного образа жизни на физиологические и психологические показатели. Было проведено сравнение полученных результатов с данными других научных работ и выдвинуты гипотезы, объясняющие расхождение с данными других авторов. **Заключение.** Адаптационные возможности целевой группы оказались более развиты в сравнении с обычными студентами, из чего следует вывод, что программа мониторинга физиологических параметров, встроенная в электронный девайс, способна определить уровень физической подготовки своего пользователя.

Ключевые слова: спорт, антропометрия, гемодинамика, психологический опрос

Для цитирования: Анфилатов И.Ю., Туманова Н.С. Системы мониторинга как инструменты выявления уровня адаптационных возможностей студентов // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 4. С. 76–83. DOI: 10.14529/hsm220409

Original article
DOI: 10.14529/hsm220409

MONITORING SYSTEMS AS A TOOL FOR DETECTING STUDENTS' ADAPTIVE CAPABILITIES

I.Yu. Anfilatov, laborstring@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8603-8672>

N.S. Tumanova, tumanova.ns@dvfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5801-446X>

Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

Abstract. Aim. The purpose of the article was to find the difference in anthropometric, hemodynamic, and autonomic tone data between students with different levels of physical activity. **Materials and methods.** The study involved 42 male students, ages 19 to 24. All students provided their informed consent prior to the study. Based on survey results, all participants were divided into two groups: professional athletes and non-athletes, who were assigned to the main and control groups, respectively. The following equipment was used for anthropometric and hemodynamic measurements: a stadiometer, a digital weight scale, and a mechanical tonometer. The State-Trait Anxiety Inventory (STAI), Maddi, and Carver-White psychological inventories were used for psychological assessments. **Results.** Significant differences between the groups were found, indicating a positive effect of an active lifestyle on physiological and psychological health. The data obtained were compared with other studies in the area, and several suggestions

were put forward to address existing discrepancies. **Conclusion.** In the main group, higher values of adaptive capabilities were obtained compared to the control group. The results obtained show that a digital monitoring program allows for evaluating the fitness level of its user.

Keywords: sport, anthropometry, hemodynamic, psychological test

For citation: Anfilatov I.Yu., Tumanova N.S. Monitoring systems as a tool for detecting students' adaptive capabilities. *Human. Sport. Medicine.* 2022;22(4):76–83. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220409

Введение. Распространение электронных гаджетов и высокий общественный интерес к отслеживанию состояния собственного здоровья привели к появлению многочисленных фитнес-приложений и сервисов, а также разработке высокотехнологичных датчиков, встраиваемых в девайсы [7, 10]. Благодаря этому у людей появился доступ к некоторым мобильным системам мониторинга, способным показать динамику антропометрических, гемодинамических и прочих показателей в организме.

Общественный спрос на системы мониторинга возрос, но также возникает вопрос, способны ли в теории данные технологии выявить высокий уровень физической подготовленности у пользователя.

Цель исследования – установить отличие антропометрических, гемодинамических параметров и показателей вегетативного тонуса между студентами, занимающимися и не занимающимися профессиональными видами спорта.

Материалы и методы. В данном открытом рандомизированном исследовании приняли участие практически здоровые лица мужского пола в возрасте от 19 до 24 лет, обучающиеся в высшем учебном учреждении. Спектр манипуляций, проводимых над участниками в межсессионном периоде с февраля по апрель 2021 года, заключался в анкетировании, психологическом письменном опросе и антропометрии.

Бланк анкеты содержал общие вопросы об образе жизни, жилищных условиях, отношении к учебе, а также вопросы, связанные с общим здоровьем и спортом: занимается ли доброволец профессиональным видом спорта и наличие спортивного стажа. Основываясь на полученных данных, добровольцы были поделены на две группы:

1. Целевая группа – студенты-спортсмены, занимающиеся профессиональным спортом в период проведения научного исследования, имеющие спортивный стаж не менее

3 лет. Количество людей данной группы составило 22 человека; средний возраст группы составил 20 лет.

2. Контрольная группа – студенты, не занимающиеся профессиональным спортом на момент исследования или не имеющие спортивный стаж более 3 лет. Количество людей данной группы составило 20 человек; средний возраст группы составил 20 лет.

При наличии острого или хронического заболевания в состоянии обострения, неврологических или психических заболеваний, пороков сердца или заболеваний, приводящих к нарушению ритма сердца, доброволец не проходил на следующие этапы исследования.

Измерения антропометрических и кардиогемотинамических параметров производились при помощи ростомера, электрических весов и механического тонометра. Параметры, полученные на данном этапе: рост стоя, рост сидя, масса, систолическое и диастолическое артериальное давление, частота сердечных сокращений. На основе этих данных были рассчитаны интегральные показатели, которые демонстрировали более детальную оценку развития физического состояния добровольца.

Завершающим этапом служило заполнение психологических опросников: тест-опросник Спилберга – Ханина, Мадди и Карвера – Уайта.

Статистическое сравнение независимых выборок производилось с использованием непараметрического U-критерия Манна – Уитни в связи с небольшим объемом данных.

Исследование проводилось на базе департамента медицинской биохимии и биофизики Школы биомедицины ДВФУ. Легитимность проведения исследования подтверждена решением комитета по биомедицинской этике ДВФУ (выписка из протокола № 4 от 16.04.2021 г.).

Результаты исследования и обсуждение. При сравнительном анализе антропометрических данных студентов-спортсменов и

контрольной группы (табл. 1) были определены следующие статистически значимые различия: у целевой группы показатели роста стоя, массы тела, площади поверхности тела, индекса Борнгардта, весо-ростового индекса Кетле превышали значения контрольной группы ($p < 0,05$). Разница в показателях индекса Борнгардта объясняется большей мышечной массой у людей, занимающихся регулярной физической активностью, что также влияет на индекс Кетле: у группы студентов-спортсменов масса тела находилась в области, граничащей между нормой и избыточным уровнем, в то время как у контрольной группы данный показатель лежал в пределах средних значений нормы.

Такая картина связана с влиянием спортивной деятельности на организм человека, в частности с его адаптацией к регулярным физическим нагрузкам, направленной на более эффективное преодоление внешних и внутренних стрессовых факторов. В подтвержде-

ние этому в научной литературе можно найти работы, демонстрирующие эффект многолетней спортивной деятельности на тело человека: в работе Л.И. Каташинской, Л.В. Губановой и др. было показано влияние физкультурного образования на определенную группу студентов педагогического факультета [4], а в работе Т. Durmic, В. Popovic at al. была показана разница антропометрических показателей не только между спортсменами и обычными людьми, но и между спортсменами разных спортивных направлений (выносливость и сила) [9].

Результаты сравнительного анализа гемодинамики (табл. 2) показали, что у целевой группы значения частоты сердечных сокращений и минутного объема крови были значительно ниже, а показатель общего периферического сопротивления оказался выше, чем у контрольной группы ($p < 0,05$). Стоит отметить, что значение частоты сердечного сокращения у большинства студентов-спортсменов

Таблица 1
Table 1

Результаты антропометрии студентов-спортсменов и обычных студентов (n = 42)
Anthropometric data of athletes and non-athletes (n = 42)

Группа Group	Рост стоя Standing height	Рост сидя Sitting height	Коэффициент пропорциональности Standing height/sitting height ratio	Масса Body weight
Спортсмены Athletes n = 22	182,25* [175,50; 190,00]	94,75 [92,50; 98,50]	141,95 [139,84; 145,27]	79,00* [72,50; 86,30]
Контроль Non-athletes n = 20	177,00* [175,00; 182,00]	93,50 [91,00; 95,00]	139,79 [136,82; 142,77]	69,00* [59,25; 78,50]
	Индекс Борнгардта Borngardt index	Индекс массы тела Body mass index	Весо-ростовой индекс Кетле Quetelet index	
Спортсмены Athletes n = 22	69,27* [64,63; 72,98]	23,08 [21,76; 24,58]	423,22* [400,54; 465,24]	
Контроль Non-athletes n = 20	63,45* [59,42; 69,73]	22,06 [18,96; 24,25]	396,63* [335,19; 431,68]	
	Показатель Ропера Rohrer index	Площадь поверхности тела Body surface area	Отношение массы к площади Weight to surface ratio	
Спортсмены Athletes n = 22	12,36 [11,83; 13,54]	2,02* [1,90; 2,14]	38,82 [37,35; 40,14]	
Контроль Non-athletes n = 20	12,27 [10,76; 13,51]	1,83* [1,74; 2,01]	37,44 [33,64; 39,44]	

Примечание. Здесь и в табл. 2–5 * – $p < 0,05$ разница между группами достоверна.

Note. Here and in Table 2–5 * – $p < 0.05$ the difference between the groups is significant.

Таблица 2

Table 2

Результаты исследования гемодинамики студентов-спортсменов и обычных студентов (n = 42)
Hemodynamics in athletes and non-athletes (n = 42)

Группа Group	Систолическое артериальное давление Systolic blood pressure	Диастолическое артериальное давление Diastolic blood pressure	Частота сердечных сокращений Heart rate	Истинное пульсовое давление Pulse pressure	Среднее артериальное давление Mean arterial pressure
Спортсмены Athletes n = 22	120,0 [110,0; 120,0]	80,0 [70,0; 80,0]	56,85* [51,40; 63,50]	40,0 [40,0; 45,0]	92,375 [86,50; 93,20]
Контроль Non-athletes n = 20	117,5 [110,0; 120,0]	70,0 [70,0; 80,0]	66,3* [61,30; 77,25]	40,0 [37,5; 45,0]	88,15 [83,20; 93,23]
	Ударный объем Stroke volume	Минутный объем крови Minute volume	Двойное произведение Double product	Общее периферическое сопротивление сосудов Total peripheral vascular resistance	
Спортсмены Athletes n = 22	60,55 [58,80; 67,20]	3,57* [3,08; 4,21]	65,64 [54,36; 77,04]	2064,00* [1620,75; 2410,51]	
Контроль Non-athletes n = 20	64,85 [60,00; 69,35]	4,13* [3,73; 4,86]	78,42 [69,03; 88,33]	1637,55* [1428,46; 1922,98]	
	Вегетативный индекс Кердо Kerdo index	Коэффициент вариации Coefficient of variation	Уровень физического состояния Physical status	Адаптационный потенциал системы кровообращения Adaptive potential of the circulatory system	
Спортсмены Athletes n = 22	-35,14* [-54,44; -15,38]	13,61* [12,84; 14,93]	0,80* [0,76; 0,90]	1,97 [1,82; 2,11]	
Контроль Non-athletes n = 20	-10,23* [-26,54; -0,68]	17,30* [14,40; 19,84]	0,74* [0,65; 0,78]	2,03 [1,89; 2,16]	

соответствовало брадикардии (менее 60 ударов в минуту). Это объясняется анатомо-физиологической перестройкой сердца у атлетов, способствующей повышению эффективности доставки кислорода по организму, в особенности в период преодоления максимальных нагрузок [3].

При анализе вегетативного индекса Кердо можно отметить, что у целевой группы его значение находится в пределах выраженной парасимпатикотонии (менее -31), в то время как у контрольной группы данный показатель характеризуется уравновешенной активностью симпатических и парасимпатических влияний (от -15 до +15). Из этого следует, что у студентов-спортсменов преобладает быстроволновая вегетативная регуляция, что характерно для высокотренированных людей.

Уровень физического состояния у обеих групп находился в пределах выше средних значений (0,676–0,825). Такие результаты, ве-

роятно, связаны с наличием в высшем учебном учреждении занятий физической культурой. У профессиональных студентов-спортсменов более высокое значение данного показателя может быть связано с усиленной нагрузкой программы тренировок, разработанных согласно требованиям, диктуемым современными стандартами профессионального спорта.

Значение коэффициента вариации у целевой группы находилось в пределах нормальных значений (12–15 у. е.), что характерно для хорошей натренированности сердечнососудистой системы и ее готовности к сложным профессиональным нагрузкам. У группы обычных студентов данный показатель превысил границу нормальных значений, что свидетельствует о детренированности сердечнососудистой системы. Разница интерпретаций уровня физического состояния и коэффициента вариации может быть связана с неполным выполнением студентами нагрузок, требу-

мых от преподавателей физической культуры, что приводит к недостаточному положительному влиянию соответствующих занятий вне зависимости от их наличия в образовательной программе.

Анализ результатов психологического опросника Спилберга – Ханина показал более низкий уровень ситуативной ($p > 0,05$) и личностной тревожности ($p < 0,05$) у студентов-спортсменов (табл. 3). Из этого следует, что обычные студенты более восприимчивы к негативным стрессовым влияниям и более склонны к кумуляции отрицательного эмоционального напряжения.

В работе М.Ю. Бурыкиной [2] автор утверждает, что добровольцы с высоким уровнем личностной тревожности требовательнее, имеют более хорошую успеваемость и относятся к выполнению задач более ответственно, нежели студенты с низким уровнем данного показателя.

Также в научной литературе можно найти работы, иллюстрирующие зависимость показателей тревожности как от кратковременных внешних факторов (этапа спортивной подготовки), так и от долгосрочных (спортивного ранга и степени квалифицированности спортсмена) [5]. Из этого следует, что показатели

тест-опросника Спилберга – Ханина могут значительно различаться в зависимости от периода проведения психологического опроса, что определенно стоит принимать во внимание.

Результаты психологического тестирования Мадди показали, что у целевой группы значения жизнестойкости и двух составляющих ее компонентов значительно выше, нежели у группы контроля ($p < 0,05$) (табл. 4). Исходя из этого, студенты-спортсмены более приспособлены к окружающему миру и способны выдерживать стрессовую ситуацию, при этом сохраняя внутреннюю сбалансированность и не снижая успешности деятельности. В работе М.Г. Чухровой и др. также наблюдается высокий уровень жизнестойкости среди спортсменов [1]. В данной статье авторы связывают данную картину с психологической трансформацией: агрессивность как ранний катализатор больших энергетических затрат у спортсменов сублимируется в жизнестойкость. Вполне вероятно, регулярные физические тренировки функционально подготавливают нервную систему к преодолению любых внешних (физических) и внутренних (эмоциональных) нагрузок, разжигают интерес к участию в регулярных соревновательных мероприятиях и так далее [6].

Таблица 3
Table 3

Результаты исследования уровней личностной и ситуативной тревожности студентов
согласно тестированию Спилберга – Ханина ($n = 42$)
Personal and situational anxiety in students as measured by the State-Trait
Anxiety Inventory (STAI) ($n = 42$)

Группа Group	Ситуативная тревожность Situational anxiety	Личностная тревожность Personal anxiety
Спортсмены Athletes $n = 22$	28,5 [26,0; 41,0]	34,0* [27,0; 41,0]
Контроль Non-athletes $n = 20$	34,0 [30,5; 41,0]	41,0* [36,0; 46,0]

Таблица 4
Table 4

Результаты исследования компонентов жизнестойкости у студентов
согласно тестированию Мадди ($n = 42$)
Hardiness in students as measured by the Maddi test ($n = 42$)

Группа Group	Вовлеченность Commitment	Контроль Control	Принятия риска Challenge	Жизнестойкость Hardiness
Спортсмены Athletes $n = 22$	41,0* [35,0; 45,0]	38,0* [33,0; 42,0]	18,0 [17,0; 22,0]	100,0* [87,0; 106,0]
Контроль Non-athletes $n = 20$	36,0* [27,0; 40,0]	32,0* [25,0; 35,0]	16,5 [14,5; 21,0]	79,5* [68,5; 92,0]

Таблица 5
Table 5

Результаты исследования компонентов мотивации поведения у студентов
согласно тестированию Карвера – Уайту (n = 42)
Behavior motivation in students as measured by the Carver-White test (n = 42)

Группа Group	BAS: настойчивость Drive	BAS: удовольствие Fun Seeking	BAS: награда Reward Responsiveness	Поведенческое торможение Behavioral Inhibition System
Спортсмены Athletes (n = 22)	12,0 [11,0; 13,0]	11,0 [10,0; 13,0]	18,0 [15,0; 19,0]	7,0* [5,0; 11,0]
Контроль Non-athletes (n = 20)	11,0 [8,5; 12,0]	11,0 [10,0; 13,5]	16,5 [14,0; 18,0]	15,5* [10,0; 19,5]

Примечание. BAS – поведенческий подход.

Note. BAS – Behavioral Activation System.

Анализ психологического тестирования Карвера – Уайта не показал разницы между исследуемыми группами по эффективности воздействия положительных составляющих мотиваций на поведение, однако негативная мотивация более чем вдвое меньше влияет на поведение студентов-спортсменов, чем у контрольной группы (табл. 5). Избегание неприятных последствий для обычных студентов – во многом более сильная мотивация, нежели для целевой группы. Данная картина объясняется недостаточной моральной устойчивостью к внезапно возникающим стрессовым факторам, таким как внеплановые внутренние зачеты и сопутствующее этому увеличение учебной нагрузки. В научной литературе можно найти сведения о растущей по мере взросления роли негативных стимулов в поведении людей [8], из чего можно предположить, что для студентов степень влияния отрицательной мотивации связана с возрастом.

Одинаковый уровень настойчивости и поиска награды можно связать со свойственными для многих студентов характеристиками. Для данного социально активного и трудолюбивого общественного класса присуще поведение, направленное на получение награды, в частности хорошей успеваемости и связанной с ней стипендией, а также настойчивостью, способствующей многолетней интеллектуальной работе, по поиску, обработке и запоминанию различного рода информации.

Заключение. В результате проведенного исследования были выявлены статистически значимые различия между группами студентов, занимающихся и не занимающихся профессиональным спортом. Для этого использо-

вался ряд методов, применяемых для мониторинга физического и психологического здоровья. Адаптационные возможности целевой группы оказались более развиты в сравнении с обычными студентами. Активный образ жизни способствует большей стрессоустойчивости к окружающим негативным факторам, натренированности сердечно-сосудистой системы, а также более высокой активности вегетативной нервной системы.

При надлежащей настройке системы мониторинга могут зафиксировать физиологические параметры для определения уровня физической подготовки пользователей, однако необходимо увеличить информационную базу для проведения стандартизации данных.

Принимая во внимание распространенность электронных гаджетов со встроенными измерительными датчиками и программами мониторинга общей физической активности и физиологических показателей, стоит задуматься о возможности их применения для исследования большой доли населения. Полученного в результате этого исследования массива данных может быть достаточно для изучения общего физиологического статуса населения и его уровня физической подготовки, а также формирования универсальных и специализированных функциональных стандартов.

Авторы статьи выражают благодарность Горькавой Анне Юрьевне (к.м.н., доцент департамента фундаментальной медицины) и Дац Алине Александровне за участие и помощь в проведении научно-исследовательской работы «Психофизиологический статус и адаптационные возможности организма студентов».

Список литературы

1. Анализ жизнестойкости в контексте агрессивности личности / М.Г. Чухрова, О.Е. Митрофанова, Т.А. Филь и др. // Мир науки, культуры, образования. – 2018. – № 5 (72). – С. 359–362.
2. Бuryкина, М.Ю. Особенности тревожности студентов бакалавриата педагогического профиля / М.Ю. Бuryкина // Междунар. журнал медицины и психологии. – 2020. – Т. 3, № 1. – С. 62–68.
3. Влияние динамических и статических физических нагрузок на показатели внутрисердечной гемодинамики и физической работоспособности у квалифицированных спортсменов / Н.П. Гарганеева, И.Ф. Таминова, Л.И. Тюкалова и др. // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2015. – Т. 14, № 5. – С. 60–66.
4. Динамика психофизиологических характеристик и физической подготовленности студентов физкультурного факультета педагогического вуза / Л.И. Каташинская, Л.В. Губанова, Е.В. Ермакова и др. // Человек. Спорт. Медицина. – 2019. – Т. 19, № 4. – С. 29–36.
5. Оценка уровня тревожности и параметров сердечно-сосудистой системы спортсменов различной квалификации / Н.В. Турбасова, А.С. Булыгин, И.Ю. Ревнивых и др. // Человек. Спорт. Медицина. – 2019. – Т. 19, № 4. – С. 14–19.
6. Ярлыкова О.В. Физическая культура в жизни студентов / О.В. Ярлыкова, Е.В. Сапронова, В.В. Сапронова // Гуманитар. науч. журнал. – 2017. – № 1. – С. 141–144.
7. Lizandra, J. Use of mobile devices as a facilitator of the practice of physical activity in physical education lessons: experience in higher education / J. Lizandra, T. Valverde-Esteve, X. García-Massó // Journal of Physical Education and Sport. – 2020. – Vol. 20, no. 6. – P. 3629–3634.
8. The Relationship Between Behavioral Inhibition and Behavioral Activation Systems, Impulsiveness, and Internet Gaming Disorder Among Students of Different Ages / H. Xiang, X. Tian, Y. Zhou et al. // Front. Psychiatry. – 2021. – Vol. 11. – P. 6.
9. The training type influence on male elite athletes' ventilator function / T. Durmic, B. Lazovic Popovic, M. Zlatkovic Svenda et al. // BMJ Open Sport Exerc Med. – 2017. – Vol. 3. – P. 5.
10. Widawska-Stanis, A. Use of modern technologies as a tool to support measures promoting physical activity – differences according to the gender of respondents / A. Widawska-Stanis // Journal of Physical Education and Sport. – 2020. – Vol. 20 (Supplement issue 5). – P. 3002–3009.

References

1. Chukhrova M.G., Mitrofanova O.E., Fil' T.A. et al. [Analysis of Hardiness in the Context of Personality Aggressiveness]. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya* [World of Science, Culture, Education], 2018, no. 5 (72), pp. 359–362. (in Russ.)
2. Burykina M.Yu. [Peculiarities of Anxiety in Bachelor Students of Pedagogical Profile]. *Mezhdunarodnyy zhurnal meditsiny i psikhologii* [International Journal of Medicine and Psychology], 2020, vol. 3, no. 1, pp. 62–68. (in Russ.)
3. Garganeyeva N.P., Taminova I.F., Tyukalova L.I. et al. [Influence of Dynamic and Static Physical Loads on Intracardiac Hemodynamics and Physical Performance in Qualified Athletes]. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika* [Cardiovascular Therapy and Prevention], 2015, vol. 14, no. 5, pp. 60–66. (in Russ.) DOI: 10.15829/1728-8800-2015-5-60-66
4. Katashinskaya L.I., Gubanova L.V., Ermakova E.V. et al. Dynamics of Psychophysiological Characteristics and Physical Readiness of Students of the Physical Culture Department of a Pedagogical University. *Human. Sport. Medicine*, 2019, vol. 19, no. 4, pp. 29–36. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm190404
5. Turbasova N.V., Bulygin A.S., Revnivykh I.Yu. et al. Assessment of the Level of Anxiety and Parameters of the Cardiovascular System of Athletes of Various Qualifications. *Human. Sport. Medicine*, 2019, vol. 19, no. 4, pp. 14–19. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm190402
6. Yarlykova O.V., Sapronova E.V., Sapronova V.V. [Physical Culture in the Life of Students]. *Gumanitarnyy nauchnyy zhurnal* [Humanitarian Scientific Journal], 2017, no. 1, pp. 141–144. (in Russ.)
7. Lizandra J., Valverde-Esteve T., García-Massó X. Use of Mobile Devices as a Facilitator of the Practice of Physical Activity in Physical Education Lessons: Experience in Higher Education. *Journal of Physical Education and Sport*, 2020, vol. 20, no. 6, pp. 3629–3634.

8. Xiang H., Tian X., Zhou Y. et al. The Relationship Between Behavioral Inhibition and Behavioral Activation Systems, Impulsiveness, and Internet Gaming Disorder Among Students of Different Ages. *Front. Psychiatry.*, 2021, vol. 11, p. 6. DOI: 10.3389/fpsy.2020.560142

9. Durmic T., Lazovic Popovic B., Zlatkovic Svenda M. et al. The Training Type Influence on Male Elite Athletes' Ventilator Function. *BMJ Open Sport Exerc Med.*, 2017, vol. 3, p. 5. DOI: 10.1136/bmjsem-2017-000240

10. Widawska-Stanisiz A. Use of Modern Technologies as a Tool to Support Measures Promoting Physical Activity – Differences According to the Gender of Respondents. *Journal of Physical Education and Sport*, 2020, vol. 20, iss. 5, pp. 3002–3009.

Информация об авторах

Анфилатов Илья Юрьевич, студент департамента медицинской биохимии и биофизики Института наук о жизни биомедицины, Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия.

Туманова Наталья Сергеевна, кандидат медицинских наук, доцент департамента медицинской биохимии и биофизики Института наук о жизни биомедицины, Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия.

Information about the authors

Ilya Yu. Anfilatov, Undergraduate Student, Department of Medical Biochemistry and Biophysics, Institute of Life Science and Biomedicine, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia.

Natalya S. Tumanova, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Department of Medical Biochemistry and Biophysics, Institute of Life Science and Biomedicine, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia.

Статья поступила в редакцию 19.09.2022

The article was submitted 19.09.2022

Спортивная тренировка Sports training

Научная статья

УДК 611.229

DOI: 10.14529/hsm220410

МЫШЕЧНАЯ АКТИВАЦИЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ УПРАЖНЕНИЙ С ЭЛАСТИЧНЫМИ БЭНДАМИ И СВОБОДНЫМИ ВЕСАМИ

Г.И. Семёнова, galsem@list.ru, <http://orcid.org/0000-0003-0193-1416>

П.А. Григорьев, petrgr_kris@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6479-8440>

И.В. Еркомайшвили, irerk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5255-406X>

Т.М. Лебедихина, tm7783@yandex.ru

И.М. Добрынин, dobry-66@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5726-6219>

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

Аннотация. Цель исследования: сравнить мышечную активацию в трех классических упражнениях при выполнении упражнений с эластичными бэндами-резинками и свободными весами. **Материалы и методы.** Уровень мышечной активности был измерен у 15 мужчин среднего возраста (33–45 лет) способом поверхностной электромиографии, где все упражнения и нагрузки с отягощением эластичными бэндами и свободными весами были сопоставлены с использованием 10-повторных максимальных нагрузок. **Результаты.** В нашем исследовании эластичные бэнды вызвали незначительное понижение мышечной активности в мышцах, которые большинство людей стремятся активировать во время разведения и обратного отведения плеча, а именно большой грудной мышцы и задней дельтовидной мышцы соответственно. Тем не менее эластичные бэнды существенно увеличивают уровень мышечной активации в воспринимаемых вспомогательных мышцах, то есть в передней дельтовидной мышце, а также в средней и трапециевидной дельтовидных мышцах, возможно, из-за того, что эластичные бэнды являются более нестабильным способом сопротивления. Также в упражнении Biceps Curl (сгибание руки в локтевом суставе с отягощением) существенное различие было в активации двуглавой мышцы плеча. При упражнении Row (тяга к груди) не было замечено существенных различий в разнице активации. **Заключение.** В целом результаты показывают, что эластичные бэнды могут быть успешно применены как замена или дополнение к традиционному силовому тренингу: при правильном использовании они безопасны и эффективны.

Ключевые слова: силовой тренинг, гантели, эластичные бэнды, плечевой пояс, электромиограф, мышечная активация

Для цитирования: Мышечная активация при выполнении упражнений с эластичными бэндами и свободными весами / Г.И. Семёнова, П.А. Григорьев, И.В. Еркомайшвили и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 4. С. 84–91. DOI: 10.14529/hsm220410

Original article
DOI: 10.14529/hsm220410

MUSCLE ACTIVATION DURING EXERCISE WITH RESISTANCE BANDS AND WEIGHTS (DUMBBELLS)

G.I. Semenova, galsem@list.ru, <http://orcid.org/0000-0003-0193-1416>,
P.A. Grigoriev, petrgr_kris@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6479-8440>,
I.V. Erkomaishvili, irerk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5255-406X>,
T.M. Lebedikhina, tm7783@yandex.ru
I.M. Dobrynin, dobry-66@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5726-6219>

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

Abstract. Aim. To compare muscle activation during 3 traditional exercises with resistance bands and dumbbells. **Materials and methods.** Muscle activity was measured in 15 men aged 33–45 by surface electromyography. All physical activities with resistance bands and dumbbells were compared with the 10-repetition maximum test. **Results.** Resistance bands caused a slight decrease in muscle activity in the pectoralis major and posterior deltoid. However, resistance bands significantly increase muscle activation in the perceived accessory muscles, namely the anterior deltoid and the middle and trapezius deltoid muscles. This can be explained by the fact that resistance bands are a more unstable method of resistance. During the Biceps Curl test, there was a significant difference in the activation of the Biceps Brachii. During the rowing exercise, no significant difference in activation was observed. **Conclusion.** The results obtained showed that resistance bands could be successfully used instead of or together with traditional strength training and were safe and effective when used correctly.

Keywords: strength training, dumbbells, resistance bands, shoulder girdle, electromyograph, muscle activation

For citation: Semenova G.I., Grigoriev P.A., Erkomaishvili I.V., Lebedikhina T.M., Dobrynin I.M. Muscle activation during exercise with resistance bands and weights (dumbbells). *Human. Sport. Medicine.* 2022;22(4):84–91. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220410

Введение. Регулярные тренировки с отягощениями, как известно, являются распространенными средствами для укрепления здоровья и развития мышечной массы, а также тренировки и совершенствования баланса [4, 5]. Однако ограничения, связанные с обычным оборудованием в процессе тренировок с отягощениями, могут сдерживать специалистов и самих занимающихся от использования этой формы занятий [2]. Как правило, штанги, гантели и тренажеры с отягощениями являются тяжелыми и занимают большое пространство. Более того, у многих людей нет возможности заниматься физическими упражнениями в фитнес-центре. Поэтому они активно ищут альтернативу занятиям в тренажерном зале, предпочитая тренироваться самостоятельно, на улице или дома.

Альтернативным способом тренировки с отягощениями является использование эластичных лент (бэндов), которые занимают мало места, легки и портативны [12]. Когда

используются штанги, гантели или обычные тренажеры, внешнее сопротивление не изменяется во время диапазона движений. С другой стороны, упругое сопротивление, обеспечиваемое эластичными лентами-бэндами, будет увеличиваться с удлинением ленты-амортизатора [1].

Эластичное сопротивление дает несколько потенциальных преимуществ, которые перевешивают преимущества свободных весов. Это дополнительные функции, которые включают в себя функциональную силу, предотвращение травм, больший прирост мышечной силы и взрывной способности, а также удобство использования, особенно дома или во время путешествий [11]. Также при использовании в ходе тренировки эластичных бэндов увеличивается возможность включения в работу латеральных упражнений (на одной ноге или руке), что позволяет включать в работу больше мышц-стабилизаторов. Еще одним преимуществом работы с эластичными лен-

тами является использование большинства упражнений во всех трех плоскостях (сагиттальная, горизонтальная, фронтальная) [19].

Информация, которую получает мозг от суставов во время выполнения какого-либо движения, как было установлено американскими учеными [12, 20], чрезвычайно важна. И большая часть информации передается через нервные окончания (механорецепторы) [6, 17]. Добавление нагрузки во время упражнений на мобильность, или использование внешних источников нагрузки, таких как ленты, может увеличить количество механорецепторов, задействованных в упражнении, и, как результат, может сгенерировать лучшую информацию, которая будет получена мозгом и будет потенциально являться преимуществом для развития силы, через упражнения на мобильность.

Еще одним преимуществом использования этих типов лент без ручек является то, что руки и хват, который необходим при удержании ленты, активируется на протяжении всей серии, независимо от того, на каком суставе вы сосредоточены. Это является очень полезным инструментом для людей, которые хотят увеличить силу хвата.

Использование тренировки с эластичным отягощением (бэндом) в качестве тренировочного метода и инструмента для реабилитации стало популярным в 1980 году и в последние годы растет [3]. Его преимущества включают улучшенную функциональную способность, увеличенную силу и выносливость с повышенной активацией мышц, а также улучшенный состав тела после комбинирования тренировок с весами [1, 2]. Кроме того, он практичен в использовании, имеет низкую стоимость и может использоваться в различных целях и местах [12].

Исследования продемонстрировали аналогичные результаты в тренировочной реакции с использованием обычных тренировок с отягощениями и бэндами в разных группах населения. В одном исследовании, опубликованном в выпуске американского журнала спортивной медицины за 1998 год [19], сообщается, что теннисистки, которые тренировались с эластичными лентами, значительно увеличили силу плеч, а также скорость подачи в теннисе по сравнению с теннисистками, не использующими эластичные бэнды [2]. Другое исследование, проведенное в Университете штата Луизиана (Новый Орлеан), об-

наружило, что программа тренировок с эластичными бэндами укрепляет вращающие мышцы манжеты у играющих в бейсбол лучше, чем программа, в которой используются гантели как основной инструмент увеличения силы, а также использование силовых тренажеров [2]. Было выявлено, что упругое сопротивление не зависит от силы тяжести, также можно перенаправить акцент на работающие мышцы во время упражнения, изменив линию натяжения трубки или лент на середине бэнда [2]. Исследование, проведенное в Университете Бригама Янга, представило конкретный пример этого, доказав, что акцент на квадрицепсы и подколенные сухожилия во время приседаний и шаговых упражнений с эластичным сопротивлением менялся именно тогда, когда испытуемые меняли направление движения [16].

В нескольких исследованиях, основанных на эффективности данного типа тренинга, использовалась поверхностная электромиография (ЭМГ) для сравнения активации мышц при выполнении упражнений с отягощениями с использованием как эластичного, так и обычного сопротивления (гантели, штанги, тренажеры) [1]. Некоторые из этих исследований показывают, что при сопоставлении относительного сопротивления (такой же процент от максимума за одно повторение) аналогичные уровни мышечной активации могут быть достигнуты для мышц, которые участвуют в данном упражнении. [2, 9], в то время как другие считают, что обычное сопротивление, вызываемое лентами, не является значительным [2, 3].

Также было обнаружено, что паттерны (повторяющиеся движения) мышечной активации различаются между эластичными лентами и обычными тренировочными упражнениями с отягощениями с более высокой мышечной активностью для обычного и эластичного сопротивления в разных фазах сокращения [16]. Как правило, мышечная активность, вызванная обычным оборудованием, выше, чем эластическое сопротивление в начале концентрической фазы сокращения, в то время как ближе к концу (когда полоса удлиняется) уровни мышечной активности более схожи. Однако на это влияет «точка преткновения» рассматриваемого упражнения [8]. Мертвая точка обычно известна как точка в диапазоне движения (ROM), когда человек испытывает достаточно большое увеличение

сложности выполнения движения [7], и является слабым местом с точки зрения эффективности в упражнениях с отягощениями [14]. В движениях, когда «точка преткновения» возникает на ранней стадии концентрического ПЗУ с обычным сопротивлением, можно предположить, что конечная точка в диапазоне движения возникает позже в фазе движения с помощью эластичных лент из-за постепенно увеличивающегося внешнего сопротивления, но, насколько нам известно, это не проверено экспериментально, что и предстоит узнать далее [14].

В нашем исследовании сравнивались между собой такие многосуставные и односуставные упражнения, как Chest Press (жим от груди), Biceps Curl (сгибание рук на бицепс) и Row (тяга) [11]. Изучались результаты обеих фаз движения – концентрической и эксцентрической. Все движения осуществлялись в сагиттальной плоскости.

Предполагается, что тренировка с бэндами дает аналогичные или даже более существенные улучшения производительности, по сравнению с отягощением (гантели), потому что данный метод тренировки предъявляет более высокие требования к нервно-мышечной системе (то есть во время тренировки необходима дополнительная суставная и постральная стабильность), а также необходимо добиться определённого уровня мобильности суставов, чтобы мозг получал более качественную информацию о движении, которое его просят выполнить [18].

На сегодняшний день недостаточно научных данных о мышечной активности, измеренной одновременно по нескольким различным типам упражнений. Необходимо провести больше исследований по эффективности данного метода (тренировка с бэндами) для того, чтобы дать тренерам-реабилитологам, спортивным тренерам и тренерам по фитнесу рекомендации и улучшить качество их работы, привнести новизну в тренировочный и физкультурно-оздоровительный процесс, а также заинтересовать потенциальных посетителей фитнес-залов различными новшествами в сфере фитнеса [6, 7].

Цель исследования состояла в том, чтобы оценить различия в уровнях мышечной активности, вызванные эластичными бэндами и упражнениями с гантелями, в трех упражнениях – Chest Press (жим от груди), Biceps Curl (сгибание на бицепс) и Row (тяга) [11].

Материалы и методы. В ходе данного исследования использовались такие методы, как анализ литературы, тестирование, педагогический эксперимент, методы математико-статистической обработки. В исследовании принимали участие 15 взрослых здоровых людей (мужчины) в возрасте от 33 до 45 лет с примерно одинаковой комплекцией тела.

Исследование проходило с помощью электромиографа двумя способами:

- 1) с помощью накожных электродов;
- 2) стимуляционной электромиографии – при искусственной стимуляции нерва или органов чувств. Это позволяет исследовать нервно-мышечную передачу, рефлекторную деятельность, определить скорость проведения возбуждения по мышце.

Каждый из испытуемых имел 16 предварительно закрепленных беспроводных поверхностных ЭМГ-электродов, расположенных на двух сторонах каждой мышцы из нижеперечисленных: большой грудной мышцы (PM), средней дельтовидной мышцы (MD), передней дельтовидной мышцы (DA), задней дельтовидной мышце (DP), двуглавой мышцы плеча (BB), прямой мышцы живота (RA), широчайшей мышцы спины (LD), мышц-разгибателей позвоночника (ES) и средней трапециевидной / ромбовидной мышцы (MT).

Каждому участнику было предложено осуществить 3 классических упражнения: Chest Press (жим от груди), Biceps Curl (сгибание рук на бицепс) и Row (тяга). Все участники выполняли сначала упражнения с гантелями (по весу подобранные соответственно 10-RM-тесту), а затем те же самые упражнения с резиновыми бэндами.

Мышечная активация оценивалась в упомянутых выше упражнениях сначала с отягощением, а потом с бэндами. Среднеквадратичное значение (RMS) каждой стороны для каждой мышцы усредняли для анализа данных.

Исследование проходило в июле 2020 года на базе одной из фитнес-студий города Пекина, Китай.

Критерии участия в исследовании были следующие:

1. Понимание инструктажа и умение читать на английском языке.
2. Возраст 33–45 лет.
3. Мужской пол.
4. Отсутствие серьезных травм и операций за последние 3 года.
5. Размер кожной складки живота менее

34 мм для предотвращения импеданса, влияющего на считывание ЭМГ мышц живота. Эта мера складки кожи была выбрана произвольно, чтобы гарантировать, что субъекты имели содержание жира ниже 24 %.

Перед началом тестирования все участники прошли оценку силовых возможностей с помощью теста 10-RM. Все участники посетили две сессии для ознакомления и оценки силы. На этих занятиях они выполнили протокол теста 10-RM, в котором мы определили нагрузку, с которой участники смогли выполнить 10 повторений, но не более, чтобы согласовать нагрузку от эластичных лент с нагрузкой от гантелей для последующей активации мышц по методике ЭМГ.

Всего участники посетили четыре тестовые занятия. Протокол 10-RM выполнялся на первом и втором сеансе с использованием резинок в один день и гантелей в другой. Участникам было рекомендовано воздерживаться от силовых упражнений в течение как минимум трех дней подряд перед тестами 10-RM. Перед тестом 10-RM демонстрировалось правильное выполнение, и участники практиковали технику до тех пор, пока она не могла быть выполнена должным образом. В дальнейшем нагрузку постепенно увеличивали. Перед тем как выполнять существенно большие нагрузки, необходимо было выполнить как минимум два подхода с относительно низким сопротивлением. Чтобы избежать мышечной усталости, участникам предлагалось остановиться, если нагрузка была достаточно легкой для выполнения более 10 повторений. При упругом сопротивлении нагрузкой манипулировали, изменяя и/или увеличивая количество полос и/или изменяя расстояние между участником и точкой привязки. Комбинация полос (бэндов) и расстояния была записана для всех участников, чтобы можно было повторить нагрузку для ЭМГ и выборки движения. Как рекомендовал производитель, эластичные ленты были предварительно растянуты и никогда не растягивались более 300 % длины расслабления.

Испытуемые выполняли поочередно 6 упражнений: три упражнения с гантелями и три с резиновыми бэндами, с 1 минутой перерыва между упражнениями.

Сигнал ЭМГ регистрировали на протяжении всего выполнения каждого упражнения для сравнения активации мышц посредством нормализованного среднеквадратичного зна-

чения (RMS) между упражнением с гантелями и аналогичным упражнением с бэндами.

Во время пятисекундного мышечного сокращения данные ЭМГ собирали с помощью EMG comparison (Delsys Inc., с частотой дискретизации 1600 Гц и фильтровали через Butterworth 2-полосовой фильтр порядка (частота среза: 100–300 Гц, 140 дБ/дек.). Сигнал от каждой мышцы с каждой стороны был усреднен для представления группы мышц на двусторонней основе. Средние три секунды каждой пятисекундной фазы рассматривались для мышечного изометрического сокращения (RIC). Порядок выполнения контрольных упражнений был рандомизирован для каждого человека с перерывом в одну минуту между каждым упражнением.

Полученные данные анализировались с использованием SPSS версии 23 для Windows. Доверительные интервалы и стандартные отклонения RMS и RIC (в %) были получены для каждой группы мышц. Коэффициенты корреляции между переменными для каждого упражнения были больше 0,7. Последующий анализ для каждой мышцы с использованием корректировок выполнялся, когда MANOVA была статистически значимой ($p \leq 0,05$).

Среднеквадратичное значение (RMS) каждой стороны для каждой мышцы было усреднено для анализа данных. Многофакторный дисперсионный анализ (MANOVA) для каждого упражнения с аналогичным сравнением был проведен для сравнения активации мышц между каждым упражнением с гантелями и его аналогом с резиновым бэндом.

Результаты. При сравнении всех упражнений анализатор MANOVA показал статистически значимую большую активацию мышц во время упражнений с тренировочными бэндами (как минимум в одной группе мышц) [10, 11, 13]. После анализа всех упражнений данный анализатор выявил статистически значимое увеличение мышечной активации для следующих мышц во время тестирования:

- во время упражнения Chest Press – DA ($p = 0,188$); MD (0,086);

- в упражнении Biceps Curl – BB (1,035), DA ($p = 0,027$) (где DA – Deltoid Anterior (передняя дельтовидная мышца), MD – Medium Deltoids (средняя дельтовидная мышца), BB – Biceps Brachialis (двуглавая мышца плеча) и LD – Latissimus Dorsi (широчайшая мышца спины) [19];

- во время упражнения Row разница была

либо незначительна, кроме одной группы мышц, где разница при активации мышечной группы была в пользу гантелей: LD ($p = 0,198$).

Таким образом, проведенное исследование показало, что силовые упражнения с тренировочными бэндами повышают мышечную активацию выбранных нами мышц гораздо больше в сравнении с аналогичными упражнениями с гантелями (на тренировочной скамье и стоя).

Однако следует заметить, что данный тип тренировок подходит только здоровым и готовым к этому людям, а также требует правильного положения осанки и верной техники упражнений [15]. Также наше исследование показало, что использование электромиографа в работе тренера может быть полезным, например, в поисках сравнения мышечной активации при выборе различных упражнений, а также в поиске новых тренировочных средств и методов, используемых в реабилитации [14].

Заключение. Данные этого исследования показывают, что тренировки с отягощениями с использованием эластичных устройств обеспечивают аналогичную мышечную активацию по сравнению с тренировками с отягощениями, выполняемыми с использованием

тренировочных бэндов. Эти результаты позволяют тренерам, физиотерапевтам и даже пациентам выбирать устройства с низкими затратами, простыми в обращении, которые можно использовать в разных местах (например, эластичные устройства), для поддержания и увеличения мышечной силы.

Результаты этого исследования показали увеличение мышечной активации верхних конечностей и основных мышц при выполнении упражнений с использованием резиновых бэндов. Также следует отметить, что увеличение мышечной активации во время данных упражнений было характерно как минимум для двух упражнений вне зависимости от положения и нагрузки на устройство.

Однако следует помнить о том, что бэнды имеют ряд противопоказаний и правил:

- нельзя использовать бэнды, если имеется аллергия на изделия из резины;
- важно положение позвоночника и позиция конечностей при выполнении упражнения (соблюдение техники упражнения);
- необходима правильная разминка перед началом упражнений;
- важен правильный подбор сопротивления.

Список литературы / References

1. Aboodarda S.J., Hamid M.A., Muhamed A.M.C. Resultant Muscle Torque and Electromyographic Activity During High Intensity Elastic Resistance and Free Weight Exercises. *European Journal of Sport Science*, 2013, vol. 13, pp. 155–163. DOI: 10.1080/17461391.2011.586438
2. Aboodarda S.J., Shariff M.H.M., Muhamed A.M.C. et al. Electromyographic Activity and Applied Load During High Intensity Elastic Resistance and Nautilus Machine Exercises. *Journal of Human Kinetics*, 2011, vol. 30, pp. 5–12. DOI: 10.2478/v10078-011-0067-0
3. Abrahin O., Rodrigues R.P., Nascimento V.C. et al. Single- and Multiple-Set Resistance Training Improves Skeletal and Respiratory Muscle Strength in Elderly Women. *Clinical Interventions in Aging*, 2014, vol. 9, pp. 1775–1782. DOI: 10.2147/CIA.S68529
4. Ahtiainen J.P., Hulmi J.J., Lehti M. Effects of Resistance Training on Expression of IGF-I Splice Variants in Younger and Older Men. *European Journal of Sport Science*, 2016, vol. 16, pp. 1055–1063. DOI: 10.1080/17461391.2016.1185164
5. Alvarez K.J., Kirchner S., Chu S.P., Smith S. Falls Reduction and Exercise Training in an Assisted Living Population. *Journal of Aging Research*, 2015, vol. 4, 957598. DOI: 10.1155/2015/957598
6. Amonette W.E., English K.L., Kraemer W.J. Evidence-Based Practice in Exercise Science: The Six-Step Approach. Champaign, Human Kinetics, 2016. 344 p. DOI: 10.5040/9781492595472
7. Andersen V., Steiro Fimland M., Knutson Kolnes M. et al. Electromyographic Comparison of Squats Using Constant or Variable Resistance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2016, vol. 30, pp. 3456–3463. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001451
8. Behm D., Colado J.C. Instability Resistance Training Across the Exercise Continuum. *Sports Health*, 2013, vol. 5, pp. 500–503. DOI: 10.1177/1941738113477815
9. Behm D., Colado J.C. The Effectiveness of Resistance Training Using Unstable Surfaces and Devices for Rehabilitation. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 2012, vol. 7, no.2, pp. 226–241.

10. Chen H., Chun Y., Chen Y. et al. Effects of Different Types of Exercise on Body Composition, Muscle Strength, and IGF-1 in the Elderly with Sarcopenic Obesity. *Journal of the American Geriatrics Society*, 2017, vol. 65, no. 4, pp. 827–832. DOI: 10.1111/jgs.14722
11. Chen K., Kuo C., Chang Y. et al. Resistance Band Exercises Reduce Depression and Behavioral Problems of Wheelchair-Bound Older Adults with Dementia: a Cluster-Randomized Controlled Trial. *Journal of the American Geriatrics Society*, 2017, vol. 65, pp. 356–363. DOI: 10.1111/jgs.14526
12. Chodzko-Zajko W., Proctor D.N., Fiatarone Singh M.A. et al. American College of Sports Medicine Position Stand. Exercise and Physical Activity for Older Adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2009, vol. 41, no. 7, pp. 1510–1530. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181a0c95c
13. Jakobsen M.D., Sundstrup E., Andersen C.H. et al. Muscle Activity During Knee-Extension Strengthening Exercise Performed with Elastic Tubing and Isotonic Resistance. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 2012, vol. 7, no. 6, pp. 606–616.
14. Jakobsen M.D., Sundstrup E., Andersen C.H. et al. Effectiveness of Hamstring Knee Rehabilitation Exercise Performed in Training Machine vs. Elastic Resistance: Electromyography Evaluation Study. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 2014, vol. 93, pp. 320–327. DOI: 10.1097/PHM.0000000000000043
15. Kristensen J., Franklyn-Miller A. Resistance Training in Musculoskeletal Rehabilitation: a Systematic Review. *British Journal of Sports Medicine*, 2011, vol. 46, pp. 719–726. DOI: 10.1136/bjsm.2010.079376
16. Marshall R.N., Smeuninx B., Morgan P.T., Breen L. Nutritional Strategies to Offset Disuse-Induced Skeletal Muscle Atrophy and Anabolic Resistance in Older Adults: from Whole-Foods to Isolated Ingredients. *Nutrients*, 2020, vol. 12. DOI: 10.3390/nu12051533
17. Smith J.A., Albishi A., Babikian S. et al. The Motor Cortical Representation of a Muscle is not Homogeneous in Brain Connectivity. *Experimental Brain Research*, 2017, vol. 235, pp. 2767–2776. DOI: 10.1007/s00221-017-5011-7
18. Stark-Inbar A., Dayan E. Preferential Encoding of Movement Amplitude and Speed in the Primary Motor Cortex and Cerebellum. *Human Brain Mapping*, 2017, vol. 38. DOI: 10.1002/hbm.23802
19. Treiber F.A., Lott J., Duncan J. et al. Effects of Theraband and Lightweight Dumbbell Training on Shoulder Rotation Torque and Serve Performance in College Tennis Players. *The American Journal of Sports Medicine*, 1998, vol. 26, pp. 510–515. DOI: 10.1177/03635465980260040601
20. Williams M.A., Haskell W.L., Ades P.A. et al. Resistance Exercise in Individuals with and without Cardiovascular Disease: 2007 Update: a Scientific Statement from the American Heart Association Council on Clinical Cardiology and Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism. *Circulation*, 2007, vol. 116, no. 5, pp. 572–584. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.107.185214

Информация об авторах

Семёнова Галина Ивановна, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры теории физической культуры института физической культуры, спорта и молодежной политики, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия.

Григорьев Петр Алексеевич, аспирант кафедры теории физической культуры института физической культуры, спорта и молодежной политики, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия.

Еркомайшвили Ирина Васильевна, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры теории физической культуры института физической культуры, спорта и молодежной политики, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия.

Лебедихина Татьяна Михайловна, доцент кафедры физической культуры института физической культуры, спорта и молодежной политики, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия.

Добрынин Игорь Михайлович, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры физической культуры института физической культуры, спорта и молодежной политики, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия.

Information about the authors

Galina I. Semenova, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Theory of Physical Education, Institute of Physical Education, Sports and Youth Policy, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia.

Peter A. Grigoriev, postgraduate student, Department of Theory of Physical Education, Institute of Physical Education, Sports and Youth Policy, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia.

Irina V. Erkomaishvili, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Theory of Physical Education, Institute of Physical Education, Sports and Youth Policy, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia.

Tatiana M. Lebedikhina, Associate Professor of the Department of Physical Education, Institute of Physical Education, Sports and Youth Policy, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia.

Igor M. Dobrynin, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physical Education, Institute of Physical Education, Sports and Youth Policy, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia.

Статья поступила в редакцию 10.09.2022

The article was submitted 10.09.2022

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УСКОРЕНИЯ ТУЛОВИЩА И ДЫХАНИЯ КАК УСЛОВИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕГА ЧЕЛОВЕКА

В.Ф. Тихонов, letterpa@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7320-718X>

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, Чебоксары, Россия

Аннотация. Цель исследования: сопоставление частотных характеристик дыхания человека с частотными характеристиками трех составляющих ускорения движения туловища в беге. **Материалы и методы.** В исследовании принимали участие 12 студентов в возрасте 19–20 лет. Ускорение движения туловища регистрировалось с помощью трехосевого акселерометра, закрепленного на поясице. Скорость потока дыхательного воздуха измерялась с помощью установленного на шлеме датчика спирометра. Датчики подключались к универсальному устройству сбора данных, которое помещалось на поясице испытуемого. Сигналы передавались на компьютер через Bluetooth. Спектральный анализ сигналов проводился методом быстрого преобразования Фурье (БПФ, FFT). **Результаты.** Было выявлено, что «захват» («вовлечение», «сцепление», entrainment, locomotor-respiratory coupling (LRC)) дыхания двигательными действиями в беге происходит не только на одной частоте или кратной частоте шагов, как это отмечается в доступных зарубежных и российских источниках. В зависимости от скорости бега «захват» происходит на нескольких частотах, соответствующих частотам движения в различных кинематических звеньях. **Заключение.** В тренировочной деятельности данный метод исследования может быть применен для определения эффективности функции внешнего дыхания непосредственно во время бега. Результаты исследования позволяют выдвинуть гипотезу о том, что степень совпадения частот сигналов ускорения туловища и скорости потока дыхательного воздуха в фазовом спектре зависит от степени эффективности и экономичности двигательных действий в беге.

Ключевые слова: бег, дыхание, взаимосвязь частоты дыхания и двигательных действий, быстрое преобразование Фурье

Для цитирования: Тихонов В.Ф. Исследование взаимосвязи показателей ускорения туловища и дыхания как условия совершенствования техники бега человека // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 4. С. 92–100. DOI: 10.14529/hsm220411

Original article
DOI: 10.14529/hsm220411

THE RELATIONSHIP BETWEEN BODY ACCELERATION AND RESPIRATION FOR IMPROVING RUNNING TECHNIQUE

V.F. Tikhonov, letterpa@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7320-718X>

I.N. Ulianov Chuvash State University, Cheboksary, Russia

Abstract. Aim. The paper aims to compare the frequency characteristics of respiration with those of the three components of trunk acceleration during running. **Materials and methods.** The study involved 12 students, ages 19–20. Trunk acceleration was recorded with a three-axis accelerometer located at the lower back. The respiratory rate was measured with a wearable spirometer. The sensors were connected to a data acquisition device located at the lower back. The signals were transmitted to the computer via Bluetooth. The spectral analysis of the signals was carried out by the fast Fourier transform analysis. **Results.** It was found that locomotor-respiratory coupling occurred not only at one or a multiple frequency, as noted in available foreign and Russian literature. Depending on the running speed, “capture” occurs at several frequencies, corresponding to the frequencies of movement in various kinematic links. **Conclusion.** This method

can be applied to determine the effectiveness of external respiration during running. The results obtained allowed to hypothesize that the frequencies of body acceleration and respiratory rate coincided in the phase spectrum depending on the degree of efficiency and economy of respiration during running.

Keywords: running, respiration, fast Fourier transform

For citation: Tikhonov V.F. The relationship between body acceleration and respiration for improving running technique. *Human. Sport. Medicine*. 2022;22(4):92–100. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220411

Введение. Бег человека является объектом исследования многих ученых в области спорта. Для эффективного проведения тренировочного процесса разрабатываются различные методики и технологии [3, 10]. Задачей данного исследования является определение критерия эффективного вовлечения (захвата) дыхания двигательными действиями в беге человека. В различных российских и зарубежных источниках отражается интерес к такому явлению, как вовлечение двигательными действиями дыхательных движений [1, 2, 5, 14], так и обратно – вовлечение дыхательными движениями двигательных действий [1, 2, 5, 7]. В том и другом случае применяется метод определения соотношения дыхательных циклов к циклам движения. Неполнота данного метода при изучении бега человека заключается в том, что при выполнении двигательных действий предполагается относительное постоянство частоты (ЧД, f , 1/мин) и глубины дыхания (дыхательный объем – ДО, V_t , л), а также ритма – временного соотношения длительности времени вдоха и выдоха к длительности движений [2, 5, 8, 9]. Эти исследования мало способствуют процессу практического повышения эффективности и экономичности двигательных действий в беге.

В данной работе мы будем придерживаться предположения, что в беге причиной изменения характера внешнего дыхания является характер двигательных действий. В нашей работе мы применяем термин «поток дыхательного воздуха», который означает скорость движения как атмосферного воздуха в легкие при вдохе, так и движение альвеолярного воздуха из легких на выдохе, \bar{V} (л/с).

Материалы и методы. В исследовании принимали участие 12 студентов в возрасте 19–20 лет. Испытуемые были разделены на две группы. Отбор в первую группу проводился по результатам бега на 100 м ($< 14,1$ с) и бега на 3000 м ($< 13,40$ мин, с) – 8 человек, не занимающихся в спортивных секциях. Во вторую группу включены 4 человека по ре-

зультатам бега на 100 м ($< 12,0$ с) и бега на 3000 м ($< 12,00$ мин, с), занимающихся в секциях по легкой атлетике и имеющих I спортивный разряд.

В зарубежных и российских исследованиях двигательных действий человека широко используются различные акселерометры [8–10, 12, 13]. В нашем эксперименте ускорение движения туловища регистрировалось с помощью трехосевого акселерометра GDX-FOR (± 16 g), закрепленного на пояснице. В зарубежных акселерометрах для удобного сравнения с другими регистрируемыми показателями ускорение движения регистрируется в единицах g ($9,8$ м/с²). Например, в покое вертикальная составляющая ускорения движения туловища равна 1 g, а в момент постановки стопы на опору – 5g (рис. 1). Следовательно, динамический вес бегуна в данный момент превышает его статическое значение в 5 раз. Поперечная (направо – налево) и сагиттальная (вперед – назад) составляющие ускорения туловища в покое равны 0. При движении их значения будут кратными величине g. Скорость потока дыхательного воздуха измерялась с помощью установленного на шлеме датчика спирометра SPR-БТА (± 10 л/с). Датчики подключались к универсальному устройству сбора данных LABQ2, который помещался на спине испытуемого. Сигналы передавались на компьютер через Bluetooth.

Испытания проводились в спортивном зале длиной 70 м и шириной 18 м. Испытуемые выполняли следующие задания. В первый экспериментальный день: 1) 2 серии по 2 мин бега в невысоком, предпочитаемом для испытуемых темпе – для привыкания к бегу со снаряжением и со спирографом без регистрации данных; 2) 4 мин бега в предпочитаемом темпе с регистрацией сигналов на прямолинейных участках бега. Во второй экспериментальный день: 1) 2 попытки быстрого бега на отрезках 50 м – для привыкания к бегу со снаряжением и со спирографом без регистрации данных; 2) 2 попытки спринтерского бега

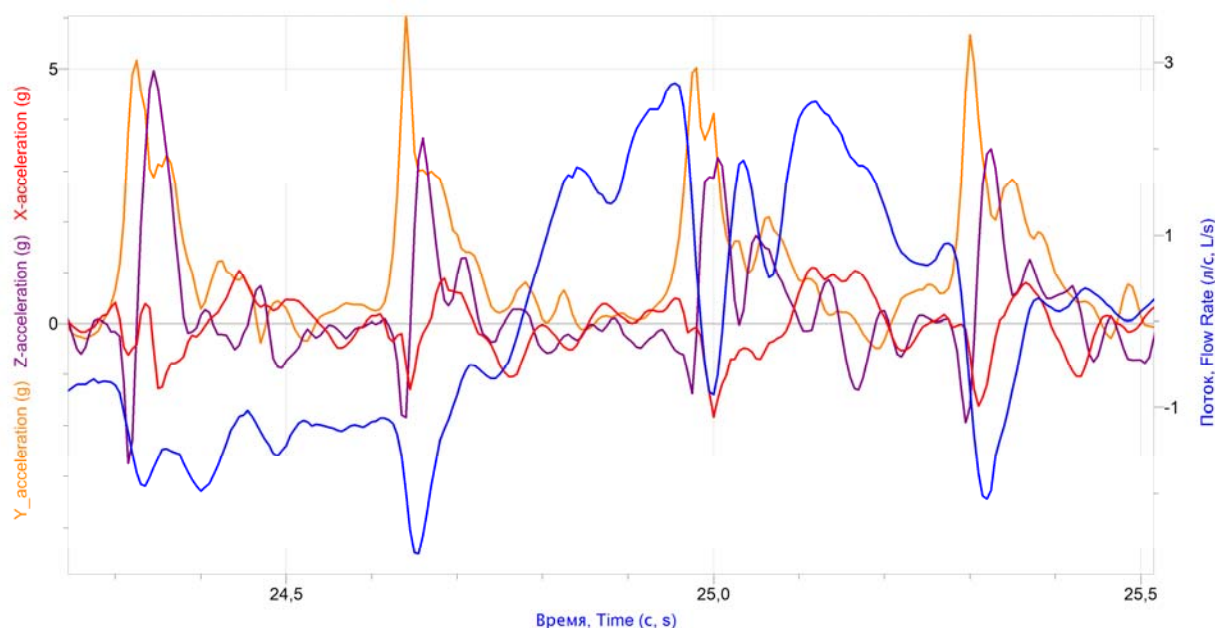


Рис. 1. Общий вид «сырых» графиков регистрируемых сигналов трех составляющих ускорения туловища X, Y, Z и потока дыхательного воздуха
Fig. 1. Raw data of the signals recorded from the three components of body acceleration (X, Y, and Z) and respiratory rate

на отрезках 30 м с регистрацией сигналов на компьютер.

Выбор метода анализа был сделан в соответствии с характером движений кинематических звеньев тела человека. Он носит колебательный характер. «Поскольку мышцы человека работают только на сокращение, в каждом суставном сочленении звенья совершают колебательное движение... А это значит, что последовательно вдоль тела через суставные сочленения распространяется колебательное движение» [5]. Функция внешнего дыхания обеспечивается следующей вязкоупругой биомеханической системой: позвоночник, грудная стенка, легкие, органы брюшной полости. «При воздействии на вязко-упругую систему циклической нагрузки амплитуда отклика системы будет зависеть от соотношения между частотой воздействия и собственной частотой системы» [5]. Спектральный анализ графиков поперечной (X), вертикальной (Y) и сагиттальной (Z) составляющих ускорения движения туловища, а также скорости потока дыхательного воздуха (Поток, Flow Rate, \bar{V} (л/с)) проводился методом быстрого преобразования Фурье (БПФ, FFT) программой Excel и Logger Pro® 3. Частотный спектр сигнала – это распределение энергии сигнала по частотам. Спектр бывает амплитудный (ось ординат) и фазовый (ось абсцисс). Поскольку ускорение туловища (м/с^2) и поток воздуха

(л/с) имеют разную размерность, для анализа эти величины были масштабированы на оси ординат. Амплитудный спектр в данной работе не рассматривается. В качестве критерия качества дыхания мы принимали показатели фазового спектра – совпадение диапазонов частот трех составляющих ускорения туловища X, Y, Z с диапазонами частот потока дыхательного воздуха \bar{V} на оси абсцисс.

Результаты. Необходимо отметить, что частота дыхания f (1/мин) как количество циклов вдохов и выдохов за одну минуту и частота потока дыхательного воздуха как движение воздуха в легкие и обратно \bar{V} (л/с) не равны между собой. На волну продолжительного вдоха или выдоха человека может произвольно накладываться несколько коротких или вдохов («подвдохи»), или несколько коротких выдохов («подвыдохи») (рис. 2).

Визуальный анализ указанных выше регистрируемых сигналов (см. рис. 1) не может дать точное представление о том, насколько связано дыхание с ускорением движения туловища.

В отечественных и зарубежных источниках имеются данные о том, что соотношение дыхательных циклов с частотой шагов связаны определенными соотношениями [4, 7, 10, 15]. Например, считается, что у животных это соотношение выглядит как 1:1, т. е. на один вдох-выдох приходится один шаг [4, 11, 12].

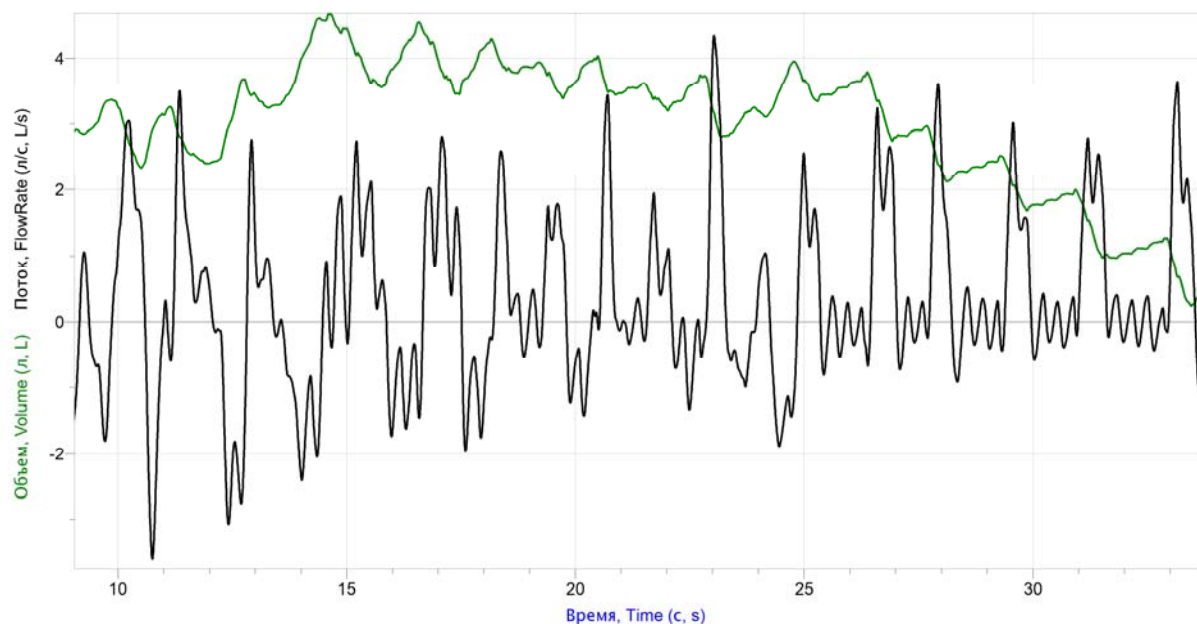


Рис. 2. Графики изменения дыхательного объема Объем (зеленый цвет) и потока дыхательного воздуха Поток (черный цвет)
Fig. 2. Tidal volume (green) and respiratory rate (black)

В этом случае на графике частотного спектра будет отображаться один только пик на оси абсцисс, так как частота дыхания будет совпадать с частотой шагов. У человека строгое соотношения дыхательных циклов к частоте шагов не обнаруживается. Оно может быть: 2:3; 1:2; 1:4 и др. [8, 11, 14, 15]. Например, при соотношении 1:4 и частоте шагов 180 1/мин (наиболее предпочитаемая для испытуемых) частота дыхательных циклов должна быть в четыре раза меньше – 45 (1/мин). На графике частотного спектра теоретически будут отображены два пика в двух разных частотных областях: дыхание – 0,75 Гц, а шаги – 3,0 Гц. Однако на рис. 3–6 отображены больше, чем только два пика частот как ускорений, так и потока воздуха.

При анализе частотных спектров было обнаружено, что наибольшее совпадение частот наблюдается в спектрах вертикальной (Y), сагиттальной (Z) составляющих ускорения туловища и потока дыхательного воздуха \bar{V} . Поэтому в данном анализе на рис. 3–6 мы исключаем показатели поперечной составляющей ускорения (X).

На всех частотных спектрах как при предпочитаемом темпе бега, так и при спринте видны три сильно выраженные гармоники Y и Z. Назовем их 1, 2 и 3-й гармониками. 1-я гармоника соответствует частоте шагов в единицах Гц и, следовательно, пикам Y, отражающим усилия в момент постановки стопы на опору.

2-я гармоника соответствует усилиям в момент амортизации и отталкивания от опоры (в 2 раза чаще, чем шаги). Определения природы 3-й и других последующих гармоник в рамках данной работы нами не раскрываются. Гармоники Y и Z совпадают по частоте, что свидетельствует о тесной взаимосвязи показателей. В нашем исследовании пиковая частота Y всегда приходится на 1-ю гармонику, понижаясь последовательно на 2-й и на 3-й гармонике. Однако пиковая частота Z может совпадать (см. рис. 3) или не совпадать с этими тремя гармониками (см. рис. 4). На рис. 5 и 6 пиковые частоты Z совпадают со 2-й гармоникой.

Для потока дыхательного воздуха также характерны определенные всплески амплитуды на фазовой оси частотного спектра сигналов. При предпочитаемом темпе бега как у спортсменов (см. рис. 3), так и у студентов (см. рис. 4) пиковые частоты потока \bar{V} находятся в области малых частот около 0,6 Гц (36 ± 2 цикла/мин ($p < 0,05$)), а пиковая частота Y – около 3 Гц (180 ± 6 шагов/мин ($p < 0,05$)). Согласно общепринятой методике подсчета соотношение частоты дыхательных циклов к частоте шагов в беге будет выглядеть как 1:5 ($36:180 = 1:5$). Однако у легкоатлета-бегуна (см. рис. 3) отмечаются высокие амплитуды \bar{V} на все трех гармониках. У студентов также отмечаются на всех трех гармониках всплески амплитуды \bar{V} , но на 1-й гармонике они менее выражены.

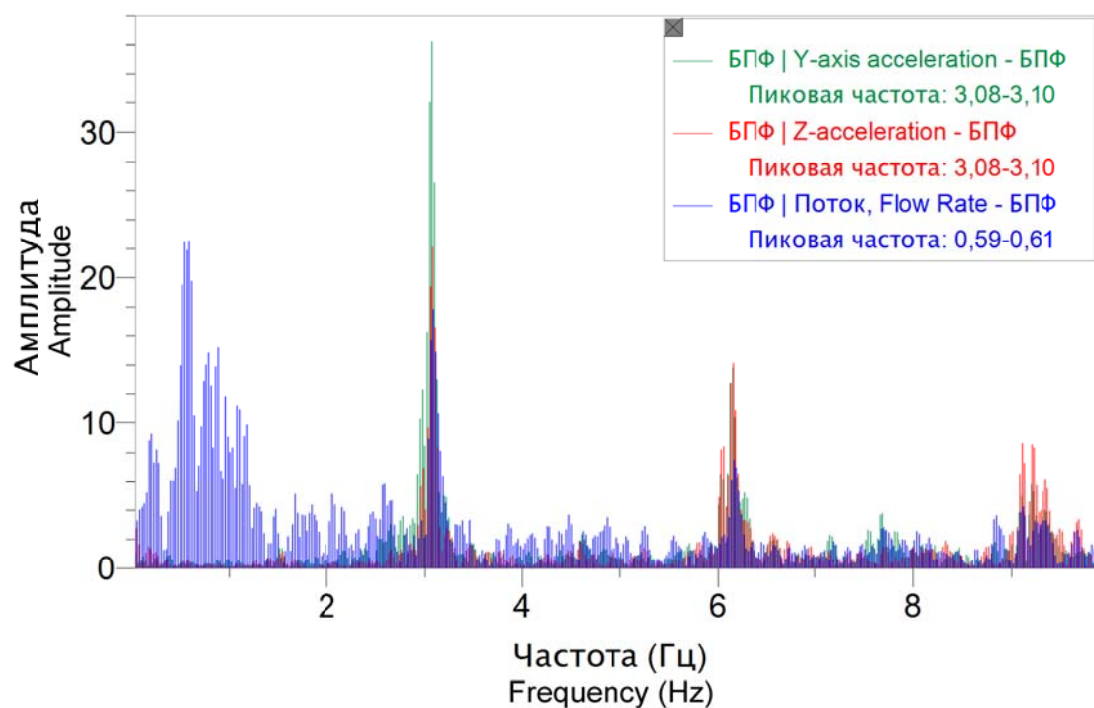


Рис. 3. Частотный спектр сигналов ускорений Y, Z и Потока дыхательного воздуха при «предпочитаемой» скорости бега около 185 шагов/мин, испытуемый К – I сп.р. (спринт)
Fig. 3. Acceleration frequency (Y, Z) and respiratory rate at the “preferred” running speed of about 185 steps per min, subject K, 1st rank (sprint)

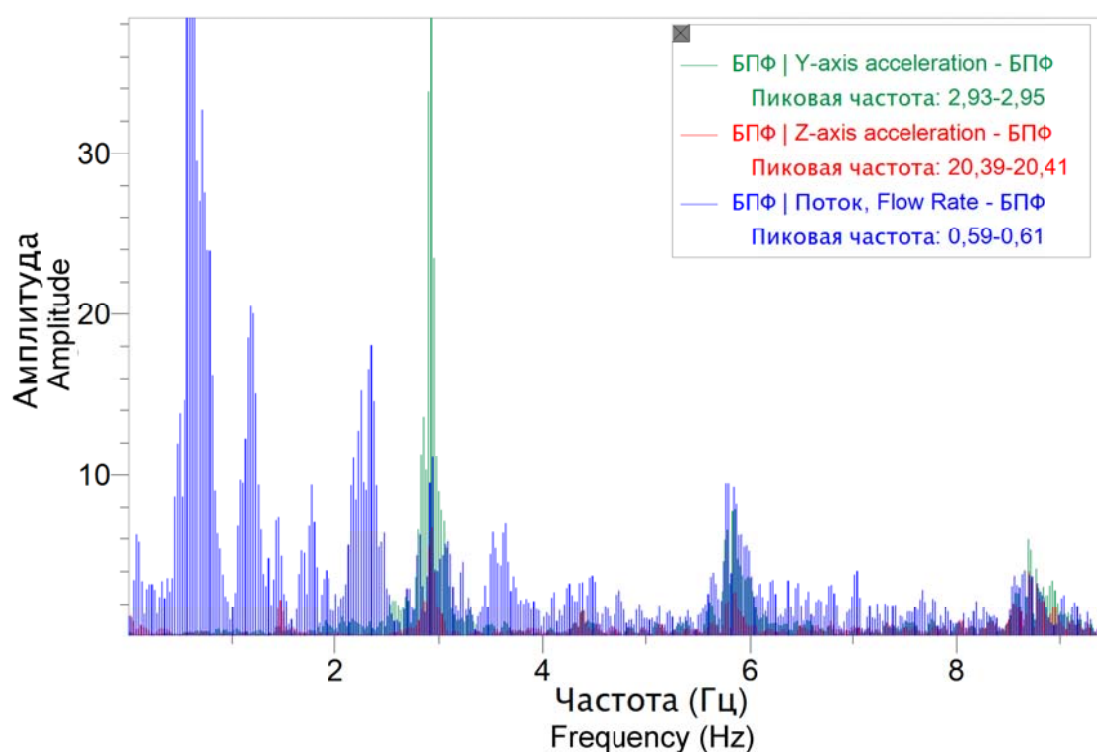


Рис. 4. Частотный спектр сигналов ускорений Y, Z и Потока дыхательного воздуха при «предпочитаемой» скорости бега около 176 шагов/мин, испытуемый Д – б/р (студент)
Fig. 4. Acceleration frequency (Y, Z) and respiratory rate at the “preferred” running speed of about 176 steps per min, subject D, no rank (student)

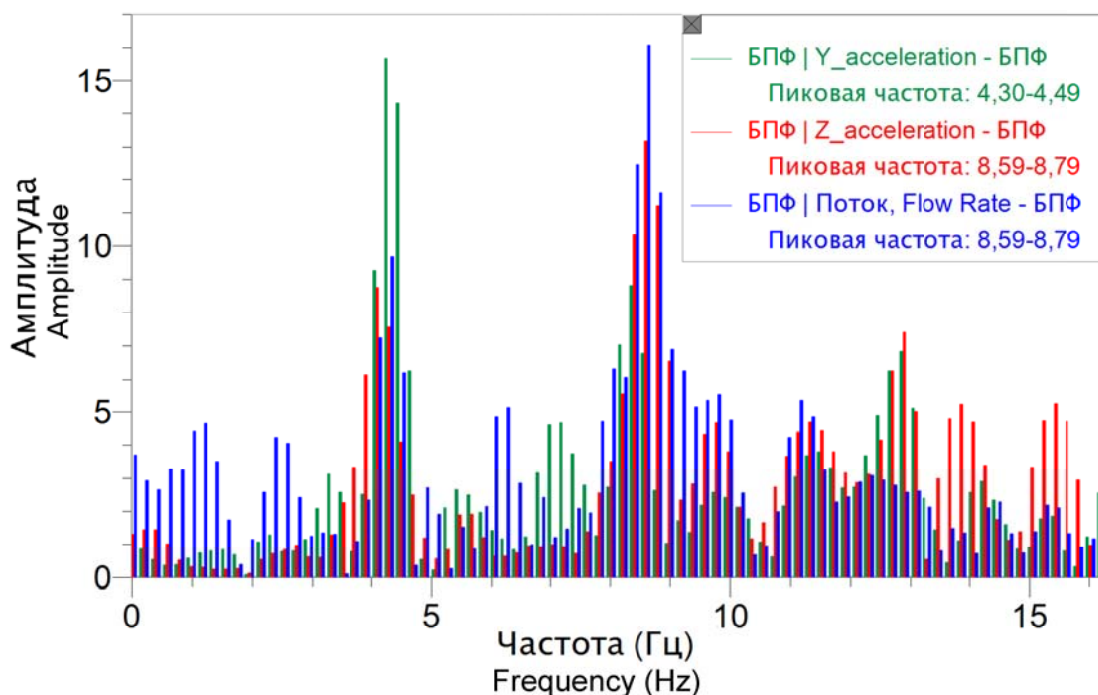


Рис. 5. Частотный спектр сигналов ускорений Y, Z и Потока дыхательного воздуха при «спринтерской» скорости бега около 260 шагов/мин, испытуемый К – I сп.р. (спринт)

Fig. 5. Acceleration frequency (Y, Z) and respiratory rate at the sprint speed of about 260 steps per min, subject K, 1st rank (sprint)

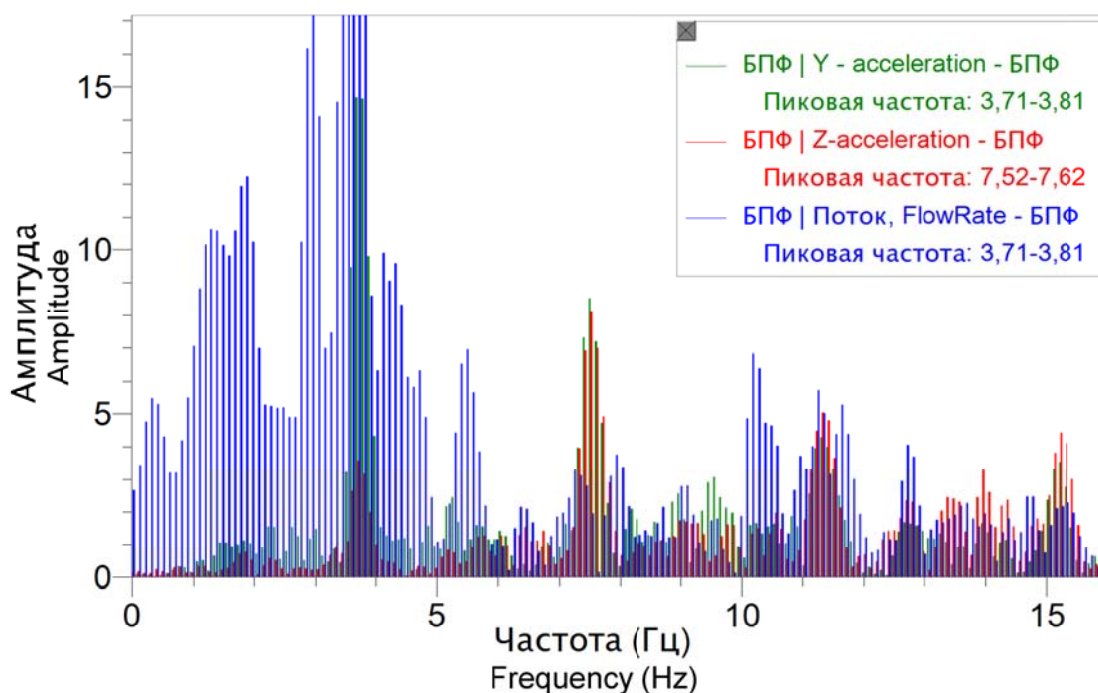


Рис. 6. Частотный спектр сигналов ускорений Y, Z и Потока дыхательного воздуха при «спринтерской» скорости бега около 225 шагов/мин, испытуемый Д – б/р (студент)

Fig. 6. Acceleration frequency (Y, Z) and respiratory rate at the sprint speed of about 225 steps per min, subject D, no rank (student)

Частотный спектр у студентов характерен наличием пиков \bar{V} в области низких частот (см. рис. 4, 6).

При спринтерском беге как у спортсменов (см. рис. 5), так и у студентов (см. рис. 6) пиковая частота Z переходит во 2-ю гармонику. У спортсмена К пиковые частоты Z и \bar{V} находятся в диапазоне 2-й гармоники. Это связано с акцентированными усилиями бегуна вдоль сагиттальной (переднезадней) оси. У студента Д пиковые частоты Z и \bar{V} также совпадают, но они находятся в диапазоне 1-й гармоники. Мы предполагаем, что это связано с нерациональной техникой бега, в частности со стопорящей (тормозящей) постановкой ноги на опору [3].

Заключение. Анализ частотных спектров сигналов ускорения туловища и потока дыхательного воздуха показал, что у легкоатлето-бегунов имеется тесная связь дыхательных движений с проявляемыми усилиями в беге, которые отражаются в показателях ускорения туловища. Эта связь становится особенно тесной (жесткой) в диапазонах частот 1, 2 и 3-й гармоник. У спортсменов-бегунов при предпочитаемом темпе бега в области низких частот до частоты 1-й гармоники находится один пик потока дыхательного воздуха \bar{V} (см. рис. 3). Также значение сигнала \bar{V} имеет большие амплитуды во всех диапазонах указанных трех гармоник. При спринтерском беге отмечается высокая амплитуда \bar{V} в диапазоне 1-й и 2-й гармоник. Это означает, что дыхательные движения полностью вовлечены движениями кинематических звеньев (см. рис. 5).

В отличие от спортсменов, у студентов отмечается пик и большое число всплесков амплитуды \bar{V} в области низких частот и низкая амплитуда в диапазоне 1-й гармоники при

предпочитаемом темпе бега (см. рис. 4). Это указывает на избыточность дыхательных движений и недостаточное его вовлечение двигательными действиями при данном темпе бега. При спринтерском беге у студентов обнаруживается еще большее число всплесков амплитуды \bar{V} как в области низких частот, так и в области 2-й и 3-й гармоник (см. рис. 6). Однако пиковая частота \bar{V} совпадает с частотой 1-й гармоники, что указывает на силу влияния вынужденных колебаний с частотой 1-й гармоники на частоту потока дыхательного воздуха \bar{V} .

Таким образом, результаты исследования показывают, что совпадение частоты потока дыхательного воздуха \bar{V} с частотой первых трех гармоник Y и Z составляющих ускорения туловища является критерием эффективного вовлечения (захвата) дыхания двигательными действиями в беге человека. Частотные диапазоны «захвата» дыхания зависят от частоты динамических усилий бегуна. Такое явление подтверждает наличие предполагаемого нами механического контура регуляции дыхания в физических упражнениях [6].

В тренировочной деятельности данный метод исследования может быть применен для определения эффективности функции внешнего дыхания непосредственно во время бега. Результаты исследования позволяют выдвинуть гипотезу о том, что степень совпадения частот сигналов ускорения туловища и скорости потока дыхательного воздуха в фазовом спектре зависит от степени эффективности и экономичности двигательных действий в беге.

Данное исследование может внести некоторый теоретический вклад в физиологию дыхания человека при мышечной деятельности.

Список литературы

1. Бреслав, И.С. Дыхание и мышечная активность человека в спорте: Руководство для изучающих физиологию человека / И.С. Бреслав, Н.И. Волков, Р.В. Тамбовцева – М.: Совет. спорт, 2013. – 336 с.
2. Бреслав, И.С. Дыхание. Висцеральный и поведенческий аспекты / И.С. Бреслав, А.Д. Ноздрачев. – СПб.: Наука, 2005. – 309 с.
3. Головин, О.И. Методика обучения технике бега на длинные дистанции / О.И. Головин, Д.В. Ильных. – https://www.elibrary.ru/download/elibrary_42824483_10296304.pdf (дата обращения: 28.12.2020).
4. Маршак, М.Е. Регуляция дыхания у человека / М.Е. Маршак. – М.: МЕДГИЗ, 1961. – 261 с.
5. Попов, Г.И. Биомеханика / Г.И. Попов. – М.: Академия, 2005. – 256 с.
6. Тихонов, В.Ф. Внешнее дыхание человека как система автоматического управления легочной вентиляцией / В.Ф. Тихонов // Наука и спорт: современные тенденции. – 2017. – № 1. – С. 94–99.

7. Физиология дыхания. – Л.: Наука, 1973. – 352 с. – (Руководство по физиологии)
8. A flexible and accurate method to estimate the mode and stability of spontaneous coordinated behaviors: The index-of-stability (IS) analysis / G. Zelic, D. Varoqui, J. Kim et al. // *Behav Res.* – 2018. – Vol. 50. – P. 182–194.
9. An Efficient Method of Detecting Breathing Frequency While Running / F. Gu, J. Niu, S.K. Das, Z. He // 2016 IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP), St. Louis, MO. – 2016. – P. 1–8. DOI: 10.1109/SMARTCOMP.2016.7501677
10. Effect of cadence on locomotor-respiratory coupling during upper-body exercise / N.B. Tiller, M.J. Price, I.G. Campbell et al. // *Eur J Appl Physiol.* – 2017. – Vol. 117. – P. 279–287. DOI: 10.1007/s00421-016-3517-5
11. Exercise-induced trunk fatigue decreases double poling performance in well-trained cross-country skiers / E. Bucher, Ø. Sandbakk, L. Donath et al. // *Eur J Appl Physiol.* – 2018. – Vol. 118. – P. 2077–2087. DOI: 10.1007/s00421-018-3938-4
12. Independent respiratory and locomotor rhythms in running mice / C. Hérent, S. Diem, G. Fortin, J. Bouvier // *bioRxiv preprint*, 2020. – August 10. DOI: 10.1101/2020.08.09.242768
13. Locomotor-Respiratory Coupling in Wheelchair Racing Athletes: A Pilot Study / C. Perret, M. Wenger, C.A. Leicht, V.L. Goosey-Tolfrey // *Front. Physiol.* – 2016. – Vol. 7. – P. 11. DOI: 10.3389/fphys.2016.00011
14. Locomotor-respiratory coupling is maintained in simulated moderate altitude in trained distance runners / T.J. Fulton, H.L. Paris, A.S.L. Stickford et al. // *J Appl Physiol.* – 2018. – Vol. 125. – P. 1–7.
15. Stickford, A.S.L. Ventilation and Locomotion in Humans: Mechanisms, Implications, and Perturbations to the Coupling of These Two Rhythms / A.S.L. Stickford, J.L. Stickford // *Springer Science Reviews.* – 2014. – Vol. 2. – P. 95–118. DOI: 10.1007/s40362-014-0020-4

References

1. Breslav I.S., Volkov N.I., Tambovtseva R.V. *Dykhaniye i myshechnaya aktivnost cheloveka v sporte* [Breathing and Muscle Activity of a Person in Sports. A Guide for Students of Human Physiology]. Moscow, Soviet Sport Publ., 2013. 336 p.
2. Breslav I.S., Nozdrachev A.D. *Dykhaniye. Visceralnye i povedencheskie aspekty* [Breath. Visceral and Behavioral Aspects]. St. Petersburg, Science Publ., 2005. 309 p.
3. Golovin O. I., Ilinykh D.V. *Metodika obucheniya tehnike bega na dlinnye distantsyi* [Method of Teaching Long-Distance Running Technique]. Available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_42824483_10296304.pdf (accessed 28.12.2020)
4. Marshak M.E. *Regulatsiya dykhaniya u cheloveka* [Breathing Regulation in Humans]. Moscow, MEDGIZ Publ., 1961. 261 p.
5. Popov G.I. *Biomekhanika* [Biomechanics]. Moscow, Academy Publ., 2005. 256 p.
6. Tikhonov V.F. [External Respiration of a Person as a System for Automatic Control of Pulmonary Ventilation]. *Nauka i sport: sovremennye tendentsyi* [Science and Sports. Current Trends], 2017, no. 1, pp. 94–99. (in Russ.)
7. *Fiziologiya dykhaniya* [Physiology of Respiration. Series. A Guide to Physiology]. Leningrad, Science Publ., 1973. 352 p.
8. Zelic G., Varoqui D., Kim J. et al. A Flexible and Accurate Method to Estimate the Mode and Stability of Spontaneous Coordinated Behaviors: The Index-of-Stability (IS) Analysis. *Behav Reserch*, 2018, vol. 50, pp. 182–194. DOI: 10.3758/s13428-017-0861-2
9. Gu F., Niu J., Das S.K., He Z. An Efficient Method of Detecting Breathing Frequency While Running. 2016 IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP), St. Louis, MO, 2016, pp. 1–8. DOI: 10.1109/SMARTCOMP.2016.7501677
10. Tiller N.B., Price M.J., Campbell I.G. et al. Effect of Cadence on Locomotor-Respiratory Coupling During Upper-Body Exercise. *European Journal Appl. Physiology*, 2017, vol. 117, pp. 279–287. DOI: 10.1007/s00421-016-3517-5
11. Bucher E., Sandbakk Ø., Donath L. et al. Exercise-Induced Trunk Fatigue Decreases Double Poling Performance in Well-Trained Cross-Country Skiers. *European Journal Appl. Physiology*, 2018, vol. 118, pp. 2077–2087. DOI: 10.1007/s00421-018-3938-4

12. Hérent C., Diem S., Fortin G., Bouvier J. Independent Respiratory and Locomotor Rhythms in Running Mice. *BioRxiv preprint*, 2020. August 10. DOI: 10.1101/2020.08.09.242768
13. Perret C., Wenger M., Leicht C.A., Goosey-Tolfrey V.L. Locomotor-Respiratory Coupling in Wheelchair Racing Athletes: A Pilot Study. *Front. Physiology*, 2016, vol. 7, p. 11. DOI: 10.3389/fphys.2016.00011
14. Fulton T.J., Paris H.L., Stickford A.S.L. et al. Locomotor-Respiratory Coupling is Maintained in Simulated Moderate Altitude in Trained Distance Runners. *Journal Appl Physiology*, 2018, vol. 125, pp. 1–7. DOI: 10.1152/jappphysiol.01122.2017
15. Stickford A.S.L., Stickford J.L. Ventilation and Locomotion in Humans: Mechanisms, Implications, and Perturbations to the Coupling of These Two Rhythms. *Springer Science Reviews*, 2014, vol. 2, pp. 95–118. DOI: 10.1007/s40362-014-0020-4

Информация об авторе

Тихонов Владимир Федорович, кандидат педагогических наук, заведующий кафедрой физической культуры и спорта, Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, Чебоксары, Россия.

Information about the author

Vladimir F. Tikhonov, Candidate of Pedagogical Sciences, Head of the Department of Physical Education and Sport, I.N. Ulianov Chuvash State University, Cheboksary, Russia.

Статья поступила в редакцию 28.08.2022

The article was submitted 28.08.2022

КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ТОЛЧКА ГИРЬ

А.С. Зухов¹, mr.zukhov86@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5195-7978>

С.П. Стрельников², strelasp1@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3415-0934>

¹Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет, Омск, Россия

²Университетский колледж агробизнеса Омского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина, Омск, Россия

Аннотация. Цель исследования: разработать критерии, позволяющие оценить эффективность выполнения отдельных фаз толчка гирь. **Материалы и методы.** В исследовании приняли участие мужчины 18–22 лет, занимающиеся гиревым спортом ($n = 11$). Уровень спортивной квалификации – от 1-го спортивного разряда до мастера спорта РФ. Спортсмены выполняли толчок гирь с разными двигательными установками. Продолжительность выполнения упражнения не превышала 2 минут. При выполнении толчка гирь фиксировались показатели силы реакции опоры FGR. **Результаты.** При многократном выполнении толчка гирь показатели FGR не достигают максимально возможных значений. Высококвалифицированные спортсмены прикладывают столько усилий, сколько необходимо для экономичного подъема гирь. С ростом спортивного мастерства происходит повышение FGR_{max} . Построение тренировочного процесса с ориентацией на показатели FGR_{max} позволит осуществлять выбор средств и методов, направленных на повышение данного показателя. Большое влияние на показатель FGR_{max} оказывает фаза полуприседа, эффективность которой можно оценить по разнице значений FGR_{max} при выполнении подъема гирь с фазой полуприседа и без нее. Чем больше разница в FGR_{max} , тем выше эффективность полуприседа. Минимальные значения FGR_{min} при подъеме гирь характеризуют способ подъема гирь. Скоростно-силовой способ сопровождается минимальными значениями FGR_{min} , которые находятся на уровне 100–300 N. Силовой способ подъема характеризуется более высокими значениями FGR_{min} . При $FGR_{min} = 0$ появляется фаза полета, которая снижает эффективность выполнения толчка гирь. При опускании гирь на грудь с выполнением подседа критерием эффективности является показатель FGR_{max} . Снижение FGR_{max} в фазе подседа будет свидетельствовать о снижении нагрузки на опорно-двигательный аппарат и повышении эффективности опускания гирь на грудь. **Заключение.** Использование критериев эффективности выполнения толчка гирь в тренировочном процессе позволит обосновать новые подходы в тренировке гиревиков.

Ключевые слова: гиревой спорт, толчок гирь, сила реакции опоры

Для цитирования: Зухов А.С., Стрельников С.П. Критерии эффективности выполнения толчка гирь // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 4. С. 101–107. DOI: 10.14529/hsm220412

Original article
DOI: 10.14529/hsm220412

CRITERIA FOR AN EFFECTIVE KETTLEBELL CLEAN AND JERK

A.S. Zukhov¹, mr.zukhov86@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5195-7978>

S.P. Strelnikov², strelasp1@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3415-0934>

¹Siberian State Automobile and Highway University, Omsk, Russia

²University College of Agribusiness of the Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russia

Abstract. Aim. The purpose of the study is to develop criteria for an effective kettlebell clean and jerk. **Materials and methods.** The study involved males aged 18–22 engaged in kettlebell lifting ($n = 11$, from 1st rank to the Master of Sport of Russia). The athletes performed the kettlebell clean and jerk in different modes. Exercise duration did not exceed 2 minutes. During the exercise, the ground reaction force was

recorded. **Results.** During multiple performances of the exercise, ground reaction force did not reach the maximum possible values. Highly skilled athletes apply as much effort as needed for the efficient performance of the exercise. With performance enhancement, an increase in FGR_{max} occurs. The use of FGR_{max} data in training planning will allow for identification of the means and methods aimed at improving this parameter. Half-squat has a great impact on FGR_{max} . Its effectiveness can be estimated by the difference in FGR_{max} values when lifting kettlebells with and without the half-squat position. The greater the difference, the greater the effectiveness. Minimum FGR_{min} values characterize the lifting method. The speed-power method is characterized by FGR_{min} ranging from 100 to 300 N. The power method is characterized by a higher FGR_{min} . When $FGR_{min} = 0$, a flight phase appears, which reduces the effectiveness of the exercise. When the kettlebell reaches the chest in the squat position, the effectiveness is measured as FGR_{max} . Reduced values of FGR_{max} in the squat phase will be indicative of decreased load on the musculoskeletal system and increased effectiveness of kettlebell chest contact. **Conclusion.** The criteria of an effective clean and jerk exercise will allow for substantiating new approaches to the training of kettlebell lifters.

Keywords: kettlebell lifting, clean and jerk exercise, ground reaction force

For citation: Zukhov A.S., Strelnikov S.P. Criteria for an effective kettlebell clean and jerk. *Human. Sport. Medicine*. 2022;22(4):101–107. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220412

Введение. В гиревом спорте с ростом спортивной квалификации повышается уровень физической подготовленности [1, 7, 8]. В связи с этим тренировочный процесс строится в направлении развития наиболее важных физических качеств, которые оцениваются по результатам двигательных тестов. Физические качества, которые следует развивать, выявляются в результате сравнения модельных характеристик с результатами двигательных тестов. Выбор средств и методов подготовки, направленных на развитие физических качеств, осуществляется на основании эффективности их применения в различных видах спорта. Для развития физических качеств используются также упражнения с гирями [2, 14–16]. Оценка эффективности применяемых средств и методов осуществляется на основании изменения результатов в двигательных тестах либо соревновательных упражнениях.

Положительные результаты построения тренировочного процесса на основе использования модельных характеристик представлены в ряде работ [4, 6]. Основной недостаток построения тренировочного процесса на основе модельных характеристик заключается в том, что используемые двигательные тесты не соответствуют принципу адекватности контроля [3].

В исследованиях соревновательные упражнения чаще всего рассматриваются с целью контроля и корректировки техники выполнения упражнений либо контроля эффективности используемых средств и методов тренировки [5, 10, 11, 13]. Использование технических средств для контроля и оценки

силовых характеристик движения в соревновательных упражнениях менее распространено. Выявление критериев эффективности выполнения толчка гирь на основании данных силовых характеристик движений позволит начать поиск и обосновать новые подходы в тренировке гиревиков.

Цель: разработать критерии, позволяющие оценить эффективность выполнения отдельных фаз толчка гирь.

Материалы и методы. В работе приняло участие 11 студентов, занимающихся гиревым спортом, в возрасте от 18 до 22 лет. Уровень спортивной квалификации – от 1-го разряда до мастера спорта РФ. Студенты на момент исследования отклонений в состоянии здоровья не имели. Участники исследования выполняли упражнение толчок двух гирь от груди стоя на тензометрической платформе с разными двигательными установками. Мастера спорта поднимали гири 32 кг, кандидаты в мастера спорта – гири 32 кг или 24 кг, а спортсмены 1-го разряда – гири 24 кг. Продолжительность выполнения упражнения не превышала 2 минут. Размер платформы составлял по длине 80 см, по ширине 60 см, по высоте 8 см. Погрешность измерительного устройства $\pm 0,5\%$, диапазон измерения нагрузки – от 0 до 800 кг, частота измерений нагрузки – от 1 до 500 Гц, измерения проводились с частотой 100 Гц.

Во время выполнения толчка гирь осуществлялась запись вертикальной составляющей силы реакции опоры FGR , которую можно было наблюдать на экране ноутбука в режиме online. Анализ данных осуществлялся в Microsoft Excel 2016.

Результаты исследования. При разработке критериев эффективности выполнения толчка гирь упражнение было разделено на 4 части (рис. 1): подъем гирь (A_{1-6}), фиксация гирь на выпрямленных руках над головой (A_6-B_1), опускание гирь на грудь (B_{1-3}), фиксация гирь в стартовом положении (B_3-A_1).

Подъем гирь состоит из полуприседа (рис. 1, A_{1-2}) и выталкивания гирь (рис. 1, A_{2-6}). При выталкивании гирь максимальные значения силы реакции опоры FGR_{A3} возрастают с ростом спортивной квалификации (см. таблицу). Это означает, что тренировочный процесс целесообразно строить в направлении повышения значений FGR_{A3} . По мере увеличения темпа подъема гирь наблюдается повышение значений FGR_{A3} , в связи с чем в тренировочном процессе следует выполнять упражнения в темпе, превышающем «соревновательный» темп. Выполнение упражнения в темпе ниже

«соревновательного» не окажет положительного влияния на развитие скоростно-силовых качеств, а будет способствовать экономизации работы при выбранном темпе.

На эффективность выталкивания гирь большое влияние оказывает выполненный полуприсед. Важность фазы полуприседа можно оценить на примере выполнения вертикальных прыжков. Высота прыжка с места вверх выше при выполнении полуприседа, чем без него. Это объясняется эффектом цикла растяжения–укорочения, производительность которого можно вычислить [17, 18].

Используя показатели FGR_{A3} , можно оценить эффективность выполнения полуприседа при выполнении толчка гирь. Для этого мы предлагаем использовать формулу

$$R (\%) = (FGR_1 - FGR_2) \cdot \frac{1}{FGR_2} \cdot 100,$$

где R – эффективность выполнения полуприседа; FGR_1 – максимальные значения силы

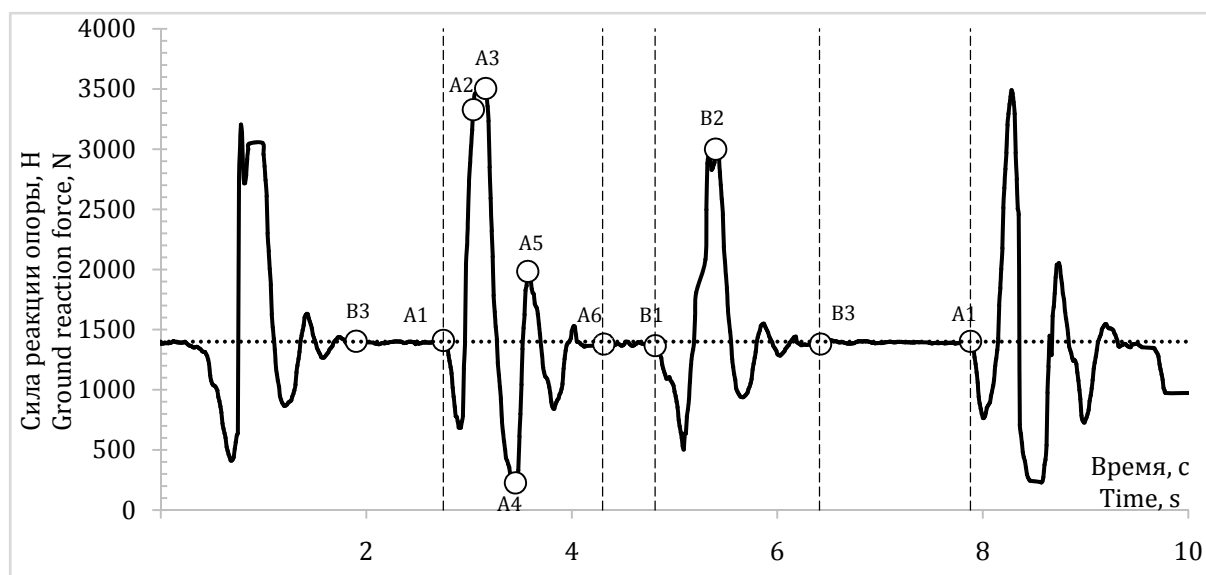


Рис. 1. Вертикальная составляющая силы реакции опоры при выполнении толчка гирь 32 кг двумя руками мастера спорта РФ

Fig. 1. Vertical ground reaction force (N) during the clean and jerk exercise (32 kg, Master of Sport)

Максимальные показатели силы реакции опоры при выталкивании гирь
Maximum ground reaction forces during the clean and jerk

Разряд Rank	Масса гирь (кг) Kettlebell weight (kg)	Весовая категория Weight category				
		73	85	85 +		
MC Master of Sport	64	3172 N	3506 N	3596 N	3550 N	
KMC Candidate for the Master of Sport	64	–	3099 N		–	
	48	–	2746 N		3237 N	
1-й разряд 1 st rank	48	2910 N		2926 N	3011 N	3147 N

реакции опоры при выполнении толчка гирь с фазой полуприседа; FGR_2 – максимальные значения силы реакции опоры при выполнении толчка гирь из статического положения при согнутых в коленях ногах.

Чем больше разница между FGR_1 и FGR_2 , тем выше эффективность фазы полуприседа.

При подъеме гирь преимущественно за счет силы мышц рук скорость перемещения гирь ниже, чем при выталкивании гирь. Это приводит к снижению FGR_{A3} и повышению FGR_{A4} (рис. 2А). В данном исследовании у высококвалифицированных спортсменов при выталкивании гирь показатели FGR_{A4} находились на уровне 100–300 N (см. рис. 1). Это свидетельствует о скоростно-силовом способе подъема гирь и минимальном участии мышц рук в осуществлении их подъема. Силовой способ подъема гирь характеризуется более высокими значениями FGR_{A4} по сравнению со скоростно-силовым способом.

При подъеме гирь может произойти отталкивание от опоры (рис. 2В). Появляется фаза полета $FGR_{A4} = 0$. Это снижает эффективность выполнения упражнения. Наблюдается ударный пик нагрузки в момент касания пятками опоры при подседе (рис. 2В, A_5). Данный пик значительно выше, чем при выполнении толчка гирь без фазы полета (см. рис. 1, A_5), что приводит к дополнительной нагрузке на опорно-двигательный аппарат. При подъеме гирь преимущественно за счет мышц рук не наблюдается удара пятками об

опору, что проявляется отсутствием точки A_5 на рис. 2А.

Чтобы исключить фазу полета, спортсмены при подъеме гирь не всегда прикладывают максимальные усилия. Квалифицированные спортсмены прикладывают столько усилий, сколько необходимо для экономичного подъема гирь.

При фиксации гирь на выпрямленных руках над головой и в стартовом положении необходимо минимизировать мышечные усилия, направленные на удержание позы и сохранение равновесия [12]. Удержание равновесия в статических положениях представлено на рис. 1 (интервал A_6-B_1 , B_3-A_1) в виде горизонтальной прямой линии ($FGR = \text{вес тела} + \text{вес гирь}$). Нарушение равновесия характеризуется отсутствием горизонтальной прямой линии, что приводит к дополнительным тратам энергии (рис. 2 интервал A_6-B_1 , B_3-A_1).

Квалифицированные спортсмены используют 2 способа опускания гирь на грудь. При первом способе опускание гирь происходит с выполнением подседа и вставания из подседа. При втором способе опускание гирь происходит без выполнения подседа. Преимущества второго способа заключаются в том, что сокращается время фазы опускания гирь на грудь [9].

В данном исследовании все спортсмены при опускании гирь выполняли подсед (рис. 1 интервал B_1-B_3). При опускании гирь на грудь опорно-двигательный аппарат испытывает

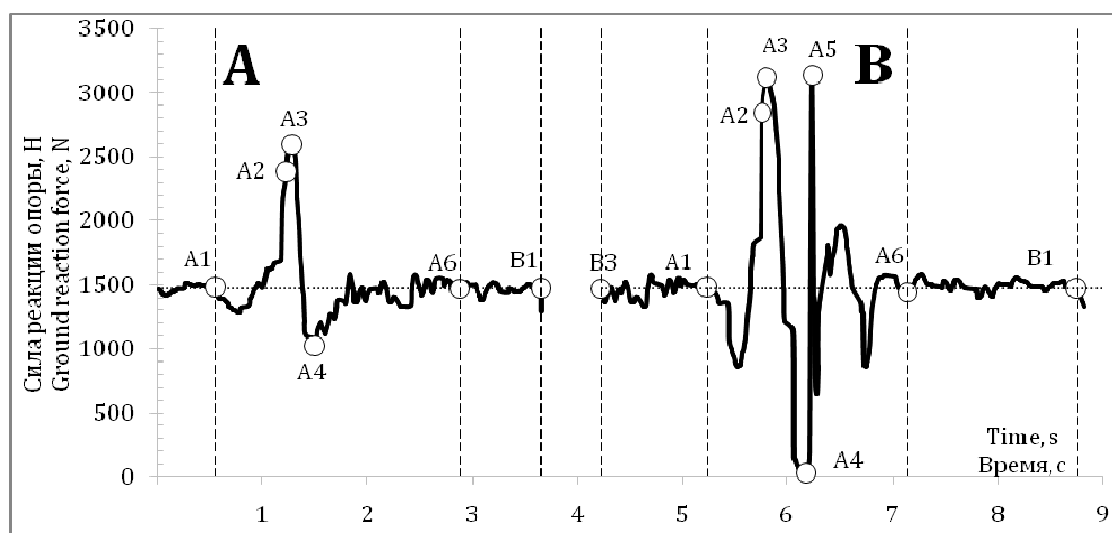


Рис. 2. Вертикальная составляющая силы реакции опоры мастера спорта РФ:

А – при выполнении толчка двух гирь 32 кг за счет силы рук;

В – при выполнении толчка двух гирь 32 кг с отрывом стоп от опоры

Fig. 2. Vertical ground reaction force (N) of the Master of Sport of Russia:

A – two kettlebells of 32 kg, arm strength; B – two kettlebells of 32 kg, feet raised

большие нагрузки. Чем выше показатели FGR_{B2} , тем больше нагрузка. При увеличении темпа толчка гирь показатели FGR_{B2} увеличиваются, что приводит к дополнительной нагрузке на опорно-двигательный аппарат, к которой нужно готовить организм заранее. Показатель FGR_{B2} соответствует моменту удара пятками об опору. Снижение FGR_{B2} будет свидетельствовать о повышении эффективности выполнения фазы опускания гирь на грудь. При опускании гирь на грудь за счет сгибания рук в уступающем режиме значения FGR_{B2} будут минимальными, но не будут являться информативными. Это связано с тем, что такое снижение будет достигнуто за счет перераспределения нагрузки на мышцы разгибатели рук, что приведет к их быстрому утомлению.

Заключение. Существует значительная разница в показателях FGR_{A3} при выполнении толчка гирь с фазой полуприседа и без нее. Чем больше разница в FGR_{A3} , тем эффективность фазы полуприседа выше. Рост спортивного мастерства сопровождается повышением значений FGR_{A3} при подъеме гирь, что связано с развитием скоростно-силовых качеств в

результате многолетней тренировки. При многократном выполнении толчка гирь FGR_{A3} не достигает максимально возможных величин в каждом повторении. Квалифицированные спортсмены прикладывают столько усилий, сколько необходимо для экономичного подъема гирь. Для повышения скоростно-силовых качеств и показателей FGR_{A3} в тренировочном процессе следует выполнять толчок гирь в темпе, превышающем «соревновательный» темп.

Отличить силовой и скоростно-силовой способ выполнения толчка гирь можно по значениям FGR_{A3} и FGR_{A4} . При скоростно-силовом способе подъема гирь у квалифицированных спортсменов значения FGR_{A4} находились на уровне 100–300 N. Силовой способ подъема характеризуется более высокими значениями FGR_{A4} , и более низкими значениями FGR_{A3} .

При опускании гирь на грудь с выполнением фазы подседа снижение значений FGR_{B2} будет свидетельствовать о снижении нагрузки на опорно-двигательный аппарат и повышении эффективности опускания гирь на грудь.

Список литературы

1. Баршай, В.М. Влияние уровня физической подготовленности на результативность при выполнении упражнения «классический толчок» в гиревом спорте / В.М. Баршай, В.Н. Толопченко, М.В. Белавкина // Интернет-журнал «Мир науки». – 2018. – Т. 6, № 1. – <https://mir-nauki.com/PDF/10PDMN118.pdf>.
2. Баршай, В.М. Современные тенденции теории и методики физической подготовки в гиревом спорте / В.М. Баршай, В.Н. Толопченко, М.В. Белавкина // Мир науки, культуры, образования. – 2018. – № 1 (68). – С. 205–210.
3. Бойко, В.В. Целенаправленное развитие двигательных способностей человека / В.В. Бойко. – М.: Физкультура и спорт, 1987. – 144 с.
4. Павлов, В.Ю. Модельные характеристики как основа управления учебно-тренировочным процессом спортсменов-гиревиков 13–15 лет / В.Ю. Павлов // Вестник Томского гос. пед. ун-та. – 2012. – № 363. – С. 188–192.
5. Давыдик, Д.В. Некоторые аспекты совершенствования техники выполнения упражнений в гиревом спорте / Д.В. Давыдик // Прикладная спортивная наука. – 2018. – № 1 (7). – С. 4–10.
6. Павлов, В.Ю. Построение тренировочного процесса юных гиревиков на основе использования модельных характеристик / В.Ю. Павлов, Ю.Т. Ревякин // Теория и практика физ. культуры. – 2013. – № 5. – С. 60–63.
7. Симень, В.П. Взаимосвязь соревновательных результатов с показателями физического развития и физической подготовленности гиревиков 10–17 лет / В.П. Симень // Теория и практика физ. культуры. – 2019. – № 5. – С. 99–101.
8. Симень, В.П. Динамика показателей физического развития и физической подготовленности гиревиков в 12–17 лет / В.П. Симень, Г.Л. Драндров // Пед.-психол. и мед.-биол. проблемы физ. культуры и спорта. – 2013. – № 4 (29). – С. 162–168.
9. Симень, В.П. Современные тенденции совершенствования техники гиревого спорта / В.П. Симень, Г.Л. Драндров // Теория и практика физ. культуры и спорта. – 2014. – № 4. – С. 36–42.

10. Смирнов, Р.С. Анализ формирования темпо-ритмовой структуры двигательных действий циклического характера в гиревом спорте / Р.С. Смирнов, М.А. Правдов, Д.М. Правдов // *Научный поиск*. – 2020. – № 2 (36). – С. 51–55.
11. Ципин, Л.Л. Оценка мышечных усилий спортсменов-гиревиков при выполнении специально-подготовительных упражнений / Л.Л. Ципин // *Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта*. – 2016. – № 7 (137). – С. 155–160.
12. Ципин, Л.Л. Анализ статистических положений при выполнении упражнений в гиревом спорте / Л.Л. Ципин // *Рос. журнал биомеханики*. – 2017. – Т. 21, № 2. – С. 178–187. DOI: 10.15593/RZhBiomeh/2017.2.05
13. Шульгин, Г.Е. Взаимосвязи некоторых биомеханических параметров рывка гири / Г.Е. Шульгин, А.Н. Фураев // *Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта*. – 2018. – № 8 (162). – С. 217–222.
14. Beardsley, C. The role of Kettlebells in strength and conditioning: A review of the literature / C. Beardsley, B. Conteras // *Strength and Conditioning Journal*. – 2014. – Vol. 36. – Iss. 3. – P. 64–70.
15. Effects of kettlebell training on aerobic capacity / J.A Falatic [et al.] // *Journal of Strength and Conditioning Research*. – 2015. – Vol. 29. – Iss. 7. – P. 1943–1947. DOI: 10.1519/JSC.0000000000000845
16. Lake, J.P. Kettlebell swing training improves maximal and explosive strength / J.P. Lake, M.A. Lauder // *Journal of strength and Conditioning Research*. – 2012. – Vol. 26. – Iss. 8. – P. 2228–2233. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31825c2c9b
17. Riggs, M.P. The relative importance of strength and power qualities to vertical jump height of elite beach volleyball players during the counter-movement and squat jump / M.P. Riggs, J.M. Sheppard // *Journal of human sport and exercise*. – 2009. – Vol. 4. – Iss. 3. – P. 221–236. DOI: 10.4100/jhse.2009.43.04
18. Why is countermovement jump height greater than squat jump height? / M.F. Bobbert, K.G. Gerritsen, M.C. Litjens, A.J. Van Soest // *Medicine and Science in Sports and Exercise*. – 1996. – Vol. 28. – Iss. 11. – P. 1402–1412. DOI: 10.1097/00005768-199611000-00009

References

1. Barshay V.M., Tolopchenko V.N., Belavkina M.V. [The Influence of the Physical Preparation Level on Performance of the Exercise Jerk in Kettlebell Lifting]. *Internet-zhurnal "Mir nauki"* [World of Science. Pedagogy and Psychology], 2018, vol. 6, no. 1. (in Russ.) Available at: mir-nauki.com/PDF/10PDMN118.pdf
2. Barshay V.M., Tolopchenko V.N., Belavkina M.V. [Modern Tendencies in the Theory and Methodology of Kettlebell Lifting Training]. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya* [The World of Science, Culture and Education], 2018, no. 1 (68), pp. 205–210. (in Russ.)
3. Boyko V.V. *Tselenapravlennoe razvitie dvigatel'nykh sposobnostey cheloveka* [Purposeful Development of Human Motor Abilities]. Moscow, Soviet Sport Publ., 1987. 144 p.
4. Pavlov V.Yu. [Modeling Characteristics as Basis of Educational Training Process Monitoring of 13–15 Year Old Weightlifters]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta* [Tomsk State University Journal], 2012, no. 363, pp. 188–192. (in Russ.)
5. Davydik D.V. [Some Aspects of Technique of Performing Exercises in Kettlebell Lifting]. *Prikladnaya sportivnaya nauka* [Applied Sports Science], 2018, no. 1 (7), pp. 4–10. (in Russ.)
6. Pavlov V.Yu., Revyakin Yu.T. [Organization of Training Process of Junior Weightlifters Based on the Use of Model Characteristics]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2013, no. 5, pp. 60–63. (in Russ.)
7. Simen' V.P. [Competitive Success Rates Versus Physical Development and Fitness Rates of 11–17 Year Old Weightlifters]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2019, no. 5, pp. 99–101. (in Russ.)
8. Simen' V.P., Drandrov G.L. [Dynamics of Physical Development and Physical Readiness Indicators of 12–17 Year Weight Lifters]. *Pedagogiko-psikhologicheskie i mediko-biologicheskie problemy fizicheskoy kul'tury i sporta* [The Pedagogical and Psychological, Medical and Biological Problems of Physical Education and Sport], 2013, no. 4 (29), pp. 162–168. (in Russ.)

9. Simen' V.P., Drandrov G.L. [The Modern Tendencies of Improvement of Kettlebell Lifting Technique]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2014, no. 4, pp. 36–42. (in Russ.)
10. Smirnov R.S., Pravdov M.A., Pravdov D.M. [The Problems of the Formation of the Tempo and Rhythm Structure of Cyclical Movements in Kettlebell Lifting]. *Nauchnyy poisk* [Scientific Search], 2020, no. 2 (36), pp. 51–55. (in Russ.)
11. Tsipin L.L. [Evaluation of Muscular Efforts of Kettlebell Lifters During the Special Preparatory Exercises]. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific notes of the University P.F. Lesgaft], 2016, no. 7 (137), pp. 155–160. (in Russ.)
12. Tsipin L.L. [Analysis of Static Positions in Kettlebell Lifting Exercises]. *Rossiyskiy zhurnal biomekhaniki* [Russian Journal of Biomechanics], 2017, vol. 21, no. 2, pp. 178–187. (in Russ.) DOI: 10.15593/RZhBiomeh/2017.2.05
13. Shul'gin G.E., Furaev A.N. [Interrelations of Some Biomechanical Factor of Kettlebell Snatch]. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific notes of the University P.F. Lesgaft], 2018, no. 8 (162), pp. 217–222. (in Russ.)
14. Beardsley C., Conteras B. The Role of Kettlebells in Strength and Conditioning: A Review of the Literature. *Strength and Conditioning Journal*, 2014, vol. 36, iss. 3, pp. 64–70. DOI: 10.1519/SSC.00000000000000048
15. Falatic J.A. et al. Effects of Kettlebell Training on Aerobic Capacity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2015, vol. 29, iss. 7, pp. 1943–1947. DOI: 10.1519/JSC.00000000000000845
16. Lake J.P., Lauder M.A. Kettlebell Swing Training Improves Maximal and Explosive Strength. *Journal of strength and Conditioning Research*, 2012, vol. 26, iss. 8, pp. 2228–2233. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31825c2c9b
17. Riggs M.P., Sheppard J.M. The Relative Importance of Strength and Power Qualities to Vertical Jump Height of Elite Beach Volleyball Players During the Counter-Movement and Squat Jump. *Journal of Human Sport and Exercise*, 2009, vol. 4, iss. 3, pp. 221–236. DOI: 10.4100/jhse.2009.43.04
18. Bobbert M.F., Gerritsen K.G., Litjens M.C., Van Soest A.J. Why is Countermovement Jump Height Greater than Squat Jump Height? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1996, vol. 28, iss. 11, pp. 1402–1412. DOI: 10.1097/00005768-199611000-00009

Информация об авторах

Зухов Александр Сергеевич, кандидат педагогических наук, доцент кафедры физическая культура и спорт, Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет, Омск, Россия.

Стрельников Сергей Павлович, руководитель физическим воспитанием инженерного отделения, Университетский колледж агробизнеса Омского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина, Омск, Россия.

Information about the authors

Alexander S. Zukhov, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Education and Sport, Siberian State Automobile and Highway University, Omsk, Russia

Sergey P. Strelnikov, Responsible for Physical Education at the Engineering Department, University College of Agribusiness of the Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russia.

Статья поступила в редакцию 05.09.2022

The article was submitted 05.09.2022

СТАТИЧЕСКАЯ СИЛОВАЯ ВЫНОСЛИВОСТЬ МЫШЦ ТУЛОВИЩА КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СТУДЕНТОК НА ЗАНЯТИЯХ ОЗДОРОВИТЕЛЬНОЙ АЭРОБИКОЙ

Я.В. Платонова, kalinchevayana@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-4756-102X>

Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, Тамбов, Россия

Аннотация. Цель исследования – определить исходный уровень развития статической силовой выносливости сгибателей и разгибателей туловища, играющих значительную роль в обеспечении высокого уровня физической работоспособности студенток на занятиях оздоровительной аэробикой. **Материалы и методы.** Исследование проводилось с участием студенток 1–4-го курсов Тамбовского государственного университета имени Г.Р. Державина, выбравших в рамках элективных дисциплин по физической культуре и спорту занятия оздоровительной аэробикой. Статическая силовая выносливость сгибателей туловища оценивалась временем удержания прямых ног под углом 45° в положении лежа на спине, руки вдоль туловища; разгибателей туловища – временем удержания прямых ног и рук в положении лежа на животе, прогнувшись в поясничном отделе. **Результаты.** У студенток 1–4-го курсов выявлены значительные различия по результатам тестирования статической силовой выносливости сгибателей и разгибателей туловища ($P < 0,05$). Время выполнения теста «Удержание прямых ног под углом 45° в положении лежа на спине, руки вдоль туловища» студентками 1-го курса составило $37,4 \pm 19,3$ с, студентками 2-го курса – $59,2 \pm 17,2$ с, студентками 3-го курса – $44,88 \pm 26,9$ с, студентками 4-го курса – $40,19 \pm 18,9$ с. В тесте «Удержание прямых ног и рук в положении лежа на животе, прогнувшись в поясничном отделе», студентки 1-го курса показали значения, равные $71,1 \pm 23,2$ с, студентки 2-го курса – $96,04 \pm 29,9$ с, студентки 3-го курса – $82,45 \pm 27,11$ с, студентки 4-го курса – $80,37 \pm 26,9$ с. **Заключение.** Данные, полученные в результате исследования статической силовой выносливости сгибателей и разгибателей туловища, помогли выявить тенденции в развитии силовых способностей у девушек и послужили основой для разработки рейтинговой шкалы оценки статической силовой выносливости мышц туловища студенток, занимающихся оздоровительной аэробикой.

Ключевые слова: силовая выносливость, статический режим, мышцы брюшного пресса, мышцы спины, двигательная активность, студентки, аэробика

Благодарности. Публикация подготовлена в рамках гранта ТГУ имени Г.Р. Державина для молодых ученых, приказ № 267 от 22 мая 2020 г.

Для цитирования: Платонова Я.В. Статическая силовая выносливость мышц туловища как один из факторов физической работоспособности студенток на занятиях оздоровительной аэробикой // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 4. С. 108–115. DOI: 10.14529/hsm220413

Original article
DOI: 10.14529/hsm220413

STATIC STRENGTH ENDURANCE OF TRUNK MUSCLES AS A FACTOR OF PHYSICAL PERFORMANCE IN FEMALE STUDENTS

Ya.V. Platonova, kalinchevayana@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-4756-102X>

Derzhavin Tambov State University, Tambov, Russia

Abstract. Aim. The paper aims to identify baseline levels of static strength endurance of trunk flexors and extensors that play a significant role in providing high levels of physical performance during aerobics. **Materials and methods.** The study involved 1st–4th year female university students (Derzhavin Tambov State University) who chose aerobics as physical education electives. Static strength endurance of trunk

flexors was evaluated by the time of the 45-degree leg raise and hold exercise; static strength endurance of trunk extensors was evaluated by the time of the prone arm and leg lift exercise. **Results.** There were significant differences in static strength endurance of trunk flexors and extensors between 1st to 4th year female university students ($P < 0.05$). The time of the 45-degree leg raise and hold exercise was 37.4 ± 19.3 s, 59.2 ± 17.2 s, 44.88 ± 26.9 s, and 40.19 ± 18.9 in female university students of 1st to 4th year, respectively. The time of the prone arm and leg lift exercise was 71.1 ± 23.2 s, 96.04 ± 29.9 s, 82.45 ± 27.11 s, and 80.37 ± 26.9 s in female university students of 1st to 4th year, respectively. **Conclusion.** The data obtained allowed for the identification of trends in the development of strength abilities in female university students and served as the basis for the development of a scale for measuring static strength endurance.

Keywords: strength endurance, static mode, abdominal muscle, back muscles, physical activity, female university students, aerobics

Acknowledgements. The publication was prepared as part of a grant for young scientists from G.R. Derzhavin TSU, order No. 267 dd. May 22, 2020.

For citation: Platonova Ya.V. Static strength endurance of trunk muscles as a factor of physical performance in female students. *Human. Sport. Medicine.* 2022;22(4):108–115. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220413

Введение. В содержание занятий аэробикой входит существенное количество движений туловищем: прогибания, наклоны, повороты, покачивания, волны, сгибания, разгибания. Данные двигательные действия могут осуществляться в статическом и динамическом режимах работы мышц и задействуют мышцы, стабилизирующие корпус. В данном исследовании интерес представляет статический режим работы мышц туловища, заключающийся в удерживании и фиксации положения, для которого характерно наличие сокращения, при отсутствии изменения длины мышц и движений в суставах. В аэробной части занятия по аэробике статическое мышечное напряжение проявляется в поддержании определенного положения тела в пространстве, в силовой части занятия – в удержании поз и выполнении асан.

Движения туловищем в аэробике тесно связаны с разнообразными движениями ног и рук. *Слабые мышцы кора* могут значительно ухудшить их работу. Кроме того, не тренированный к статическим усилиям организм не выдерживает требуемого уровня физической работоспособности в аэробной и силовой частях занятия по аэробике, в связи с чем силе и силовой выносливости сгибателей и разгибателей туловища студенток, занимающихся аэробикой, необходимо уделять особое внимание, а адаптацию к статическим усилиям сделать неотъемлемой частью физической подготовки студенток.

Исследованиями Э.В. Булановой, В.Г. Осипова [2], В.В. Дрепина с соавт. [3, 4], З.И. Кузнецовой [8], К. Selvaganapathy et al. [20] под-

черкивается, что статическая выносливость мышц туловища способствует гармоничному развитию мышечного корсета живота и спины, профилактике и коррекции нарушений осанки, снижению риска развития проблем, связанных с заболеваниями ОДА. Актуальность развития статической выносливости мышц туловища обоснована и тем, что одной из основных медицинских проблем у представителей студенческой молодежи, согласно О.В. Марандыкиной, Ю.А. Матвееву, считаются нарушения осанки, обусловленные начальными проявлениями сколиотической болезни [10].

В целом прослеживается отрицательная динамика по показателям силы и силовой (статической и динамической) выносливости различных мышечных групп у студентов к старшим курсам обучения. Снижение показателей развития статической выносливости мышц большинство специалистов связывают с невысоким уровнем двигательной активности у современной студенческой молодежи [5, 6, 9, 19]. Более длительное время выполнения статических тестов на выносливость имеют студенты, занимающиеся двигательной активностью не менее трех раз в неделю, а ожидаемого улучшения выносливости мышц туловища следует ожидать, выполняя физические упражнения в течение пяти дней в неделю [19].

N. Bedekar et al. [14], R.A. Adedoyin et al. [15], оценивая влияние различных аспектов на снижение времени выносливости, выделяют также возрастной фактор. N. Bedekar et al. к факторам, вызывающим снижение выносли-

вости мышц туловища у здоровых испытуемых, относят массу тела, индекс массы тела, соотношение талии и бедер.

Мониторинг глубоких и поверхностных мышц туловища, проведенный S.M. McGill, A. Childs, C. Liebenson, показал, что для обеспечения устойчивости туловища важную роль играет квадратная мышца поясницы [18]. A. Barati, A. SafarCherati, A. Aghayari, F. Azizi, H. Abbasi [16], S. Mandal, B. Roy, G.C. Saha [17] доказана значимая связь выносливости сгибателей и разгибателей туловища со статическим и динамическим равновесием. Тренировка, направленная на повышение выносливости мышц туловища, должна включать в свое содержание физические упражнения на развитие баланса, и наоборот.

Повысить эффективность занятий возможно в ходе использования статодинамического режима, сочетающего динамические движения колебательного характера и статические упражнения на напряжение и растяжение противодействующих мышц [12]. Существенное значение в тренировках на развитие статической выносливости мышц туловища и улучшение функции равновесия отводится использованию веревок или петель, а также нестабильных балансирующих поверхностей: полусфер, платформ, подушек, досок, дисков, балансбордингов. Эффективным средством развития силы мышц считаются различные вариации статических и динамических планок [7].

Организация и методы исследования.

Для достижения цели исследования в 2020/2021 учебном году было проведено педагогическое тестирование, включающее анализ и выявление различий в уровне развития статической силовой выносливости сгибателей и разгибателей туловища студенток 1–4-го курсов ТГУ имени Г.Р. Державина, выбравших занятия оздоровительной аэробикой. Проведение тестирования осуществлялось в конце втягивающего мезоцикла (сентябрь) первого макроцикла занятий по оздоровительной аэробике [1]. Для исследования были отобраны 160 студенток, не имеющих заболеваний и травм опорно-двигательного аппарата, по 40 человек на каждом курсе.

Оценка состояния статической силовой выносливости мышц брюшного пресса студенток определялась исходя из времени удержания прямых ног под углом 45° в положении лежа на спине, руки вдоль туловища (с); ста-

тической выносливости мышц спины – времени удержания прямых ног и рук в положении лежа на животе, прогнувшись в поясничном отделе (с). Результаты педагогического тестирования были проанализированы и обработаны методом математической статистики. Для определения статистической значимости различий средних значений использовался t-критерий Стьюдента. Полученные значения легли в основу оценочной шкалы, позволяющей определить уровень развития статической силовой выносливости мышц туловища у студенток. Верхняя и нижняя границы шкалы устанавливались в соответствии с 10 лучшими и 10 худшими результатами тестирования [11].

Также в ходе исследования со студентками 1–4-го курсов ТГУ имени Г.Р. Державина был проведен опрос для изучения времени, затрачиваемого студентками на самостоятельную двигательную активность, и определения различных форм самостоятельных занятий физическими упражнениями.

Результаты исследования. На рис. 1 видно, что наибольшее время удержания ног на весу под углом 45° в положении лежа на спине, руки вдоль туловища, показали студентки 2-го курса обучения, наименьшее – студентки-первокурсницы, занимающиеся оздоровительной аэробикой с начала семестра ($P < 0,05$). Достоверное снижение результатов тестирования относительно времени удержания позы студентками второго года обучения наблюдается у девушек третьего и четвертого курсов ($P < 0,05$).

Общее среднее значение в тестировании статической силовой выносливости мышц брюшного пресса у студенток 1–4-го курсов составило $58,3 \pm 22,4$ с. Анализ результатов тестирования выявил существенный разброс данных (коэффициент вариации 30 %). Минимальное значение в тесте составило 12 с, максимальное – 120 с. В рамках исследования ниже представлены данные, полученные рядом авторов, работающих над изучением статической силовой выносливости сгибателей туловища у студенток и использующих при этом различные методики тестирования:

- $58,86 \pm 3,4$ с – при удерживании ног под углом 45° , держась за нижнюю перекладину гимнастической стенки хватом снизу [5];
- $65,4 \pm 26,5$ с – в удержании туловища, отклоненного назад под углом 60° , в исходном положении сидя, руки скрещены на гру-

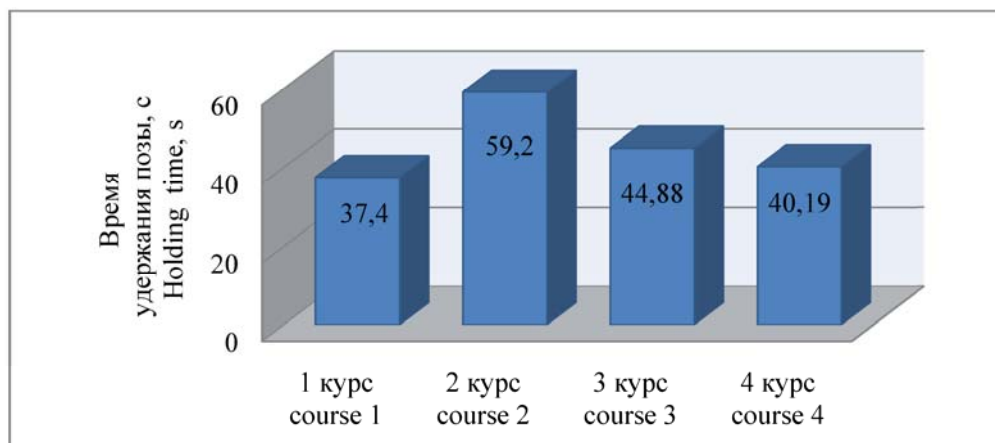


Рис. 1. Результаты измерения статической силовой выносливости мышц брюшного пресса у студенток 1-4-го курсов ТГУ имени Г.Р. Державина

Fig. 1. Static strength endurance of abdominal muscles in 1–4 year female students (Derzhavin TSU)

ди, бедра и колени согнуты под углом 90° (Краус–Вебер тест) [20];

- $58,3 \pm 14,5$ с – в тесте «Удержание туловища в упоре лежа» [4].

Уровень развития статической силовой выносливости разгибателей туловища у студенток ТГУ имени Г.Р. Державина показан на рис. 2. Лучшие результаты тестирования имеют студентки второго курса обучения, худшее время зафиксировано у студенток первого курса ($P < 0,05$). Время, показанное студентками третьего и четвертого курсов обучения, достоверно ниже результатов студенток-второкурсниц ($P < 0,05$).

Общее среднее значение в удержании позы, характеризующей статическую силовую выносливость мышц спины, составило $90,4 \pm 26,4$ с. Результаты тестирования характеризуются существенным разбросом значений, изменяясь от минимального времени в 27 с до максимального в 185 с (коэффициент вариации 32,3 %). Анализ литературы относительно средней выносливости разгибателей спины у девушек показал:

- $114,7 \pm 33,2$ с – в аналогичном тесте [4];
- $81,16 \pm 4,8$ с – в тесте с удержанием на весу верхней половины туловища, лежа на животе, с закрепленными ногами, руки за головой [5];
- $107,84 \pm 41,74$ с – при стабилизации туловища на весу, лежа на животе, ноги передней поверхностью бёдер на кушетке, руки на груди (Биринг–Соренсен тест) [20].

В проведенном исследовании находит подтверждение тот факт, что выносливость разгибателей туловища выше, чем выносли-

вость сгибателей туловища, обнаруженный К. Selvaganapathy et al. [20].

Результаты данного исследования свидетельствуют о низком уровне физической подготовленности студенток вуза, поступивших на первый курс обучения. Низкая приспособленность студенток к физическим нагрузкам статического характера сказывается на снижении уровня физической работоспособности на занятиях аэробикой. При этом следует отметить ярко выраженную динамику в повышении выносливости мышц брюшного пресса и мышц спины к статической нагрузке у студенток ко второму курсу обучения, что согласуется с данными других авторов [13]. Поскольку развитие силовой выносливости – это одна из самых значительных физических возможностей в оздоровительной фитнес-тренировке, возможно, именно этим положением объясняется резкий скачок в повышении силовых показателей у студенток второго курса.

Значения, полученные в тестах «Удержание прямых ног под углом 45° в положении лежа на спине, руки вдоль туловища» и «Удержание прямых ног и рук в положении лежа на животе, прогнувшись в поясничном отделе», составили основу шкалы для оценки уровня развития статической силовой выносливости сгибателей и разгибателей туловища у студенток, занимающихся оздоровительной аэробикой в вузе (см. таблицу).

В целом отмечается невысокий уровень двигательной активности студенток 1–4-го курсов. Так, один раз в неделю помимо обязательных занятий физической культурой в вузе

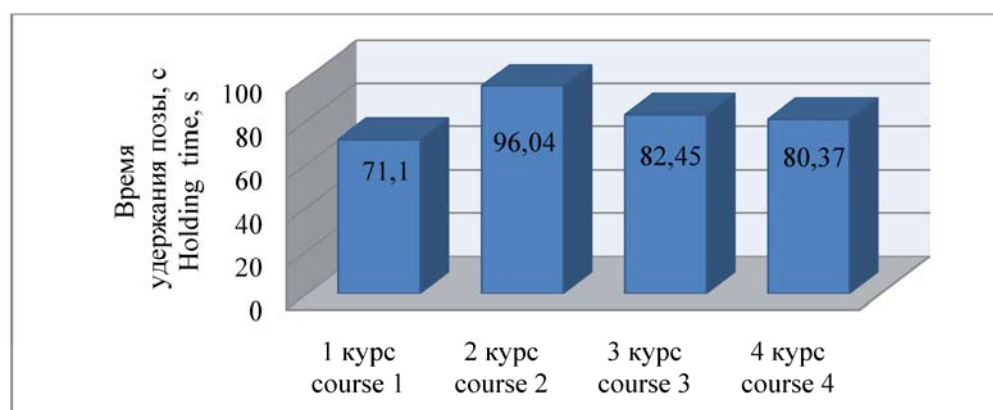


Рис. 2. Результаты измерения статической силовой выносливости мышц спины у студенток 1–4-го курсов ТГУ имени Г.Р. Державина

Fig. 2. Static strength endurance of the back muscles in 1–4 year female students (Derzhavin TSU)

Шкала оценки уровня развития статической силовой выносливости сгибателей и разгибателей туловища у студенток ТГУ имени Г.Р. Державина, занимающихся оздоровительной аэробикой
Scale for the assessment of static strength endurance of trunk flexors and extensors in female students (Derzhavin TSU) engaged in aerobics

Уровень / Level									
Очень высокий Very high		Высокий High		Средний Average		Низкий Low		Очень низкий Very low	
Баллы / Points									
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Тестовое задание «Удержание прямых ног под углом 45° в положении лежа на спине, руки вдоль туловища» (с) Exercise 45-degree leg raise and hold (s)									
101 и более and more	100–91	90–81	80–71	70–61	60–51	50–41	40–31	30–21	20 и менее and less
Тестовое задание «Удержание прямых ног и рук в положении лежа на животе, прогнувшись в поясничном отделе» (с) Exercise Prone arm and leg lift (s)									
131 и более and more	130–121	120–111	110–101	100–91	90–81	80–71	70–61	60–51	50 и менее and less

занимаются 19 % опрошенных студенток, два раза в неделю – 22 %, три раза в неделю – 13 %, более 4 раз в неделю – 10 %. В среднем на самостоятельные занятия физическими упражнениями девушки тратят от 30–40 до 60 минут. Самостоятельная двигательная активность отсутствует у 36 % студенток. Тем не менее, даже занимаясь самостоятельно более 3 раз в неделю, студентки не выходят на необходимую недельную норму двигательной активности (от 10 до 15 ч) для поддержания на должном уровне своего физического состояния. Из опроса выявлено, что самостоятельные физические упражнения выполняются в виде пеших прогулок, езды на велосипеде, упражнений на растяжку, силовых упражнений, занятий фитнесом.

Заключение. Силу и силовую выносливость сгибателей и разгибателей туловища студенток можно рассматривать в качестве важного информативного и адекватного критерия физической подготовленности и физической работоспособности студенток на занятиях аэробикой. Состояние статической выносливости мышц брюшного пресса и мышц спины у студенток можно контролировать, используя тесты «Удержание прямых ног под углом 45° в положении лежа на спине, руки вдоль туловища», «Удержание прямых ног и рук в положении лежа на животе, прогнувшись в поясничном отделе» и разработанную в соответствии с данными тестами рейтинговую шкалу оценки. Повышение адаптивных возможностей студенток на практических за-

нениях по оздоровительной аэробике возможно через развитие комплексной силовой вы-

носливости путем использования статодинамических упражнений.

Список литературы

1. Бойко, А.Л. Воздействие шейпинг-тренировки психомоторной направленности на развитие гибкости и силовых качеств / А.Л. Бойко, А.Н. Смовженко // *Физическое воспитание студентов творческих специальностей: сб. науч. тр. / под ред. проф. С.С. Ермакова. – Харьков: Харьковская гос. академия дизайна и искусств. – 2007. – № 3. – С. 8–15.*
2. Буланова, Э.В. Статическая выносливость мышц тазового региона и способ ее повышения у девушек-студенток / Э.В. Буланова, В.Г. Осипов // *Культура физическая и здоровье. – 2018. – Т. 67, № 3. – С. 31–32.*
3. Дрепин, В.В. О взаимосвязи статической выносливости с нарушениями опорно-двигательного аппарата студентов педвуза / В.В. Дрепин, В.В. Черняев, М.С. Данилов // *Культура физическая и здоровье. – 2017. – Т. 61, № 1. – С. 104–108.*
4. Дрепин, В.В. Педагогические условия развития статической выносливости студентов педвуза / В.В. Дрепин, В.В. Черняев // *Культура физическая и здоровье. – 2016. – Т. 56, № 1. – С. 48–51.*
5. Голубова, Т.Н. Оценка функционального состояния и статической выносливости мышц туловища студентов КГМУ / Т.Н. Голубова, Ю.Я. Садовская // *Педагогика, психология и мед.-биол. проблемы физ. воспитания и спорта. – 2007. – № 6. – С. 79–82.*
6. Кокшаров, А.В. Развитие выносливости студентов железнодорожного вуза в процессе профессионально-прикладной физической подготовки / А.В. Кокшаров, В.П. Шульпина // *Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6.*
7. Кужелева, М.С. Развитие мышц-стабилизаторов у девушек 18–25 лет, занимающихся силовым фитнесом / М.С. Кужелева, О.В. Ильичева, Я.В. Сираковская // *Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2018. – № 10 (164). – С. 163–167.*
8. Кузнецова, З.И. Развивать статическую выносливость мышц спины / З.И. Кузнецова // *Физическая культура в школе. – 1968. – № 4. – С. 3.*
9. Кузнецов, И.А. Оздоровительная методика повышения адаптационных возможностей студентов первого курса средствами физической культуры / И.А. Кузнецов, О.О. Куравлева, А.М. Стрельников // *Перспективы развития строительного комплекса. – 2018. – № 12. – С. 205–209.*
10. Марандыкина, О.В. Скрининг-диагностика нарушений осанки и контроль эффективности коррекционных фитнес-программ / О.В. Марандыкина, Ю.А. Матвеев // *Спортивная медицина: наука и практика. – 2019. – Т. 9, № 1. – С. 21–27. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.21*
11. Слободняк, Е.Н. Разработка и применение комплексной шкалы оценки уровня развития гибкости у студентов технического университета / Е.Н. Слободняк. – <http://rep.polessu.by/bitstream/112/2288/1/38.pdf> (дата обращения: 23.02.2020).
12. Чепиков, Е.М. Особенности режимов мышечной деятельности на занятиях оздоровительными видами гимнастики / Е.М. Чепиков, О.Н. Фёдорова, Е.П. Кузнецова // *Материалы Междунар. науч. конф. «XV юбилейные «Царскосельские чтения». – СПб.: ЛГУ им. А.С. Пушкина, 2011. – Т. 2. – С. 327–331.*
13. Шевелева, И.Н. Физическая культура студенток в профилактике нарушения репродуктивного здоровья: моногр. / И.Н. Шевелева, Ж.Б. Сафонова. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2014. – 148 с.
14. Comparison of low back extensors, abdominal core and abdominal muscle endurance in normal and overweight young females / N. Bedekar, Sh. Shah, S. Shirodkar et al. // *International Journal of Physiotherapy and Research. – 2019. – Vol. 7, iss. 6. – P. 3295–3300. DOI: <https://dx.doi.org/10.16965/ijpr.2019.186>*
15. Endurance of low back musculature: Normative data for adults / R.A. Adedoyin, Ch.E. Mbada, A.O. Farotimi et al. // *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation. – 2011. – Vol. 24, iss. 2. – P. 101–109. DOI 10.3233/BMR-2011-0282*
16. Evaluation of relationship between trunk muscle endurance and static balance in male students / A. Barati, A. Safar Cherati, A. Aghayari et al. // *Asian Journal of Sports Medicine. – 2013. – Vol. 4, iss. 4. – P. 289–29. DOI: 10.5812/asjsm.34250*

17. Mandal, S. *A relationship study between trunk muscle endurance with static and dynamic balance in female collegiate students* / S. Mandal, B. Roy, G.Ch. Saha // *International Journal of Physical Education, Sports and Health*. – 2017. – Vol. 4, iss. 3. – P. 382–384.
18. McGill, S.M. *Endurance times for low back stabilization exercises: clinical targets for testing and training from a normal database* / S.M. McGill, A. Childs, C. Liebenson // *Arch Phys Med Rehabil*. – 1999. – Vol. 80. – P. 941–944. DOI: 10.1016/s0003-9993(99)90087-4
19. Norms for an isometric muscle endurance test article / S.L. Strand, J. Hjelm, T.C. Shoepe, M.A. Fajardo // *Journal of Human Kinetics*. – 2014. – Vol. 40. – P. 93–102. DOI: 10.2478/hukin-2014-0011
20. Selvaganapathy, K. *The relationship between trunk muscles endurance and normal BMI among university students with sedentary lifestyle* / K. Selvaganapathy, R. Karthikeyan, C.M. Balachanthran // *International Journal of Physiotherapy*. – 2017. – Vol. 4, iss. 6. – P. 358–362. DOI: 10.15621/ijphy/2017/v4i6/163923

References

1. Boyko A.L., Smovzhenko A.N. [Impact of Psychomotor Shaping Training on the Development of Flexibility and Strength]. *Fizicheskoe vospitanie studentov tvorcheskikh special'nostey* [Physical Education of Students of Creative Specialties], 2007, no. 3, pp. 8–15.
2. Bulanova E.V., Osipov V.G. [Static Endurance of the Muscles of the Pelvic Region and the Way to Increase it in Female Students]. *Kul'tura fizicheskaya i zdorov'e* [Physical Culture and Health], 2018, vol. 3, no. 67, pp. 31–32. (in Russ.)
3. Drepin V.V., Chernyaev V.V., Danilov M.S. [On the Relationship of Static Endurance with Disorders of the Musculoskeletal System of Pedagogical University Students]. *Kul'tura fizicheskaya i zdorov'e* [Physical Culture and Health], 2017, vol. 1, no. 61, pp. 104–108. (in Russ.)
4. Drepin V.V., Chernyaev V.V. [Pedagogical Conditions for the Development of Static Endurance of Students of a Teacher Training University]. *Kul'tura fizicheskaya i zdorov'e* [Physical Culture and Health], 2016, vol. 1, no. 56, pp. 48–51. (in Russ.)
5. Golubova T.N., Sadovskaya Yu.Ya. [Assessment of the Functional State and Static Endurance of the Muscles of the Trunk of KSMU Students]. *Pedagogika, psihologiya i mediko-biologicheskie problemy fizicheskogo vospitaniya i sporta* [Pedagogy, Psychology and Medico-Biological Problems of Physical Education and Sports], 2007, no. 6, pp. 79–82. (in Russ.)
6. Koksharov A.V., Shul'pina V.P. [Development of Endurance of Students of a Railway University in the Process of Professionally Applied Physical Training]. *Elektronniy nauchniy zhurnal: Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Electronic Scientific Journal. Modern Problems of Science and Education], 2014, no. 6. (in Russ.)
7. Kuzheleva M.S., Il'icheva O.V., Sirakovskaya Ya.V. [The Development of Stabilizing Muscles in Girls 18–25 Years Old, Engaged in Power Fitness]. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific Notes of the P.F. Lesgaft], 2018, no. 10 (164), pp. 163–167. (in Russ.)
8. Kuznecova Z.I. [Develop Static Endurance of the Back Muscles]. *Fizicheskaya kultura v shkole* [Physical Culture in School], 1968, no. 4, p. 3. (in Russ.)
9. Kuznecov I.A., Kuravleva O.O., Strel'nikov A.M. [Recreational Methodology for Increasing the Adaptive Capabilities of Students of the Course of Physical Culture Means]. *Perspektivy razvitiya stroitel'nogo kompleksa* [Prospects for the Development of the Building Complex], 2018, no. 12, pp. 205–209. (in Russ.)
10. Marandykina O.V., Matveev Yu.A. [Screening-Diagnostics of Posture Disorders and Control of the Effectiveness of Corrective Fitness Programs]. *Sportivnaya medicina: nauka i praktika* [Sports Medicine. Science and Practice], 2019, vol. 9, no. 1, pp. 21–27. (in Russ.) DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.21
11. Slobodnyak E.N. *Razrabotka i primeneniye kompleksnoy shkaly otsenki urovnya razvitiya gibkosti u studentov tekhnicheskogo universiteta* [Development and Application of a Complex Scale for Assessing the Level of Flexibility Among Students of a Technical University]. Available at: <http://rep.polessu.by/bitstream/112/2288/1/38.pdf> (accessed 23.02.2016).
12. Chepakov E.M., Fyodorova O.N., Kuznecova E.P. [Features of the Regime of Muscular Activity in the Classroom with Health-Improving Types of Gymnastics]. *Materialy Mezhdunar. nauch.*

konferencii "XV yubileyное "Carskosel'skie chteniya" [Materials of the International Scientific Conference XV Anniversary Tsarskoye Selo Readings], 2011, vol. 2, pp. 327–331. (in Russ.)

13. Sheveleva I.N., Safonova Zh.B. *Fizicheskaya kul'tura studentok v profilaktike narusheniya re-produktivnogo zdorov'ya* [Physical Culture of Female Students in the Prevention of Reproductive Health Disorders]. Omsk, OmSTU Publ., 2014. 148 p.

14. Bedekar N., Shah Sh., Shirodkar S. et al. Comparison of Low Back Extensors, Abdominal Core and Abdominal Muscle Endurance in Normal and Overweight Young Females. *International Journal of Physiotherapy and Research*, 2019, vol. 7, iss. 6, pp. 3295–3300. DOI: 10.16965/ijpr.2019.186

15. Adedoyin R.A., Mbada Ch.E., Farotimi A.O. et al. Endurance of Low Back Musculature: Normative data for Adults. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 2011, vol. 24, pp. 101–109. DOI: 10.3233/BMR-2011-0282

16. Barati A., SafarCherati A., Aghayari A. et al. Evaluation of Relationship between Trunk Muscle Endurance and Static Balance in Male Students. *Asian Journal of Sports Medicine*, 2013, vol. 4, iss. 4, pp. 289–299. DOI: 10.5812/asjsm.34250

17. Mandal S., Roy B., Saha G.Ch. A Relationship Study between Trunk Muscle Endurance with Static and Dynamic Balance in Female Collegiate Students. *International Journal of Physical Education, Sports and Health*, 2017, vol. 4, iss. 3, pp. 382–384.

18. McGill S.M., Childs A., Liebenson C. Endurance Times for Low Back Stabilization Exercises: Clinical Targets for Testing and Training from a Normal Database. *Arch Physical Medical Rehabilitation*, 1999, vol. 80, pp. 941–944. DOI: 10.1016/s0003-9993(99)90087-419. Strand S.L., Hjelm J., Shoepe T.C., Fajardo M.A. Norms for an Isometric Muscle Endurance Test Article. *Journal of Human Kinetics*, 2014, vol. 40, pp. 93–102. DOI: 10.2478/hukin-2014-0011

20. Selvaganapathy K., Karthikeyan R., Balachanthran C.M. The Relationship between Trunk Muscles Endurance and Normal BMI Among University Students with Sedentary Lifestyle. *International Journal of Physiotherapy*, 2017, vol. 4, iss. 6, pp. 358–362. DOI: 10.15621/ijphy/2017/v4i6/163923

Информация об авторе

Платонова Яна Валентиновна, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры физического воспитания, Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, Тамбов, Россия.

Information about the author

Yana V. Platonova, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physical Education, Derzhavin Tambov State University, Tambov, Russia.

Статья поступила в редакцию 20.08.2022

The article was submitted 20.08.2022

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТАКТИЛЬНЫХ СРЕДСТВ В КОНТАКТНЫХ ДЕЙСТВИЯХ ТРЕНЕРА ПО ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ГИМНАСТИКЕ

М. Секованич^{1,2}, mirjanahr@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2803-2325>

Г.Н. Германов², genchay@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8066-846X>

Е.С. Колесникова², petrysa333@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1038-2316>

Е.С. Черенкова³, kassiopiya91@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3521-8117>

Я.В. Готовцева⁴, yana-vgu@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7390-7920>

¹Московская комплексная спортивная школа олимпийского резерва «Север»
Департамента спорта города Москвы, Москва, Россия

²Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, Россия

³Воронежская государственная академия спорта, Воронеж, Россия

⁴Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

Аннотация. Цель исследования – определить эффективность тактильных воздействий при развитии физических качеств и в обучении движениям на этапе начальной подготовки девочек 5–8 лет, занимающихся художественной гимнастикой. **Материалы и методы.** Методология исследования предусматривала ранжирование, классифицирование, проведение экспертных оценок. В исследовании осуществлено анкетирование 76 тренеров и высококвалифицированных спортсменок по художественной гимнастике. Использовались стандартные методы обработки с использованием пакетов статистических программ Stadia 8.0, Microsoft Excel. **Результаты.** В исследовании определено соотношение средств подготовки в структуре невербальных воздействий тренера по художественной гимнастике, где тактильным средствам рекомендуется отводить до 20 % за счет уменьшения объема кинетических, такесических, визуальных и акустических средств в пользу тактильных, и эту пропорцию следует признать рациональным и паритетным соотношением, приводящим к значительному росту показателей физической подготовленности и повышению качества движений. Выявлены условия эффективного применения тактильных средств в обучении и развитии юных спортсменок-художниц при начальных занятиях видом спорта, предусматривающие применение определенных видов телесных прикосновений в структуре тактильной коммуникации тренера. **Заключение.** Тактильные средства следует признать как самостоятельные обучающие и развивающие единицы в структуре двигательной деятельности, расширяющие возможности педагогического сотрудничества тренера и юной спортсменки, содействующие установлению взаимоприемлемых и доверительных отношений, потенцирующие эффект обучения и развития девочек на этапе начальной подготовки, приводящие к позитивным сдвигам в приросте двигательных способностей и содействующие освоению базовых элементов в художественной гимнастике.

Ключевые слова: средства тренировки, невербальная коммуникация, тактильный контакт, телесное прикосновение, юные спортсмены, художественная гимнастика

Для цитирования: Эффективность применения тактильных средств в контактных действиях тренера по художественной гимнастике / М. Секованич, Г.Н. Германов, Е.С. Колесникова и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 4. С. 116–124. DOI: 10.14529/hsm220414

EFFICIENCY OF TACTILE CONTACT IN RHYTHMIC GYMNASTICS

M. Sekovanich^{1,2}, mirjanahr@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2803-2325>
G.N. Germanov², genchay@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8066-846X>
E.S. Kolesnikova², petrysya333@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1038-2316>
E.S. Cherenkova³, kassioپیa91@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3521-8117>
Ya.V. Gotovtseva⁴, yana-vgu@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7390-7920>

¹Moscow comprehensive sports school of Olympic reserve "Sever"
of the Moscow Department of Sports, Moscow, Russia

²Russian University of Sports "SCOLIPE", Moscow, Russia

³Voronezh State Academy of Sports, Voronezh, Russia

⁴Voronezh State University, Voronezh, Russia

Abstract. Aim. The paper aims to measure the effectiveness of tactile contact in the development of physical qualities and learning movements among 5–8-year-old girls engaged in rhythmic gymnastics. **Materials and methods.** The research methodology included ranking, classification, and expert assessment procedures. Seventy-six coaches and highly skilled gymnasts were surveyed. Data processing was performed with standard software, including Stadia 8.0 and Microsoft Excel. **Results.** It is recommended that the amount of tactile means be increased by up to 20% by reducing kinetic, takesik, visual, and acoustic means in favor of those tactile. This ratio should be recognized as logical, as it results in significant improvements in physical fitness and movement quality. The effective use of tactile means has been revealed in young female gymnasts at the beginning of their training experience. **Conclusion.** Tactile means should be recognized as an independent instrument that expands the prospects for pedagogical cooperation between a trainer and a young athlete, contributes to mutually acceptable and trusting relationships, enhances learning and development at the beginning of athletic experience, leads to positive changes in motor abilities, and promotes the acquisition of basic elements in rhythmic gymnastics.

Keywords: training means, non-verbal communication, tactile contact, young athletes, rhythmic gymnastics

For citation: Sekovanich M., Germanov G.N., Kolesnikova E.S., Cherenkova E.S., Gotovtseva Ya.V. Efficiency of tactile contact in rhythmic gymnastics. *Human. Sport. Medicine*. 2022;22(4):116–124. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220414

Введение. В содержание активно используемых тренировочных средств юных гимнасток-художниц на этапе начальной подготовки, как выявлено [11, 12], не включаются невербальные воздействия, которые с полным правом можно признать самостоятельными единицами коммуникативной деятельности, представляющими второй по отношению к слову информационный канал [2, 3, 9]. Движения, сопровождаемые воздействием невербальных составляющих контакта, расширяют возможности педагогического сотрудничества, обогащают совместную деятельность тренера и спортсменки, являются способом влияния на обучающегося, усиливают возможности начального познания, потенцируют эффект обучения и развития ребенка [6, 7, 9].

Предполагается, что процессы контактного взаимодействия включают оптимальный

набор невербальных педагогических средств, вызывающих позитивный результат в обучении движениям и развитии физических качеств, разнообразие которых включает тактильные, акустические, кинетические, такесические и другие средства, их ранжирование позволит выявить наиболее эффективные. Исследование допустимости и границ реального применения невербальных средств тренером в процессе занятий художественной гимнастикой, разработка педагогических рекомендаций и алгоритмов тактильного сопровождения процесса изучения движений и развития двигательных способностей у юных гимнасток 5–8 лет позволит совершенствовать учебно-тренировочный процесс юных спортсменок.

Материалы и методы. Методология исследования предусматривала ранжирование, классифицирование, проведение экспертных

оценок. В исследования осуществлено анкетирование 76 тренеров и высококвалифицированных спортсменов по художественной гимнастике. Использовались стандартные методы обработки с использованием пакетов статистических программ Stadia 8.0, Microsoft Excel.

Результаты. При опросе экспертов выяснялось мнение респондентов о рациональном соотношении специфических и общепедагогических средств на этапе начальной подготовки в тренировочном процессе девочек 5–8 лет, занимающихся художественной гимнастикой. При сравнении средней арифметической и медианных значений объема специфических и общепедагогических средств выявлены достоверные различия рекомендуемых параметров физических упражнений и приоритет их использования в структуре применяемых средств над применением всех остальных педагогических средств – 55,0 % (Н-эмпирический = 282,4; $p \leq 0,001$), используемых тренером по художественной гимнастике, как это и отмечают эксперты ($n = 76$). Мы учитывали, что критерий сравнения (Н-Крускала–Уоллеса) изменяется при переходе от группы к группе, поэтому при множественном сопоставлении выборок достоверные различия между какой-либо парой в отдельных случаях скрываются, в силу этого для уточнения проводились попарные сопоставления средних и медианных значений, как это и отображено в таблице.

Выявлено, что невербальные средства в объеме 17,4 % в структуре педагогических средств, используемых тренером по художественной гимнастике, достоверно превышают объем времени, отводимый на другие средства обучения и развития девочек 5–8 лет, – 13,2 % (вербальные) и 9,6 % (наглядные, Н-эмпирический = 154,5; $p < 0,001$). С другой стороны, наблюдается доминирование вербальных (словесных) средств над наглядными средствами (Н-эмпирический = 93,9; $p < 0,01$), и это объяснимо, поскольку овладение информационной ориентировочной основой действий, т. е. правильное понимание структуры выполняемых упражнений, в большей мере приносит пользу в обучении, нежели наглядное восприятие упражнения, которое порой не могут осознать и воссоздать занимающиеся в этом возрасте без сопровождающих подсказок, инструкций, команд, коррекций. А использование тренажеров и других

технических средств обучения в тренировке девочек 5–8 лет, занимающихся художественной гимнастикой, следует признать преждевременным, они занимают низший ранг. При этом отмечается незначительная доля времени, отводимая данным средствам подготовки, фиксируется достоверно значимый меньший объем затрат времени на их использование, отличный от других объемов педагогических средств (Н-эмпирический = 48,8; $p < 0,01$).

По мнению экспертов удельный вес тактильных средств (корректирующих прикосновений, направляющих действий, проводки по движению, страховки, физической помощи) в общем объеме невербальных воздействий может достигать 8 %, и это достоверно выше рекомендуемых объемов акустических средств – 3,8 % (Н-эмпирический = 186,5; $p < 0,001$), визуальных средств – 2,6 % (Н-эмпирический = 80,8; $p < 0,001$), других средств (Н-эмпирический = 48,8; $p < 0,001$). В то же время в сравнении с выше приведенными параметрами нагрузок доля кинетических средств (утрирующих движений тренера, искажающих действий, шаржированной пантомимики, схематической имитации) и такесических средств (рукопожатий, дотрагиваний, поглаживания, похлопывания, объятий, поцелуев) остается несущественной, не имеет значимого влияния на процесс обучения движениям и развитие физических качеств, отмечается их незначительное влияние на подготовку на уровне малых статистических величин – 2,0 и 0,9 % (Н-эмпирический = 6,9; $p < 0,05$).

В вопросе допустимости использования невербальных тактильных средств в контактных взаимодействиях тренера и гимнастки (5 баллов – тактильные воздействия необходимы, 1 балл – не допустимы) средняя взвешенная арифметическая (\bar{X}) и среднее квадратическое отклонение (σ) составили $4,2 \pm 0,8$ балла, при этом 64 эксперта (84,2 %) высказались в пользу использования данных средств.

При оценке действенности невербальных тактильных средств (5 баллов – оказывают значительное влияние, 1 балл – нет влияния) как канала поступления информации средняя взвешенная арифметическая составила $3,8 \pm 0,8$ балла, при этом 52 эксперта (68,4 %) определили тактильные прикосновения как важное средство при формировании ориентировочной основы действия, или так называемого «образа действия», а 47 экспертов (61,8 %) со

Рекомендуемое соотношение общепедагогических и специфических средств у девочек 5–8 лет
на этапе начальной подготовки в художественной гимнастике (результаты анкетирования)
Recommended ratio of general and specific means for 5–8-year-old girls
at the beginning of training experience in rhythmic gymnastics (survey results)

Средства физического воспитания Means of physical education	$\bar{X} \pm \sigma$	Минимум Min	Максимум Max	Вариация Variation, %	Мода Mo	Медиана Me
Специфические – физические упражнения, % Specific physical exercise	55,0 ± 11,3	25	79	20,5	50	54
Н-эмпирический = 282,4 / H-empirical = 282,4 Различия между показателями шкал статистически значимы при $p < 0,001$ Differences between scale scores are statistically significant at $p < 0.001$						
Общепедагогические средства, % General pedagogical means	по группам / by group					
Невербальные средства % Non-verbal means	17,4 ± 6,6	5	38	37,9	20	15
Н-эмпирический = 154,5 / H-empirical = 154,5 Различия между показателями шкал статистически значимы при $p < 0,001$ Differences between scale scores are statistically significant at $p < 0.001$						
Вербальные средства, % Verbal means	13,2 ± 5,6	5	30	42,4	10	10
Н-эмпирический = 93,9 / H-empirical = 93,9 Различия между показателями шкал статистически значимы при $p < 0,001$ Differences between scale scores are statistically significant at $p < 0.001$						
Наглядные средства, % Visual means	9,6 ± 3,8	5	20	39,5	10	10
Н-эмпирический = 48,8 / H-empirical = 48,8 Различия между показателями шкал статистически значимы при $p < 0,001$ Differences between scale scores are statistically significant at $p < 0.001$						
Тренажеры и другие технические средства, % Simulators and other equipment	4,8 ± 3,8	0	20	79,2	5	5

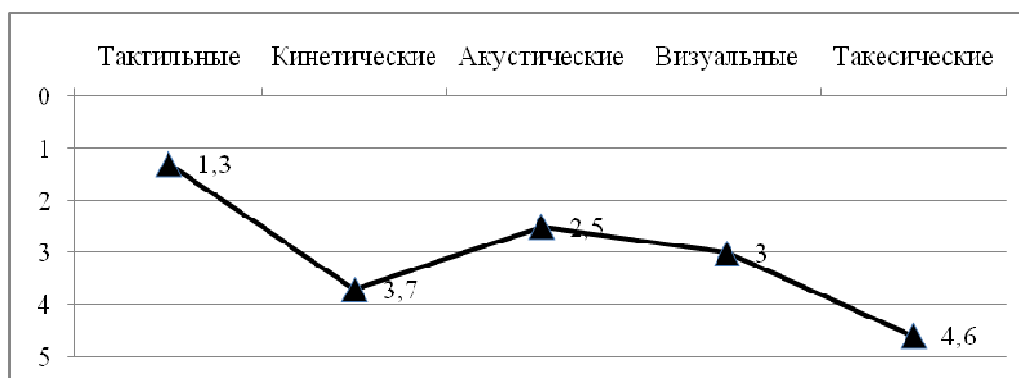
Примечание. Н-Крускала – Уоллеса при $\alpha = 95\%$; 99% ; $99,9\%$ и $k = 5$ равен, соответственно, H_5 -критический_{0,05} = 9,5; H_5 -критический_{0,01} = 13,3; H_5 -критический_{0,001} = 18,5; при $k = 4$, соответственно, H_4 -критический_{0,05} = 7,8; H_4 -критический_{0,01} = 11,3; H_4 -критический_{0,001} = 16,3; при $k = 3$, соответственно, H_3 -критический_{0,05} = 6,0; H_3 -критический_{0,01} = 9,2; H_3 -критический_{0,001} = 13,8. Количество респондентов $n = 76$.

Note. Kruskal-Wallis H-test at $\alpha = 95\%$; 99% ; $99,9\%$ and $k = 5$, respectively, H_5 -critical_{0,05} = 9.5; H_5 -critical_{0,01} = 13.3; H_5 -critical_{0,001} = 18.5; $k = 4$, respectively, H_4 -critical_{0,05} = 7.8; H_4 -critical_{0,01} = 11.3; H_4 -critical_{0,001} = 16.3; $k = 3$, respectively, H_3 -critical_{0,05} = 6.0; H_3 -critical_{0,01} = 9.2; H_3 -critical_{0,001} = 13.8, $n = 76$.

средней оценкой в $3,7 \pm 1,0$ балла указали на возможность использования тактильных средств в осмыслении основных опорных точек.

На рис. 1 приведено мнение респондентов в вопросе: какова степень влияния тактильных средств на эффективность обучения двигательным действиям гимнасток по сравнению с визуальными, акустическими и вибрационными средствами воздействия. Как видим, 57 респондентов (75,0 %) из общего состава экспертов обозначили первостепенную важность тактильных средств, 14 респондентов (18,4 %) указали на вторичность тактильной коммуникации, и всего 5 человек (6,6 %) при-

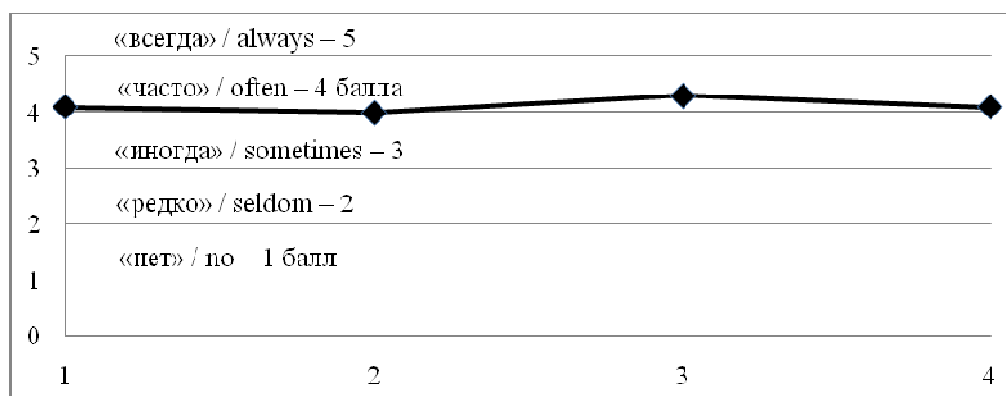
знали ее несущественной, отдав предпочтение акустическим и визуальным средствам. Согласованность мнений экспертов выразилась коэффициентом конкордации $W = 0,750$. На второй позиции оказались акустические средства (тональность и модальность голоса тренера, звуковое тактирование, музыкальная напевка), на третьей – визуальные (мимика лица и выражение глаз тренера, взгляд, знаки, жесты), при этом тренеры и спортсмены оценили значение визуальных средств в $3,8 \pm 0,9$ балла, акустических средств – в $3,6 \pm 0,9$ балла, отдельное влияние вибрационных и технических средств (тренажеров) на процесс обучения движениям – в $2,7 \pm 1,2$ балла [10].



Данные к легенде рисунка Legend

Группы невербальных средств Non-Verbal Means	Статистические показатели (n = 76) Statistics		Итоговый рейтинг Rating
	\bar{X}	σ	
Тактильные / Tactile means	1,3	0,6	1
Кинетические / Kinetic means	3,7	1,1	4
Акустические / Acoustic means	2,5	1,0	2
Визуальные / Visual means	3,0	1,0	3
Такесические / Takesik means	4,6	0,6	5

Рис. 1. Рейтинг мест в группе невербальных средств в вопросе их значимости при обучении двигательным действиям гимнасток 5–8 лет (результаты анкетирования)
Fig. 1. Rating of non-verbal means by their importance in training 5–8-year-old gymnasts (survey results)



Данные к легенде рисунка / Legend

Вид педагогических действий тренера		\bar{X}	σ
1	Проводка по движению / Execution control	4,1	0,9
2	Коррекция позы и положения / Position correction	4,0	0,8
3	Применение страховки / Helping a gymnast	4,3	1,0
4	Принудительное растягивание / Forced stretching	4,1	0,7

Рис. 2. Целесообразность использования различных видов тактильных действий тренера в процессе подготовки гимнасток 5–8 лет (результаты анкетирования)
Fig. 2. Effectiveness of different tactile actions with 5–8-year-old gymnasts (survey results)

Интересен тот факт, что целесообразность использования тактильных действий тренера как постоянное или частое применение в процессе обучения движениям гимнасток 5–8 лет при сопровождающих действиях, или так называемой «проводке по движению»,

отметили 59 респондентов (77,6 %); используют тактильный контакт, осуществляя коррекцию позы и фиксацию положения тела и его частей, 57 респондентов (75,0 %); применяют при страховке 66 респондентов (86,8 %) (рис. 2).

В вопросе: на каком этапе формирования двигательного навыка наиболее целесообразно использовать тактильное воздействие как метод обучения движениям, большинство респондентов высказались, что таким этапом становится начальная подготовка – 69,7 % респондентов, тренировочный этап (специализация) – 17,1 % опрошенных, на других этапах – от 3,9 до 5,4 % участников анкетирования.

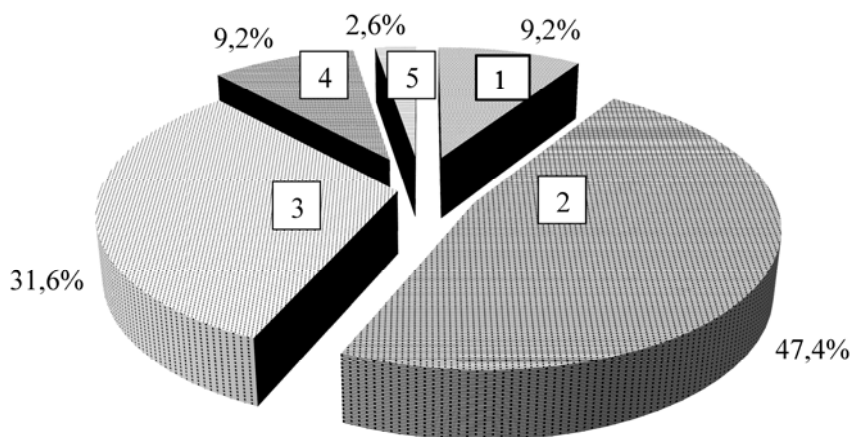
На вопрос: определите возможность тактильных средств в начальном обучении, приобретении знаний, потенцировании эффекта обучения и развития ребенка (5 баллов – оказывают значительное влияние, 1 балл – нет влияния), 56 респондентов (73,7 %) указали на значительное и существенное влияние, средняя оценка составила $4,2 \pm 0,9$ балла.

На вопрос: насколько невербальные тактильные средства помогают трансформировать поступающую сенсорную информацию в систему внутренних двигательных ощущений (5 баллов – полная информация, 1 балл – нет информации), 52 эксперта (68,4 %) дали утвердительный согласованный ответ, средняя оценка составила $3,7 \pm 0,9$ балла.

Очень важным оказался вопрос целесообразности использования тактильных воздей-

ствий при развитии двигательных качеств в этом возрасте, и в первую очередь гибкости [1, 4, 5, 8]. Так, 63 респондента (82,9 %) признают необходимость «принудительного растягивания», увеличения диапазона подвижности позвоночного столба и амплитуды движений в тазобедренных и плечевых суставах за счет внешних тактильных действий тренера, при этом используют данный метод контактного воздействия постоянно 24 респондента (31,6 %) и очень часто – 39 респондентов (51,3 %), иногда – 11 респондентов (14,5 %), редко – 2 респондента (2,6 %), не используют – таких не оказалось. При этом действенность тактильных средств оценивается в $4,1 \pm 0,7$ балла, отдельное влияние визуальных средств на развитие физических качеств – в $2,9 \pm 1,1$ балла, акустических средств – $2,8 \pm 1,0$ балла, вибрационных и технических средств соответственно – в $2,9 \pm 1,1$ и $3,7 \pm 1,1$ балла.

На вопрос: на каком уровне физической подготовленности наиболее целесообразно использовать тактильное воздействие как метод развития физических качеств гимнасток (5 баллов – есть применение, 1 балл – нет применения), большинство экспертов указали на низкий уровень (рис. 3).



Данные к легенде рисунка / Legend

Условия педагогических действий тренера Conditions of pedagogical actions	Кол-во респондентов Respondents	%
1 Слабое звено / Weak link	7	9,2
2 Низкий уровень / Low level	36	47,4
3 Норма, обычные условия / Norm	24	31,6
4 Высокий уровень / High level	7	9,2
5 Сильное звено / Strong link	2	2,6

Рис. 3. Целесообразность и необходимость использования тактильных действий как средств развития двигательных способностей у гимнасток-художниц в различных условиях педагогической деятельности (результаты анкетирования)
Fig. 3. Effectiveness and necessity of tactile actions as means for developing motor abilities in gymnasts in different conditions of pedagogical activity (survey results)

Закключение. Тактильные средства следует признать как самостоятельные обучающие и развивающие единицы в структуре двигательной деятельности, выполняющие функцию запускающих сигналов в обучении.

Соотношение средств подготовки в структуре невербальных воздействий, где тактильным средствам отводится до 20 % за

счет уменьшения объема кинетических, такесических, визуальных и акустических средств в пользу тактильных, следует признать рациональной пропорцией и паритетным соотношением, приводящим к значительному росту показателей физической подготовленности и повышению качества движений.

Список литературы

1. Андреева, В.Е. Сопряженное развитие гибкости и скоростно-силовых качеств на этапе базовой подготовки в художественной гимнастике / В.Е. Андреева // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2010. – Т. 60. – № 2. – С. 19–23.
2. Горячев, В.В. О телесном прикосновении на уроке физической культуры / В.В. Горячев // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2012. – Т. 86, № 4. – С. 35–38.
3. Малышева, Е.В. Тактильность в системе телесной коммуникации. Основные подходы, понятия и предпосылки исследований / Е.В. Малышева // Мир лингвистики и коммуникации: электрон. науч. журнал. – 2016. – № 44. – С. 57–69.
4. Новикова, Л.А. Особенности развития гибкости спортсменок 9–10 лет на этапе начальной специализированной подготовки в художественной гимнастике / Л.А. Новикова, Л.П. Морозова // Физ. культура: воспитание, образование, тренировка. – 2019. – № 2. – С. 35–37.
5. Развитие гибкости на этапе начального обучения в художественной гимнастике / Н.Г. Печеневская, Е.В. Карташова, Ю.В. Коричко и др. // Теория и практика физ. культуры. – 2015. – № 12. – С. 25–27.
6. Секованич, М. Телесное прикосновение как метод регуляции предстартового состояния юных гимнасток-художниц 6–7 лет в соревнованиях / М. Секованич // Актуальные проблемы и тенденции развития гимнастики, современного фитнеса и танцевального спорта: материалы II Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (26 февр. 2020 г.). – М.: РГУФКСМиТ, 2020. – С. 205–208.
7. Секованич, М. Телесные прикосновения тренера в художественной гимнастике / М. Секованич, А.П. Стрижак // Шаг в науку: сб. ст. по материалам III науч.-практ. конф. / Ин-т естествознания и спортивных технологий ГАОУ МГПУ. – М., 2019. – С. 256–258.
8. Сосіна, В. Сучасні вимоги до розвитку гнучкості у художній гімнастиці / В. Сосіна, І. Руда // Наука в олимп. спорте. – 2020. – № 1. – С. 48–51.
9. Телесное прикосновение в системе средств педагогического воздействия тренера по художественной гимнастике / Г.Н. Германов, Л.А. Новикова, М.Ю. Секованич и др. // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2019. – Т. 176, № 10. – С. 82–91.
10. Шевчук, Н.А. Использование тренажерных устройств в художественной гимнастике для повышения вестибулярной устойчивости / Н.А. Шевчук, Н.А. Чертихина // Культура физическая и здоровье. – 2011. – № 4. – С. 79–81.
11. Andreyeva, N.O. Key elements of sports techniques of ball throwing and catching by those engaged in rhythmic gymnastics at the stage of preliminary basic preparation / N.O. Andreyeva // Journal of Physical Education and Sport (JPES). – 2013. – Vol. 13 (1), Art 8. – P. 46–52. DOI: 10.7752/jpes.2013.01008
12. Formation of sports specialization as the “group exercises” during the working with young athletes in the rhythmic gymnastics / I. Syvash, M. Balazh, O. Yurchenko et al. // Journal of Physical Education and Sport (JPES). – 2019. – Vol. 19 (2), Art 43. – P. 287–292. DOI: 10.7752/jpes.2019.s2043

References

1. Andreeva V.E. [Conjugated Development of Flexibility and High-Speed Power Qualities at the Stage of Basic Training in Rhythmic Gymnastics]. *Uchenye zapiski universiteta im P.F. Lesgafta* [Scientific notes of the University named after P.F. Lesgaft], 2010, vol. 60, no. 2, pp. 19–23. (in Russ.)
2. Goryachev V.V. [About Bodily Touching in a Physical Education Lesson]. *Uchenye zapiski universiteta im P.F. Lesgafta* [Scientific notes of the University named after P.F. Lesgaft], 2012, vol. 86, no. 4, pp. 35–38. (in Russ.) DOI: 10.5930/issn.1994-4683.2012.04.86.p35-39

3. Malysheva E.V. [Tactility in the System of Bodily Communication. Main Approaches, Concepts and Prerequisites of Research]. *Mir lingvistiki i kommunikacii: elektronnyy nauchnyy zhurnal* [The World of Linguistics and Communication. An Electronic Scientific Journal], 2016, no. 44, pp. 57–69. (in Russ.)
4. Novikova L.A., Morozova L.P. [Features of Development of Flexibility of Athletes of 9–10 Years at the Stage of Initial Specialized Training in Rhythmic Gymnastics]. *Fizicheskaja kul'tura: vospitanie, obrazovanie, trenirovka* [Physical Education. Education, Education, Training], 2019, no. 2, pp. 35–37. (in Russ.)
5. Pechenevskaya N.G., Kartashova E.V., Kamiko Yu.V., Pshenichnikova G.N. [Developing Flexibility in Rhythmic Gymnastics]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2015, no. 12, pp. 25–27. (in Russ.)
6. Sekovanich M. [Body Touch as a Method of Regulating the Pre-Start State of Young Gymnasts-Artists 6–7 Years Old in Competitions]. *Aktual'nye problemy i tendencii razvitiya gimnastiki, sovremen-nogo fitnesa i tanceval'nogo sporta: materialy II Vseros. nauch.-prakt. konf.* [Current Problems and Trends in the Development of Gymnastics, Modern Fitness and Dance Sports], 2020, pp. 205–208. (in Russ.)
7. Sekovanich M., Strizhak A.P. [Bodily Touches of a Trainer in Rhythmic Gymnastics]. *Shag v nauku: materialy III Vseros. nauch.-prakt. konf.* [Step into Science. Collection of Articles Based on Materials of the III Scientific-Practical Conference], 2019, pp. 256–258. (in Russ.)
8. Sosina V. [Modern Requirements for Developing Flexibility in Rhythmic Gymnastics]. *Nauka v olimpiyskom sporte* [Science in Olympic Sports], 2020, no. 1, pp. 48–51.
9. Germanov G.N., Novikova L.A., Sekovanich M. et al. [Body Touch in the System of Means of Pedagogical Influence of the Rhythmic Gymnastics Trainer]. *Uchenye zapiski universiteta im P.F. Les-gafta* [Scientific notes of the University named after P.F. Lesgaft], 2019, vol. 176, no. 10, pp. 82–91. (in Russ.)
10. Shevchuk N.A., Chertikhina N.A. [Use of Exercise Devices in Rhythmic Gymnastics to Increase Vestibular Stability]. *Kul'tura fizicheskaya i zdorov'e* [Physical Culture and Health], 2011, no. 4, pp. 79–81. (in Russ.)
11. Andreyeva N.O. Key Elements of Sports Techniques of Ball Throwing and Catching by Those Engaged in Rhythmic Gymnastics at the Stage of Preliminary Basic Preparation. *Journal of Physical Education and Sport*, vol. 13 (1), art. 8, pp. 46–52. DOI: 10.7752/jpes.2013.01008
12. Syvash I., Balazh M., Yurchenko O. et al. Formation of Sports Specialization as the “Group Exercises” During the Working with Young Athletes in the Rhythmic Gymnastics. *Journal of Physical Education and Sport*, vol. 19(2), art. 43, pp. 287–292. DOI: 10.7752/jpes.2019.s2043

Информация об авторах

Секованич Мирьяна, аспирант, Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, Россия; мастер спорта РФ по художественной гимнастике, тренер по художественной гимнастике, Московская комплексная спортивная школа олимпийского резерва «Север» Департамента спорта города Москвы, Москва, Россия.

Германов Геннадий Николаевич, доктор педагогических наук, профессор, заслуженный работник физической культуры РФ, профессор кафедры педагогики, Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, Россия.

Колесникова Екатерина Сергеевна, кандидат педагогических наук, доцент, мастер спорта международного класса по спортивной гимнастике, доцент кафедры теории и методики гимнастики, Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, Россия.

Черенкова Екатерина Сергеевна, кандидат педагогических наук, мастер спорта по спортивной акробатике, доцент кафедры сложно-координационных и прикладных видов спорта, Воронежская государственная академия спорта, Воронеж, Россия.

Готовцева Яна Владимировна, мастер спорта международного класса по акробатике, доцент кафедры физического воспитания и спорта, Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия.

Information about the authors

Mirjana Sekovanich, post-graduate student, Russian University of Sports “SCOLIPE”, Moscow, Russia; master of sport, rhythmic gymnastics coach, Moscow Comprehensive Sports School of Olympic Reserve “Sever” of the Moscow Department of Sports, Moscow, Russia.

Gennady N. Germanov, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Honored Worker of Physical Education of Russia, Professor of the Department of Pedagogy, Russian University of Sports “SCOLIPE”, Moscow, Russia.

Ekaterina S. Kolesnikova, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, International Class Master of Sport (Artistic Gymnastics), Associate Professor of the Department of Theory and Methods of Gymnastics, Russian University of Sports “SCOLIPE”, Moscow, Russia.

Ekaterina S. Cherenkova, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Master of Sport (Acrobatics), Associate Professor of the Department of Complex Coordination and Applied Sports, Voronezh State Academy of Sports, Voronezh, Russia.

Yana V. Gotovtseva, International Class Master of Sport (Acrobatics), Associate Professor of the Department of Physical Education and Sports, Voronezh State University, Voronezh, Russia.

Статья поступила в редакцию 10.08.2022

The article was submitted 10.08.2022

МЕТОДИКА «МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ГИМНАСТИКА» ПО ОЗДОРОВЛЕНИЮ ПОЗВОНОЧНИКА ЖЕНЩИН

А.Г. Капустин, usr11637@vyatsu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8655-4060>

О.А. Александрова, usr21660@vyatsu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3544-0407>

Г.В. Ковязина, usr11664@vyatsu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2319-746X>

Вятский государственный университет, Киров, Россия

Аннотация. Цель исследования – создание методики для оздоровления позвоночника женщин зрелого возраста, занимающихся фитнесом, на основе наиболее эффективных физических упражнений и методических приёмов, предложенных различными авторами. **Материалы и методы.** В исследование приняли участие 28 женщин (от 38 до 65 лет), занимающихся фитнесом в спортивно-оздоровительном клубе «Надежда», расположенном на базе Вятского центра кинезитерапии. Эффективность методики «Многофункциональная гимнастика» определяется комплексным применением методики А.Б. Сителя, основой которой является постизометрическая релаксация мышц, с методикой кинезитерапии С.М. Бубновского в сочетании с элементами других методик, комплексов и оздоровительных систем. Основной особенностью многофункциональной гимнастики является сочетание в ней тех средств, методов и методических приёмов, при помощи которых наиболее эффективно решаются задачи укрепления мышц и увеличения их эластичности. В исследовании применялись следующие методы: анкетирование, фитнес-тестирование, тестирование с использованием аппаратно-программного комплекса ROFES E01C, педагогический эксперимент, метод математической статистики t-критерий Стьюдента. **Результаты.** Анализ изменения среднегрупповых показателей в контрольной (КГ) и в экспериментальной (ЭГ) группах от начала к концу педагогического эксперимента выявил, что показатели силовой выносливости и гибкости женщин ЭГ в сравнении с КГ улучшились, что подтверждают положительные и достоверные изменения ($P < 0,05$). **Заключение.** Полученные результаты позволяют утверждать, что методика «Многофункциональная гимнастика» по оздоровлению позвоночника женщин эффективно решает задачи укрепления околопозвоночных мышц и увеличения их эластичности.

Ключевые слова: многофункциональная гимнастика, постизометрическая релаксация мышц, женщины, физические упражнения

Для цитирования: Капустин А.Г., Александрова О.А., Ковязина Г.В. Методика «Многофункциональная гимнастика» по оздоровлению позвоночника женщин // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 4. С. 125–132. DOI: 10.14529/hsm220415

Original article
DOI: 10.14529/hsm220415

FEMALE MULTIFUNCTIONAL EXERCISE PROGRAM FOR A HEALTHIER SPINE

A.G. Kapustin, usr11637@vyatsu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8655-4060>

O.A. Aleksandrova, usr21660@vyatsu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3544-0407>

G.V. Kovyazina, usr11664@vyatsu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2319-746X>

Vyatka State University, Kirov, Russia

Abstract. Aim. The paper aims to create an exercise program for a healthier spine in women involved in fitness based on the most effective exercises and techniques proposed by different authors. **Materials and methods.** Twenty-eight women (ages 38–65) involved in fitness at the Nadezhda sports and health club (Vyatka kinesiotherapy center) participated in the study. The effectiveness of the exercise program was determined by the simultaneous application of post-isometric muscle relaxation (A.B. Sitel) with kinesiotherapy (S.M. Bubnovskiy) and the elements of other techniques. The main feature of the multifunctional

exercise program is the combination of those means, methods, and techniques that strengthen muscles and increase their elasticity. The following methods were used in the study: survey; fitness testing; testing with the ROFES E01C system; pedagogical experiment. The data obtained was processed with the Student's t-test. **Results.** Changes in the mean results in the control (CG) and experimental (EG) groups from the beginning to the end of the pedagogical experiment showed increased strength endurance and flexibility in the EG compared with the CG ($P < 0.05$). **Conclusion.** The results obtained prove the effectiveness of the exercise program for a healthier spine in women. The exercise program strengthens the paravertebral muscles and increases their elasticity.

Keywords: multifunctional exercise program, *post-isometric muscle relaxation*, women, physical exercises

For citation: Kapustin A.G., Aleksandrova O.A., Kovyazina G.V. Female multifunctional exercise program for a healthier spine. *Human. Sport. Medicine.* 2022;22(4):125–132. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220415

Введение. В настоящее время продолжают исследования как в области медицины, так и в области физической культуры, целью которых является поиск наиболее эффективных методов профилактики и коррекции структурно-функциональных нарушений позвоночника [1, 9, 10]. В системе комплексных мероприятий, предлагаемых для решения данной проблемы, необходимым и обоснованным является применение физических упражнений.

Анализ литературных источников показал, что имеется довольно большое количество методик, направленных на коррекцию осанки, на устранение функциональных нарушений позвоночника, основным средством которых являются физические упражнения. Однако разнообразные комплексы физических упражнений разработаны для детей, подростков, а также людей зрелого возраста, имеющих слабый уровень физической подготовленности [4, 7, 8].

Между тем в процессе многолетнего опыта работы в области фитнеса мы наблюдаем, что женщины зрелого возраста, регулярно выполняющие физические упражнения, также периодически сталкиваются с различными симптомами, связанными с функциональными нарушениями позвоночника. Наиболее распространёнными являются боли в области шеи и поясницы, ограничение движения, головные боли, онемение пальцев рук, чувство перенапряжения и стянутости в мышцах [17, 19–21]. При этом исследований, направленных на оздоровление позвоночника женщин зрелого возраста путём применения физических упражнений, крайне мало. Совсем не обнаружено рекомендаций для женщин зрелого возраста, регулярно занимающихся фитнесом и имеющих хороший уровень физической подготовленности.

Кроме того, в рекомендациях различных авторов обнаружено противоречие. А.Б. Сителю наиболее необходимым считает расслабляющее воздействие на скелетную мускулатуру путём применения растягивающих упражнений [16], С.М. Бубновский – закаливание мышц, связанных с соответствующими сегментами позвоночного столба [6].

Основная научно-педагогическая идея решения данной проблемы состоит в комплексном применении методики А.Б. Сителя, основой которой является постизометрическая релаксация мышц, с методикой кинезиотерапии С.М. Бубновского в сочетании с элементами других методик, комплексов и оздоровительных систем [5].

Актуальность исследования обоснована недостатком методических разработок по применению физических упражнений с целью оздоровления позвоночника женщин зрелого возраста, а также рассогласованностью мнений специалистов о целесообразности использования физических упражнений различной направленности.

Цель научного исследования – создание методики для оздоровления позвоночника женщин зрелого возраста, занимающихся фитнесом, на основе наиболее эффективных физических упражнений и методических приёмов, предложенных различными авторами.

Организация и методы исследования. Исследование проводилось в спортивно-оздоровительном клубе «Надежда», расположенном на базе Вятского центра кинезиотерапии (г. Киров). Испытуемые женщины, занимающиеся фитнесом в спортивно-оздоровительном клубе «Надежда».

Педагогический эксперимент проводился с целью установления влияния занятий по разработанной методике «Многофункциональная гимнастика» на состояние здоровья

женщин зрелого возраста, занимающихся фитнесом. Педагогический эксперимент длился восемь месяцев. Было исследовано 24 человека. В состав экспериментальной и контрольной групп входило по 12 человек. Испытуемые – женщины зрелого возраста (от 38 до 65 лет), регулярно (1–2 раза в неделю) посещающие занятия. Обе группы имели однородный и сопоставимый состав. Женщины 38–46 лет посещают занятия по программе «аэробика», методические основы которой разработаны Т.С. Лисицкой (2002), женщины 52–65 лет занимаются по программе «бодифлекс».

По условиям эксперимента участники занимались ежедневно по 20 минут: экспериментальная группа – по методике «Многофункциональная гимнастика», контрольная группа – по системе «Пилатес», рекомендуемой в различных источниках в качестве средства коррекции осанки и улучшения здоровья позвоночника (автор методики Дж. Пилатес). Предварительно были проведены обучающие занятия, на протяжении эксперимента проводились индивидуальные беседы и консультации. Все участники эксперимента посещали при этом занятия в клубе в своём обычном режиме.

Были определены: силовая выносливость мышц ног и пояснично-крестцового отдела позвоночника [12, 13], силовая выносливость мышц рук и грудного отдела позвоночника [13], силовая выносливость мышц брюшного пресса [12] и мышц поясничного отдела позвоночника [18].

Для определения гибкости применялись следующие контрольные испытания: оценка подвижности пояснично-крестцового отдела позвоночника, оценка подвижности в плечевых суставах и эластичности мышц грудного отдела позвоночника, оценка подвижности в тазобедренном суставе, эластичности мышц задней поверхности бедра и подколенных связок, оценка подвижности в тазобедренном суставе, эластичности мышц внутренней поверхности бедра.

Тестирование применялось дважды: в начале и в конце эксперимента для оценки изменения показателей гибкости и силовой выносливости.

Тестирование с использованием аппаратно-программного комплекса ROFES E01C. Аппаратно-программный комплекс ROFES E01C предназначен для тестирования общего

уровня здоровья, функционального состояния 17 основных органов и систем организма с определением их адаптационных ресурсов и прогноза функциональных нарушений, а также оценки психоэмоционального состояния человека. Тестирование применялось на протяжении эксперимента: до и после каждого занятия, выборочно у одного–двух испытуемых – для оценки влияния на организм применяемой методики.

Основной особенностью многофункциональной гимнастики является сочетание в ней тех средств, методов и методических приёмов, при помощи которых наиболее эффективно решаются задачи укрепления мышц и увеличения их эластичности. Важное значение имеет задействование в этом процессе глубоких околопозвоночных мышц, поскольку они подвержены частому спазмированию и боли из-за своей близости к позвоночнику. Оздоровительное воздействие физических упражнений основано на устранении спазма глубоких мышц позвоночника. Нормализация состояния околопозвоночных мышц вызывает позитивные изменения: усиление кровотока и лимфотока в близлежащих позвоночных двигательных сегментах, возвращение к оптимальному положению дугоотростчатых суставов и межпозвонковых дисков, устранение болевых импульсов, вызванных мышечным спазмом.

Цель оздоровительной гимнастики – устранение болей, ограничений подвижности, неприятных симптомов в виде ощущения стянутости, перенапряжения, онемения в области позвоночника у женщин зрелого возраста средствами физической культуры.

Средства оздоровительной гимнастики.

Основным средством оздоровительной гимнастики являются физические упражнения:

- упражнения с использованием внешних предметов: гантелей, фитбола, гимнастической палки [11];

- упражнения с использованием веса собственного тела;

- статические или изометрические – напряжение мышц без движений в суставах [2, 15];

- статодинамические или изотонические – равномерное напряжение мышц во время движения [3, 5];

- растягивающие упражнения – направлены на улучшение эластичности мышц, сухожилий, фасций, связок [2, 14];

– дыхательные упражнения – направлены на усиление оздоровительного воздействия физических упражнений [5, 6];

– релаксационные упражнения – направлены на устранение хронического перенапряжения мышц, на расслабление и восстановление организма после нагрузки [2, 12];

– аналитические корригирующие упражнения – направлены на коррекцию и закрепление правильной осанки путём сегментарного выравнивания тела.

Методические приёмы и особенности многофункциональной гимнастики. Являясь своеобразным синтезом методик по оздоровлению позвоночника, которые уже были применены и изложены различными авторами, данная методика сочетает в себе те элементы, которые при комплексном применении способны оказывать наибольшее оздоровительное воздействие. Отличительной особенностью является не только сочетание средств и методов, применяемых в рамках одного занятия (йога, пилатес, кинезитерапия, постизометрическая релаксация, изометрическая гимнастика), важной особенностью является сочетание различных методических приёмов в процессе выполнения одного упражнения (приёмы, используемые в постизометрической релаксации (ПИР), дополняются микро-движениями).

Результаты исследования и их обсуждение. Разработанная методика была проверена в педагогическом эксперименте, и её эффективность подтверждается следующими показателями, представленными в таблице.

При анализе результатов опроса выявлено, что в экспериментальной группе все испытуемые отмечают снижение частоты и интенсивности имевшихся на начало эксперимента симптомов. По частоте показатель снизился на 25 баллов (с 84 до 59), по интенсивности показатель снизился на 19 баллов (с 60 до 41). Результаты опроса в контрольной группе не изменились.

В результате тестирования аппаратно-программным комплексом ROFES E01C до и после экспериментальных занятий отмечено, что в зависимости от исходного состояния и от продолжительности занятия изменяется в лучшую сторону ряд показателей. Возможно изменение показателей: иммунная система, сердечно-сосудистая система, шейный, грудной, пояснично-крестцовый отделы позвоночника, бронхи, лёгкие, печень, желудок, тол-

стый кишечник, поджелудочная железа, щитовидная железа, надпочечники, почки, мочевой пузырь, матка, маточные трубы. При отличной и хорошей оценках исходного состояния организма (до занятия) изменения незначительны, при удовлетворительной исходной оценке изменения более заметны.

При анализе результатов опроса выявлено, что сумма баллов субъективной оценки частоты возникновения указанных симптомов в экспериментальной группе снизилась на 29,8 %, по интенсивности отмечено снижение на 31,7 %. В контрольной группе показатели не изменились.

В результате тестирования аппаратно-программным комплексом ROFES E01C до и после экспериментальных занятий в 90 % случаев отмечено изменение показателей состояния шейного, грудного и поясничного отделов позвоночника: по состоянию на текущий момент отмечено изменение от одного до трёх показателей с оценки «удовлетворительно» на оценку «хорошо» или с оценки «хорошо» на оценку «отлично». В 20 % случаев наряду с показателями текущего состояния происходит улучшение показателей энергетического ресурса: от одного до трёх показателей изменяются с оценки «неудовлетворительно» на оценку «удовлетворительно», с оценки «удовлетворительно» на оценку «хорошо», с оценки «хорошо» на оценку «отлично». У 10 % наблюдалось улучшение показателей энергетических ресурсов.

В единичных случаях наблюдалось снижение одного из показателей текущего состояния с оценки «отлично» на оценку «хорошо», но при этом улучшение показателя энергетического ресурса с оценки «удовлетворительно» на оценку «хорошо».

Заключение. При анализе литературных источников было выявлено следующее противоречие. А.Б. Ситель действительно необходимым считает расслабляющее воздействие на скелетную мускулатуру путём применения растягивающих упражнений, отвергая при этом упражнения силовой направленности. Упражнения для укрепления мышц Ситель относит к категории вредных, особенно при наличии спазма глубоких околопозвоночных мышц, который и является наиболее частой причиной болей в спине. С.М. Бубновский, напротив, в качестве универсального средства устранения болей в спине рекомендует закаливание мышц, связанных с соответствующими

Таблица 1
Table 1Изменение показателей силовой выносливости и гибкости контрольной и экспериментальной групп
Changes in strength endurance and flexibility in the control and experimental groups

Показатели Parameter	Контрольная Control						Экспериментальная Experimental						Межгрупп- овые исход Intergroup baseline		Межгрупп- овые конеч Intergroup final	
	До Before		После After		t	P	До Before		После After		t	P	t	P		
	M	± m	M	± m			M	± m								
1. Приседания (кол-во раз) Squats (reps)	21	1,57	22,75	1,11	0,91	> 0,05	20,42	0,92	31	0,92	8,14	< 0,05	0,17	> 0,05	5,73	< 0,05
2. Сгибание и разгибание рук в упоре (кол-во раз) Press ups (reps)	11,75	0,65	14,5	0,92	2,43	< 0,05	10,5	0,74	17,42	0,83	6,23	< 0,05	1,29	> 0,05	2,35	< 0,05
3. Поднимание коленей в висе на гимнастической стенке (кол-во раз) Knee raises on parallel bars (reps)	14,83	0,92	17,83	1,2	1,99	> 0,05	16,67	2,03	24,67	1,76	2,97	< 0,05	0,83	> 0,05	3,21	< 0,05
4. Поднимание головы и грудной клетки из положения лёжа лицом вниз (время удержания позы, с) Prone chest raise (holding, s)	84,17	5,54	90	1,67	1,01	> 0,05	80,83	6,47	104,17	5,54	2,74	< 0,05	0,39	> 0,05	2,45	< 0,05
5. Наклон туловища вперёд (см) Seated forward bend (cm)	8,75	2,13	10	2,13	0,42	> 0,05	8,08	2,49	15,58	1,29	2,68	< 0,05	0,06	> 0,05	2,25	< 0,05
6. Расстояние между кистями рук при выкруте (см) Shoulder dislocation exercise (distance between arms cm)	4,83	1,2	5,46	1,25	0,36	> 0,05	4,92	1,06	9,33	1,02	3	< 0,05	0,06	> 0,05	3,1	< 0,05
7. Разведение ног вперёд-назад с опорой на руки (см) Leg spreads forward-backward (cm)	20,83	2,4	18,58	2,91	0,6	> 0,05	20,04	2,08	10,08	1,85	3,58	< 0,05	0,25	> 0,05	2,46	< 0,05
8. Разведение ног в стороны с опорой на руки (см) Sideways leg spreads (cm)	32,83	3,51	31,25	3,7	0,06	> 0,05	31,25	4,07	18,17	2,4	2,77	< 0,05	0,29	> 0,05	2,97	< 0,05

сегментами позвоночного столба. С.М. Бубновский утверждает, что именно работа мышц динамического характера способствует максимальному усилению кровотока и лимфотока, оказывая оздоравливающее воздействие на суставы, а также внутренние органы. Таким образом, проблемой исследования является рассогласованность мнений специалистов о целесообразности применения физических упражнений различной направленности.

Основная научно-педагогическая идея решения данной проблемы состоит в комплексном осуществлении как растягивающих, так и укрепляющих воздействий, дополненных техническими приёмами, повышающими эффективность выполняемых упражнений.

Была разработана комплексная методика – многофункциональная гимнастика. Основная особенность и новизна данной методики заключена в названии: многофункциональность применяемых упражнений является одним из основных её принципов. Многофункциональная гимнастика сочетает в себе те средства, методы и методические приёмы, при помощи которых наиболее эффективно, по нашему мнению, решаются задачи укрепления мышц и увеличения их эластичности. Особенно важное значение имеет задействование в этом процессе глубоких околопозвоночных мышц, поскольку именно они подвержены наиболее частому спазмированию и боли из-за своей близости к позвоночнику. Оздоровительное воздействие физических упражнений основано на устранении спазма глубоких мышц позвоночника. Нормализация состояния околопозвоночных мышц вызывает дальнейшие позитивные изменения: усиление кровотока и лимфотока в близлежащих позвоночных двигательных сегментах, возвращение к оптимальному положению дугоотростчатых суставов и межпозвоночных дисков, устранение болевых импульсов, вызванных мышечным спазмом.

При разработке многофункциональной гимнастики использовались упражнения и технические приёмы ПИР, кинезитерапии, микродвижений, йоги, собственные разработки, применяемые в практике занятий фитнесом.

Рекомендации по применению методики на занятиях фитнесом:

1. Занятие должно состоять из трёх частей. В первой части необходимо использовать простые упражнения йоги, пилатеса, общеразвивающие упражнения, направленные на разогревание и предварительное растягивание мышц. Основная часть подразделяется на два одинаковых по продолжительности блока: силовой блок и стретчинг (растягивание по методу постизометрической релаксации). Для силового блока рекомендуется подбирать многофункциональные упражнения, способные задействовать одновременно как можно большее количество мышечных групп. Упражнения могут выполняться как с весом собственного тела, так и с применением имеющегося оборудования из различных исходных положений. Второй блок основной части занятия рекомендуется начинать с растягивания пояснично-крестцового отдела позвоночника из исходного положения лёжа на спине. Затем выполняются упражнения для расслабления грудного отдела позвоночника. Основное исходное положение – упор стоя на коленях. В конце выполняются упражнения для шейного отдела позвоночника из исходного положения сед на пятках или стоя. Заключительная часть занятия должна включать релаксационные упражнения, выполняемые из различных исходных положений, а также аналитические корригирующие упражнения, выполняемые стоя, для закрепления навыка правильной осанки.

2. Упражнения оздоровительных методик (йога, пилатес) выполняются в соответствии с принципами: согласованность движения и дыхания, концентрация на движениях, спокойный темп выполнения, плавность движений. Специфические принципы пилатеса: центрирование, вытяжение. При выполнении упражнений по методике ПИР необходимо чётко придерживаться схемы: на вдохе – фаза изометрического напряжения, на выдохе – фаза постизометрической релаксации.

3. Упражнения не должны вызывать дискомфорта и боли, при их выполнении должен учитываться принцип постепенности воздействия.

Список литературы

1. *Баринов, А.Н. Современные подходы к лечению боли в спине / А.Н. Баринов // Рус. мед. журнал. – 2010. – Т. 18, № 5. – С. 214–217.*
2. *Борщенко, И.А. Самые важные упражнения для спины, и не только / И.А. Борщенко. – М.: АСТ, 2014. – 288 с.*

3. Брэгг, П.С. Программа по оздоровлению позвоночника / П.С. Брэгг. – СПб.: Изд-во «Диля», 2002. – 143 с.
4. Бубновский, С.М. Руководство по кинезитерапии. Лечение боли в спине и грыж позвоночника / С.М. Бубновский. – Изд. 2-е, дополн. – М., 2004. – 112 с.
5. Бубновский, С.М. Природа разумного тела. Всё о позвоночнике и суставах / С.М. Бубновский. – М.: Эксмо, 2011. – 512 с.
6. Бубновский, С.М. Остеохондроз – не приговор! / С.М. Бубновский. – М.: Эксмо, 2015. – 192 с. – (PRO здоровье).
7. Гребенькова, В. Прогрессивный метод тренировки по программе Пилатес с целью коррекции осанки / В. Гребенькова, Т. Лисицкая, Е. Иванова // Фитнес-аэробика 2013: материалы Междунар. научной интернет-конференции, 1–12 дек. 2013 г. – М.: РГУФКСМиТ, 2013. – 95 с.
8. Ермилова, А.Ю. Использование физической культуры для исправления нарушений осанки / А.Ю. Ермилова // Физ. культура в школе. – 2014. – № 3. – С. 34–37.
9. Имамединова, Г.Р. Подходы к лечению боли с учётом механизмов её развития / Г.Р. Имамединова, Н.В. Чичасова, Е.В. Иголкина // Современная ревматология. – 2013. – № 1. – С. 59–65.
10. Котова, О.В. Лечение боли в спине / О.В. Котова // Рус. мед. журнал. – 2012. – Т. 20, № 8. – С. 414–416.
11. Курушина, О.В. Современные аспекты лечения болей в спине / О.В. Курушина, А.Е. Барулин // Рус. мед. журнал. – 2012. – Т. 20, № 10. – С. 528–533.
12. Лисицкая, Т.С. Функционально-оздоровительная тренировка в фитнесе / Т.С. Лисицкая, Р.М. Салтов, А.Ю. Кондеева // Фитнес-аэробика 2013: материалы Междунар. науч. интернет-конф., 1–12 дек. 2013 г. – М.: ФГБОУ ВПО «РГУФКСМиТ», 2013. – С. 18–20.
13. Лисицкая, Т.С. Аэробика: моногр. Т. 1: Теория и методика / Т.С. Лисицкая, Л.В. Сиднева. – М.: Федерация аэробики России, 2002. – 232 с.
14. Макеев, С.А. Поработайте над осанкой / С.А. Макеев // Будь здоров. – 2013. – № 6. – С. 20–24.
15. Подчуфарова, Е.В. Боль в спине: механизмы развития и лечение / Е.В. Подчуфарова // Современная терапия в психиатрии и неврологии. – 2012. – № 3. – С. 47–54.
16. Ситель, А.Б. Соло для позвоночника / А.Б. Ситель. – М.: АСТ, 2012. – 224 с.
17. Ситель, А.Б. Мануальная терапия / А.Б. Ситель. – М.: Бином. – 2014. – 470 с.
18. Фролов, В.А. Атлас мануальной терапии / В.А. Фролов. – М.: ООО «АиФ-Принт», 2003. – 155 с.
19. Borg, G. Psychological Bases Perceived Exertion / G. Borg // Medicine and Science in Sport and Exercise. – 1982. – No. 14. – P. 377–387.
20. Chirushkina, A.G. The question of physical activity rationing at the lessons of health – improving gymnastics with middle aged women / A.G. Chirushkina // Pedagogical-psychological and medicobiological problems of physical culture and sports. – 2014. – No. 1 (30). DOI: 10.14526/31_2014_31
21. Women and health: today's evidence tomorrow's agenda / World Health Organization. – Geneva: World Health Organization, 2009. – 91 p.

References

1. Barinov A.N. [Modern Approaches to the Treatment of Back Pain]. *Russkiy meditsinskiy zhurnal* [Russian Medical Journal], 2010, vol. 18, no. 5, pp. 214–217. (in Russ.)
2. Borshchenko I.A. *Samyye vazhnyye uprazhneniya dlya spiny, i ne tol'ko* [The Most Important Exercises for the Back, and not Only]. Moscow, AST Publ., 2014. 288 p.
3. Bregg P.S. *Programma po ozdorovleniyu pozvonochnika* [The Program for the Improvement of the Spine]. St. Petersburg, Dilya Publ., 2002. 143 p.
4. Bubnovskiy S.M. *Rukovodstvo po kineziterapii. Lecheniye boli v spine i gryzh pozvonochnika* [Guide to Kinesitherapy. Treatment of Back Pain and Spinal Hernias], 2nd ed. Moscow, 2004. 112 p.
5. Bubnovskiy S.M. *Priroda razumnogo tela. Vsë o pozvonochnike i sustavakh* [The Nature of the Rational Body. All About the Spine and Joints]. Moscow, Eksmo Publ., 2011. 512 p.
6. Bubnovskiy S.M. *Osteokhondroz – ne prigovor!* [Osteochondrosis is not a Sentence]. Moscow, Eksmo Publ., 2015. 192 p.

7. Greben'kova V., Lisitskaya T., Ivanova E. [Progressive Training Method According to the Pilates Program for the Purpose of Posture Correction]. *Fitness-aerobika 2013: materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy internet-konferentsii* [Fitness Aerobics 2013. Materials of the International Scientific Internet Conference], 2013. 95 p.
8. Ermilova A.Yu. [The Use of Physical Culture to Correct Posture Disorders]. *Fizicheskaya kul'tura v shkole* [Physical Culture at School], 2014, no. 3, pp. 34–37. (in Russ.)
9. Imametdinova G.R., Chichasova N.V., Igolkina E.V. [Approaches to the Treatment of Pain, Taking into Account the Mechanisms of its Development]. *Sovremennaya revmatologiya* [Modern Rheumatology], 2013, no. 1, pp. 59–65. (in Russ.) DOI: 10.14412/1996-7012-2013-2370
10. Kotova O.V. [Treatment of Back Pain]. *Russkiy meditsinskiy zhurnal* [Russian Medical Journal], 2012, vol. 20, no. 8, pp. 414–416. (in Russ.)
11. Kurushina O.V., Barulin A.E. [Modern Aspects of the Treatment of Back Pain]. *Russkiy meditsinskiy zhurnal* [Russian Medical Journal], 2012, vol. 20, no. 10, pp. 528–533. (in Russ.)
12. Lisitskaya T.S., Saltov R.M., Kondeyeva A.Yu. [Functional Health Training in Fitness]. *Fitness-aerobika 2013: materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy internet-konferentsii* [Fitness Aerobics 2013. Materials of the International Scientific Internet Conference], 2013, pp. 18–20. (in Russ.)
13. Lisitskaya T.S., Sidneva L.V. *Aerobika: monografiya* [Aerobics. Monograph]. Moscow, Federation of Aerobics of Russia Publ., 2002. 232 p.
14. Makeyev S.A. [Work on Your Posture]. *Bud' zdorov* [Be Healthy], 2013, no. 6, pp. 20–24. (in Russ.)
15. Podchufarova E.V. [Back Pain. Mechanisms of Development and Treatment]. *Sovremennaya terapiya v psikhiiatrii i nevrologii* [Modern Therapy in Psychiatry and Neurology], 2012, no. 3, pp. 47–54. (in Russ.)
16. Sitel' A.B. *Solo dlya pozvonochnika* [Solo for the Spine]. Moscow, AST Publ., 2012. 224 p.
17. Sitel' A.B. *Manual'naya terapiya* [Manual Therapy]. Moscow, Binom Publ., 2014. 470 p.
18. Frolov V.A. *Atlas manual'noy terapii* [Atlas of Manual Therapy]. Moscow, OOO AiF Publ., 2003. 155 p.
19. Borg G. Psychological Bases Perceived Exertion. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 1982, no. 14, pp. 377–387. DOI: 10.1249/00005768-198205000-00012
20. Chirushkina A.G. The Question of Physical Activity Rationing at the Lessons of Health – Improving Gymnastics with Middle Aged Women. *Pedagogical-Psychological and Medico-Biological Problems of Physical Culture and Sports*, 2014, no. 1 (30). DOI: 10.14526/31_2014_31
21. Women and Health: Today's Evidence Tomorrow's Agenda. World Health Organization. Geneva: World Health Organization, 2009. 91 p.

Информация об авторах

Капустин Александр Григорьевич, кандидат педагогических наук, доцент, Вятский государственный университет, Киров, Россия.

Александрова Ольга Анатольевна, младший научный сотрудник, Вятский государственный университет, Киров, Россия.

Ковязина Галина Викторовна, кандидат педагогических наук, декан факультета физической культуры и спорта, Вятский государственный университет, Киров, Россия.

Information about the authors

Aleksandr G. Kapustin, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Vyatka State University, Kirov, Russia.

Olga A. Alexandrova, Junior Researcher, Vyatka State University, Kirov, Russia.

Galina V. Kovyazina, Candidate of Pedagogical Sciences, Dean of the Faculty of Physical Education and Sport, Vyatka State University, Kirov, Russia.

Статья поступила в редакцию 02.09.2022

The article was submitted 02.09.2022

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ СРОЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ В ПОДГОТОВКЕ ВОЛЕЙБОЛИСТОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ И КОРРЕКТИРОВКИ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНИКИ ПОДАЧИ МЯЧА

А.Н. Коноплева¹, konopleva_1975@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1997-4505>
Е.В. Карданова¹, 07kardanova.elena@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6850-3139>
Т.Ю. Черкесов¹, cherkesov@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9372-7705>
А.З. Бажев¹, a_bazhev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5670-5603>
А.В. Дадов², aslan.dadov07@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5578-7937>

¹Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Нальчик, Россия

²Северо-Кавказский институт повышения квалификации (филиал) Краснодарского университета МВД России, Нальчик, Россия

Аннотация. Цель исследования: экспериментальное обоснование эффективности применения средств срочной информации для обучения и совершенствования техники подачи мяча в волейболе. **Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 37 спортсменов-волейболистов в возрасте от 18 до 24 лет. Регистрация биомеханических параметров выполнения подачи мяча осуществлялась при помощи аппаратно-программного модуля «Видеоанализ-Биософт 3D». Анализ полученных биомеханических показателей позволил предложить спортсменам, участвующим в экспериментальном исследовании, комплексную методику, направленную на устранение технических ошибок при выполнении планирующей и силовой подачи мяча в прыжке. Техника выполнения подачи мяча оценивалась при помощи тестов, традиционно используемых в практике спортивных школ и командах профессиональных спортсменов. Оценивалась точность попадания в зоны игрового поля 1, 6, 5, 2, 4, а также скоростные показатели траектории полета мяча. Результативность подачи исследуемыми спортсменами оценивалась по протоколам 16 игр в пяти турнирах. **Результаты.** В нашей работе были изучены кинематические характеристики техники планирующей и силовой подачи мяча в безопорном положении. Определена взаимосвязь между показателями техники выполнения подачи мяча в безопорном положении различными способами и эффективностью выполнения данного технического приема в соревновательной деятельности. На основании данных оптико-электронного биомеханического комплекса выявлены основные технические ошибки подачи мяча участниками эксперимента, а также представлена комплексная методика, направленная на коррекцию техники выполнения подачи мяча. **Заключение.** В работе показаны возможности использования средств срочной информации в подготовке волейболистов различного уровня. Предложенная комплексная методика, включающая специальные подготовительные упражнения и соревновательные упражнения, способствовала устранению ошибок при выполнении данного приема волейболистами – участниками эксперимента и улучшению показателей эффективности выполнения подачи во время соревновательной деятельности.

Ключевые слова: техника подачи мяча, техническая подготовка, волейболисты, спортивное мастерство, средства срочной информации, коррекционная программа, подводящие упражнения

Для цитирования: Использование средств срочной информации в подготовке волейболистов для оценки и корректировки биомеханических характеристик техники подачи мяча / А.Н. Коноплева, Е.В. Карданова, Т.Ю. Черкесов и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 4. С. 133–140. DOI: 10.14529/hsm220416

USE OF URGENT INFORMATION FOR EVALUATION AND CORRECTION OF BIOMECHANICAL CHARACTERISTICS OF BALL SERVE

A.N. Konopleva¹, konopleva_1975@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1997-4505>
E.V. Kardanova¹, 07kardanova.elena@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6850-3139>
T.Y. Cherkesov¹, cherkesov@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9372-7705>.
A.Z. Bazhev¹, a_bazhev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5670-5603>
A.V. Dadov², aslan.dadov07@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5578-7937>

¹Kabardino-Balkar State University, Nalchik, Russia

²North Caucasian Institute for Advanced Studies (branch) of the Krasnodar University of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Nalchik, Russia

Abstract. Aim. The paper aims to justify the effectiveness of the means of urgent information for acquiring and enhancing serving skills in volleyball players. **Materials and methods.** The study involved 37 volleyball players, ages 18–24. Biomechanical parameters were recorded during serving with the Video-analyz-Biosoft 3D system. Following the analysis of the data obtained, a comprehensive program was proposed aimed at eliminating technical errors during floating or jump serves. Serving skills were evaluated with the traditional tests used in sports schools and professional training. The accuracy of hitting zones 1, 6, 5, 2, 4, and the velocity data of the ball's flight trajectory were assessed. Serving performance was evaluated using protocols in 16 matches of 5 tournaments. **Results.** The kinematic characteristics of floating and jump serves were identified in an unsupported position. The relationship between serve technique in an unsupported position and its efficacy was established. Based on the data of the computer system, the main technical errors were identified, and a comprehensive method aimed at enhancing serving skills was proposed. **Conclusion.** The paper shows the prospect for using urgent information in the training of volleyball players of different levels. The proposed method, which includes special preparatory and competitive exercises, contributed to the elimination of errors and enhancement of serving skills.

Keywords: serve technique, technical training, volleyball players, sportsmanship, urgent information, correctional program, lead-up exercises

For citation: Konopleva A.N., Kardanova E.V., Cherkesov T.Y., Bazhev A.Z., Dadov A.V. Use of urgent information for evaluation and correction of biomechanical characteristics of ball serve. *Human. Sport. Medicine*. 2022;22(4):133–140. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220416

Введение. Современный уровень развития волейбола требует длительной комплексной подготовки, направленной на развитие физических качеств, овладение техникой специфической деятельности, тактикой ведения игры и психологической устойчивости. Дальнейшее развитие волейбола невозможно без использования новейших достижений научно-технического прогресса. Тренировочный процесс, направленный на совершенствование специализированных двигательных действий (технических приемов) в спортивной деятельности, определил проблему получения срочной объективной информации, следовательно, необходимости применения новых средств и методических приемов, позволяющих рациональное и эффективное использование двигательных возможностей спортсменов. Все

эти задачи невозможно решить без применения современных технических устройств [4, 11–16].

Одним из основных приемов нападения в техническом арсенале волейболистов является подача мяча. подача в волейболе – это не просто ввод мяча в игру, это один из способов выигрыша очка у соперника. подача мяча – это единственный элемент в игре, успешность выполнения которого исключительно зависит только от самого подающего [3, 5, 6]. Современный процесс совершенствования технического мастерства волейболистов является сложной управляемой системой. Для оперативности решения задач он требует системного подхода, а также необходимости использования технических средств срочной информации.

Цель исследования: экспериментальное обоснование эффективности применения средств срочной информации для обучения и совершенствования техники подачи мяча в волейболе.

Материалы и методы. В процессе исследования была произведена оценка биомеханических параметров техники выполнения подачи мяча в различные зоны игровой площадки, которая осуществлялась с помощью аппаратно-программного модуля «Видеоанализ-Биософт 3D» [1].

Проанализировав кинематические параметры технической структуры планирующей и силовой подачи мяча в безопорном положении, всем участникам исследования мы рекомендовали комплексную методику, направленную на устранение ошибок при выполнении подачи мяча.

Эффективность выполнения подачи во время соревнований была оценена по показателям шестнадцати игр, пяти соревнований методом случайной выборки.

В нашем исследовании приняли участие спортсмены от 18 до 24 лет, волейболисты молодежных сборных команд Кабардино-Балкарской республики, Дагестана и республики Северной Осетии-Алании. Контингент участников составил 37 волейболистов (в том числе: мастеров спорта – 7 человека, кандидатов в мастера спорта – 18 человек и 12 человек, имеющих 1-й разряд).

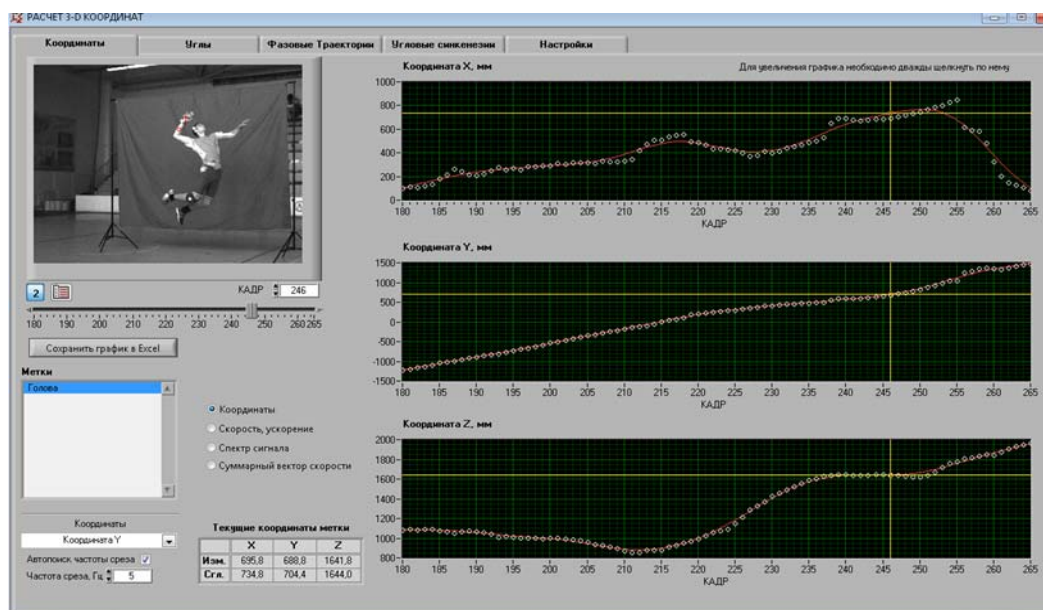
Для проверки достоверности различий в показателях исследуемого контингента в работе использовалось программное обеспечение с прикладными пакетами, а методы математической статистики позволили определить статистическую значимость полученных результатов (t-критерий Стьюдента). Расчет рангового коэффициента корреляции позволил нам выявить наличие взаимосвязи между такими показателями, как эффективность выполнения подачи волейболистами 18–24 лет и биомеханическими параметрами техники данного игрового приема.

Результаты исследования. Развитие современного спорта (достижение высоких результатов) сегодня невозможно без использования методов сверхсрочной текущей информации, получаемых во время выполнения игровых приемов. Многочисленные результаты из практики спорта доказывают, что применение информационных средств как в тренировочном, так и соревновательном процес-

се помогает ускорить процесс обучения. Технические средства позволяют спортсменам управлять своими движениями осознанно, что ежедневно на тренировочных занятиях часто происходит бесконтрольно, автоматически [2, 7, 9]. Техника выполнения подачи мяча оценивалась при помощи тестов, традиционно используемых в практике спортивных школ и командах профессиональных спортсменов. Оценивалась точность попадания в зоны игрового поля 1, 6, 5, 2, 4, а также скоростные показатели траектории полета мяча. Регистрация биомеханических параметров техники силовой и планирующей подачи в безопорном положении осуществлялась аппаратно-программным модулем АПМ «Видеоанализ-Биософт 3D». Данное устройство разработано авторами для проведения анализа движений при помощи видеокамер и специальных датчиков плоским и трехмерным способами исследования (см. рисунок) [1].

При помощи специализированного устройства мы смогли измерить скорость падения мяча после его набрасывания для выполнения подачи; скорость полета мяча после ударного движения волейболистом в прыжке, при ударном движении высоту точки касания с мячом; углы, образованные корпусом спортсмена при разбеге для подачи и сеткой, а также плечом спортсмена и мячом при ударе во время подачи.

Первичная оценка техники планирующей подачи у исследуемых спортсменов определила следующие показатели: высоту набрасывания мяча по отношению к голове спортсмена, равной 64,8 см; 18,7° был равен угол между мячом в момент удара при подаче и плечом спортсмена; после набрасывания (в среднем) мяч падал со скоростью 3,2 м/с; 82,5° составлял угол между ступнями волейболиста при выполнении разбега и осью сетки; скорость полета мяча после удара по мячу составила 32,5 м/с; высота точки момента удара по мячу составляла 252 см. Среднегрупповые параметры техники силовой подачи на начальном этапе исследования были несколько иные, чем при выполнении планирующей подачи, и составляли: средняя скорость падения мяча при подбрасывании составила 4,8 м/с; скорость полета мяча после удара по мячу составила 44,7 м/с; 184,5 см составило расстояние от головы спортсмена до мяча в момент удара; 25,3° составил угол между плечом спортсмена и положением мяча при ударе вовремя подачи;



**Измерение биомеханических показателей техники подачи мяча
у участников эксперимента (подача в прыжке)
Biomechanical measurements in participants of the experiment (jump serve)**

высота точки момента удара по мячу составляла 271,4 см; $72,1^\circ$ составлял угол между осью сетки и положением ступней при выполнении разбега.

Большая разница в показателях силовой и планирующей подачи наблюдается при сравнении скорости полета мяча после удара. Это расхождение обусловлено задачей подающего игрока при выполнении планирующей подачи. Она состоит не в том, чтобы с максимальной силой выполнить удар по мячу, придав тем самым наибольшую скорость полета мяча, а придать мячу планирующую траекторию за счет кратковременности удара прямой ладонью по мячу. При выполнении обоих способов подачи в безопорном положении есть большая разница в высоте набрасывания мяча. Силовая требует более высокую траекторию, чем планирующая.

При выполнении силовой подачи большую роль играет рычаг предплечье – кисть, за счет которого придается вращательное движение мячу, именно поэтому при выполнении разбега при силовой подаче угол разбега допускает не прямой разбег, и он меньше, чем при выполнении планирующей. Для того чтобы придать мячу наибольшую скорость необходимо при ударе задействовать все рычаги: кисть – предплечье, предплечье – плечо, плечо – спина, а это возможно только при высоком набрасывании мяча до разбега. Все эти факторы приводят к тому, что при выполне-

нии силовой подачи в безопорном положении требуется более высокое набрасывание мяча по отношению к горизонтальной оси, проложенной через голову волейболиста [8, 10]. В случае недостаточной высоты над головой спортсмена уменьшается угол между плечом игрока и положением мяча в момент удара, что способствует увеличению процента ошибок (подач в сетку, в аут) или уменьшению ударной силы, в результате чего уменьшается скорость полета мяча после удара и облегчается прием сопернику.

Система обработки изображений техники планирующей подачи на конечном этапе исследования, выполняемой на точность, обнаружила, что средняя скорость падения мяча при подбрасывании уменьшилась и составила 2,7 м/с; скорость полета мяча после нанесения удара увеличилась и составила 39,5 м/с; угол между вертикальной осью, проложенной через плечо волейболиста и положением мяча в момент удара, равнялся $36,5^\circ$; высота точки момента удара по мячу составляла 269 см (именно за счет данного параметра была увеличена скорость полета мяча по траектории сверху вниз); $87,4^\circ$ составлял угол между осью сетки и положением ступней при выполнении разбега; 59,2 см равнялась высота набрасывания мяча по отношению к горизонтальной оси, проложенной через голову.

Среднегрупповые параметры техники силовой подачи, определенные при помощи

аппаратно-программного модуля (АПМ) «Видеоанализ-Биософт 3D», на конечном этапе исследования составили: средняя скорость падения мяча при подбрасывании – 5,4 м/с; высота точки момента удара по мячу – 278,5 см; скорость полета мяча после удара – 62,8 м; 39,9° составил угол между вертикальной осью, проложенной через плечо волейболиста и положением мяча в момент удара; 86,3° составлял угол между осью сетки и положением ступней при выполнении разбега; 225,7 см была определена высота набрасывания мяча по отношению к горизонтальной оси, проложенной через голову спортсмена.

Изучив видео- и фотоматериалы аппаратно-программного модуля (АПМ) «Видеоанализ-Биософт 3D» на начальном этапе исследования, а также показатели, характеризующие точность выполнения подачи по зонам, нами были сформулированы следующие выводы: основной ошибкой при выполнении как планирующей, так и силовой подачи является ошибка при набрасывании мяча для выполнения подачи и разбега, в результате которых спортсмен располагается под падающим мячом (вертикальная ось падения мяча совпадает с вертикальной осью, пропущенной через плечо волейболиста).

Данная ошибка приводит к уменьшению показателей угла между положением мяча в момент удара и вертикальной осью, проложенной через плечо волейболиста, а значит, увеличению процента ошибок (подач в сетку, в аут) или уменьшению ударной силы, что

уменьшает скорость полета мяча после удара и облегчает прием сопернику.

Для коррекции техники выполнения подачи мяча была предложена комплексная методика, включающая специально-подготовительные и соревновательные упражнения. Она обеспечила совершенствование техники подачи мяча с учетом способа (планирующая или силовая) по индивидуальному плану, в процессе которого устранялись ошибки, допускаемые в подготовительной и основной фазах технического приема. В результате использования комплексной методики в технической подготовке (при совершенствовании техники подачи мяча в прыжке) были устранены следующие ошибки: набрасывание мяча в сторону, за голову или далеко впереди себя; удар по мячу расслабленной кистью; отсутствие зрительного контроля за движением руки при ударном движении; удар по мячу согнутой рукой, вследствие чего улучшилась как техника выполнения данного приема, так и показатели эффективности выполнения подачи в соревновательной деятельности (см. таблицу).

В результате оценки коэффициента ранговой корреляции отмечена сильная положительная зависимость между биомеханическими, кинематическими показателями (высотой подбрасывания мяча; высотой точки момента удара по мячу; углом между вертикальной осью, проложенной через плечо волейболиста, и положением мяча в момент нанесения ударного движения) и качеством (результативностью) силовой подачи в безопорном

Динамика показателей эффективности выполнения подачи мяча, % (n = 37)
Dynamics of serving performance, % (n = 37)

№ п/п	Показатель эффективности Parameter	Планирующая подача Floating serve		Силовая подача JUMP serve		Достоверность различий Significance of differences	
		начальный этап initial stage	конечный этап final stage	начальный этап initial stage	конечный этап final stage		
		M ± m		M ± m			
		1	2	3	4	1/2	3/4
1	Выиграно сразу (эйсов) Aces	2,4 ± 0,31	3,2 ± 0,38	1,7 ± 0,57	2,4 ± 0,38	< 0,05	< 0,05
2	Затруднено With difficulties	27,6 ± 0,57	35,2 ± 0,51	19,4 ± 0,57	26,5 ± 0,57	< 0,05	< 0,05
3	Облегчено With less difficulties	45,9 ± 0,34	40,4 ± 0,57	36,7 ± 0,57	34,4 ± 0,54	< 0,05	< 0,05
4	Подано в сетку Net	18,2 ± 0,54	16,1 ± 0,38	34,9 ± 0,57	30,3 ± 0,57	< 0,05	< 0,05
5	Подано в аут Out	5,9 ± 0,34	5,1 ± 0,57	7,3 ± 0,51	6,4 ± 0,57	< 0,05	< 0,05

положении ($r = 0,863$), планирующей подачи в прыжке ($r = 0,751$). Во время соревнований при выполнении несилового варианта подачи достоверно тесная связь отмечена в 20 случаях из 37, при выполнении силового варианта подачи – в 22 из 37. Проанализировав показатели, можно отметить, что во всех трех случаях вычисленные нами коэффициенты корреляции превышают критическое значение. Таким образом, результаты проявления связи можно считать достоверными.

Заключение. Большую роль в подготовке спортсменов играют технические средства срочной информации, которые позволяют ускорить процесс обучения, что подтверждается многочисленными исследованиями. Использование средств срочной информации в подготовке волейболистов позволило нам оценить биомеханическую структуру техники выполнения подачи мяча в прыжке, выявить основные ошибки, совершаемые спортсменами в подготовительной и основной фазах технического приема (невертикальное подбрасывание мяча для нанесения ударного движения; потеря контроля во время ударного движения кистью руки по мячу; удар по мячу в направ-

лении выбранной зоны площадки расслабленной или согнутой рукой.)

В результате анализа данных, полученных средствами срочной информации, была разработана комплексная методика, позволяющая откорректировать биомеханические показатели, следовательно, устранить ошибки при выполнении планирующей и силовой подачи в безопорном положении. Устранение данных ошибок способствовало улучшению не только техники выполнения данного приема, но и показателей эффективности выполнения технического приема во время соревновательной деятельности.

Использование технических средств срочной информации в тренировочном процессе волейболистов позволило тренерам обеспечить искусственно контролируемые условия выполнения осваиваемых упражнений при обучении и совершенствовании техники подачи мяча в безопорном положении. При использовании данных средств процесс обучения и совершенствования техники соревновательных упражнений проходит без переучивания, так как коррекция ошибок происходит своевременно.

Список литературы

1. Аппаратно-программный модуль (АПП) «Видеоанализ-Биософт 3D». – <http://biosoftvideo.ru/production/> (дата обращения 07.03.2021).
2. Бакишин, В.М. Автоматизированная система срочной информации для коррекции техники движений спортсмена / В.М. Бакишин, А.И. Кузнецов // Проблемы биомеханики спорта: сб. науч. ст. – М., 1991. – С. 14–15.
3. Булыкина, Л.В. Волейбол / Л.В. Булыкина, В.П. Губа. – М.: Совет. спорт, 2020. – С. 47–51.
4. Евтух, А.В. Информационное обеспечение в системе контроля подготовки квалифицированных спортсменов / А.В. Евтух // Пед.-психол. и мед.-биол. проблемы физ. культуры и спорта. – 2010. – Т. 5, № 4. – С. 33–38.
5. Железняк, Ю.Д. Спортивные игры / Ю.Д. Железняк, Д.И. Нестеровский, В.А. Иванов. – М.: Академия, 2017. – С. 145.
6. Клещев, Ю.Н. Волейбол / Ю.Н. Клещев. – М.: Физ. культура и спорт, 2008. – 192 с.
7. Лысенко, В.В. Компьютерные технологии в спорте / В.В. Лысенко, Г.Ю. Нестеров, Д.А. Романов // Актуальные вопросы физ. культуры: сб. науч. ст. – Краснодар, 2002. – С. 217–222.
8. Полежаева, О.Н. Биомеханический анализ положения ударного звена при нападающем ударе в волейболе / О.Н. Полежаева, А.В. Лаптев, С.В. Волохова // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2019. – № 12. – С. 178.
9. Фаткулов, И.Р. Обзор возможностей программ видеоанализа в спорте / И.Р. Фаткулов, Л.Н. Фаткулова // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2018. – № 5. – С. 159.
10. Шалманов, А.Л. Биомеханические основы волейбола / А.Л. Шалманов, А.М. Зафесов, А.М. Доронин. – Майкоп, 2004. – С. 55–59.
11. Яхишева, М.Ш. Современные информационные технологии в спортивной тренировке / М.Ш. Яхишева, Ч.Б. Ахмадова, М.Ё. Зоирова // Молодой ученый. – 2020. – № 11. – С. 201.
12. Gogoi, H. The use of ICT in sports and Physical Education / H. Gogoi. – India: AkiNik publications. – 2019. – P. 117–130. DOI: 10.22271/ed.book.445

13. Plyometric Training Improves Sprinting, Jumping and Throwing Capacities of High Level Female Volleyball Players Better Than Skill-Based Conditioning / B. Gjinovci, K. Idrizovic, O. Uljevic, D. Sekulic // *Journal of Sports Science and Medicine*. – 2017. – Vol. 16. – P. 527–535.

14. Shlonska O.L. Features technical and tactical training of high-class volleyball players of different roles / O. L. Shlonska // *Slobozhansky scientific-sports bulletin*. – 2015. – No. 4 (84). – P. 105–109.

15. Technical and tactical training load in professional volleyball players / D. Seixas, D. Leonel, D. Coimbra, B. Miloski // *International journal of sports physiology and performance*. – 2019. – Vol. 14 (10). – P. 1–6. DOI: 10.1123/ijsp

16. Technical and tactical training of qualified volleyball players by improving attacking actions of players in different roles / Y. Imas, O. Borysova, O. Shlonska et al. // *Journal of physical education and sport*. – 2017. – Art 66. – P. 441–446. DOI: 10.7752/jpes.2017.01066

References

1. Apparato-programmnyy modul' (APP) "Videoanaliz-Biosoft 3D" [Hardware and Software Module. Video Analysis – Biosoft 3D]. Available at: <http://biosoftvideo.ru/production/> (accessed 07.03.2021).

2. Bakshin V.M., Kuznetsov A.I. [Automated System of Urgent Information for Correcting the Technique of Movements of an Athlete]. *Problemy biomekhaniki sporta: Sbornik nauchnykh statey* [Problems of Sports Biomechanics. Collection of Scientific Articles], 1991, pp. 14–15. (in Russ.)

3. Bulykina L.V., Guba V.P. *Voleybol* [Volleyball]. Moscow, Soviet Sport Publ., 2020, pp. 47–51.

4. Evtukh A.V. [Information Support in the System for Monitoring the Training of Qualified Athletes]. *Pedagogiko-psikhologicheskiye i mediko-biologicheskiye problemy fizicheskoy kul'tury i sporta* [Pedagogy-Psychological and Medical-Biological Problems of Physical Culture and Sports], 2010, vol. 5, no. 4, pp. 33–38. (in Russ.)

5. Zheleznyak Yu.D., Nesterovskiy D.I., Ivanov V.A. *Sportivnyye igry* [Sports Games]. Moscow, Akademy Publ., 2017. 145 p.

6. Kleshchev Yu.N. *Voleybol* [Volleyball]. Moscow, Physical Culture and Sport Publ., 2008. 192 p.

7. Lysenko V.V., Nesterov G.Yu., Romanov D.A. [Computer Technologies in Sports]. *Aktual'nyye voprosy fizicheskoy kul'tury: Sbornik nauchnykh statey* [Topical Issues of Physical Culture. Collection of Scientific Articles], 2002, pp. 217–222. (in Russ.)

8. Polezhayeva O.N., Laptev A.V., Volokhova S.V. [Biomechanical Analysis of the Position of the Impact Link During an Attacking Impact in Volleyball]. *Uchenyye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific notes of the University named after P.F. Lesgaft], 2019, no. 12, p. 178.

9. Fatkulov I.R., Fatkulova L.N. [Review of the Possibilities of Video Analysis Programs in Sports]. *Uchenyye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific notes of the University named after P.F. Lesgaft], 2018, no. 5, p. 159.

10. Shalmanov A.L., Zafesov A.M., Doronin A.M. *Biomekhanicheskiye osnovy voleybola* [Biomechanical Foundations of Volleyball]. Maykop, 2004, pp. 55–59.

11. Yakhshiyeva M.Sh., Akhmadova Ch.B., Zoirova M.E. [Modern Information Technologies in Sports Training]. *Molodoy uchenyy* [Young Scientist], 2020, no. 11, p. 201.

12. Gogoi H. *The Use of ICT in Sports and Physical Education*. India: AkiNik Publications. 2019, pp. 117–130. DOI: 10.22271/ed.book.445

13. Gjinovci B., Idrizovic K., Uljevic O., Sekulic D. Plyometric Training Improves Sprinting, Jumping and Throwing Capacities of High Level Female Volleyball Players Better Than Skill-Based Conditioning. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2017, vol. 16, pp. 527–535.

14. Shlonska O.L. Features Technical and Tactical Training of High-Class Volleyball Players of Different Roles. *Slobozhansky Scientific-Sports Bulletin*, 2015, no. 4 (84), pp. 105–109. DOI: 10.15391/snsv.2015-4.020

15. Seixas D., Leonel D., Coimbra D., Miloski B. Technical and Tactical Training Load in Professional Volleyball Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2019, vol. 14 (10), pp. 1–6. DOI: 10.1123/ijsp

16. Imas Y., Borysova O., Shlonska O. et al. Technical and Tactical Training of Qualified Volleyball Players by Improving Attacking Actions of Players in Different Roles. *Journal of Physical Education and Sport*, 2017, art. 66, pp. 441–446. DOI: 10.7752/jpes.2017.01066

Информация об авторах

Коноплева Анна Николаевна, кандидат педагогических наук, доцент, доцент института педагогики, психологии и физкультурно-спортивного образования, Кабардино-Балкарский государственный университет, Нальчик, Россия.

Карданова Елена Витальевна, кандидат педагогических наук, доцент, доцент института педагогики, психологии и физкультурно-спортивного образования, Кабардино-Балкарский государственный университет, Нальчик, Россия.

Черкесов Тимур Юрьевич, кандидат педагогических наук, доцент, доцент института педагогики, психологии и физкультурно-спортивного образования, Кабардино-Балкарский государственный университет, Нальчик, Россия.

Бажев Арсен Зурабиевич, кандидат педагогических наук, доцент, доцент института педагогики, психологии и физкультурно-спортивного образования, Кабардино-Балкарский государственный университет, Нальчик, Россия.

Дадов Аслан Владимирович, старший преподаватель кафедры физической подготовки, Северо-Кавказский институт повышения квалификации (филиал) Краснодарского университета МВД России, Нальчик, Россия.

Information about the authors

Anna N. Konopleva, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Institute of Pedagogy, Psychology and Sports Education, Kabardino-Balkar State University, Nalchik, Russia.

Elena V. Kardanova, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Institute of Pedagogy, Psychology and Sports Education, Kabardino-Balkar State University, Nalchik, Russia.

Timur Yu. Cherkesov, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Institute of Pedagogy, Psychology and Sports Education, Kabardino-Balkar State University, Nalchik, Russia.

Arsen Z. Bazhev, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Institute of Pedagogy, Psychology and Sports Education, Kabardino-Balkar State University, Nalchik, Russia.

Aslan V. Dadov, Senior Lecturer, Department of Physical Training, North Caucasian Institute for Advanced Studies (branch) of the Krasnodar University of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Nalchik, Russia.

Статья поступила в редакцию 05.08.2022

The article was submitted 05.08.2022

ВАРИАТИВНЫЕ ПОДХОДЫ К ТРЕНИРОВКЕ КООРДИНАЦИОННЫХ СПОСОБНОСТЕЙ ЮНЫХ ГАНДБОЛИСТОК НА ЭТАПЕ СПОРТИВНОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ

Фатех Зерег¹, doctorfateh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0982-7285>

М.В. Жийяр², doctorsahar2@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8909-5848>

Таха Сули³, freemadou4@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9092-1801>

Хуань Тан¹, 563512171@qq.com, <https://orcid.org/0000-0001-9896-5131>

¹Спортивный университет Чэнду, провинция Сычуань, Китай

²Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма, Москва, Россия

³Московский международный университет, Москва, Россия

Аннотация. Цель исследования – выявить эффективные способы совершенствования координационных способностей гандболисток 11–13 лет на этапе спортивной специализации. **Организация и методы исследования.** Исследование проводилось в подготовительном периоде годичного цикла подготовки гандболисток 11–13 лет, проходящих спортивную подготовку на этапе спортивной специализации. 2 экспериментальные группы, по 20 человек в каждой, применяли в тренировочном процессе предложенные им способы тренировки координационных способностей. Оценку изменений в координационной подготовленности спортсменок проводили с помощью специализированных тестов. **Результаты** проведенного исследования свидетельствуют о том, что для гандболисток в возрасте 11–13 лет необходимо применение средств координационной подготовки. Направленное развитие координационных способностей позволило получить улучшение показателей в тесте «бег змейкой» – в контрольной группе на 4 %, в экспериментальной – на 22 %. Точность попаданий в заданные углы ворот из 10 бросков у гандболисток экспериментальной группы выросла до 50 %, контрольной группы – до 10 %. **Заключение.** Эффективными в ходе педагогического эксперимента показали себя оба из применяемых подходов к координационной подготовке: рассредоточенное развитие компонентов координационных способностей и акцентированное развитие ведущих координационных способностей. При этом рассредоточенный способ применения комплексов упражнений координационной направленности в начале этапа спортивной специализации для гандболисток 11–13 лет показал достоверное преимущество.

Ключевые слова: двигательно-координационные способности, гандболистки 11–13 лет, этап спортивной специализации, рассредоточенный и акцентированный способы

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке отдела образования спортивного университета Чэнду, г. Чэнду, провинция Сычуань, Китай.

Для цитирования: Вариативные подходы к тренировке координационных способностей юных гандболисток на этапе спортивной специализации / Фатех Зерег, М.В. Жийяр, Таха Сули, Хуань Тан // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 4. С. 141–149. DOI: 10.14529/hsm220417

VARIOUS APPROACHES TO COORDINATION TRAINING IN HANDBALL PLAYERS AT THE STAGE OF SPORTS SPECIALIZATION

Fateh Zereg¹, doctorfateh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0982-7285>
M.V. Gillard², doctorsahar2@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8909-5848>
Takha Souli³, freemadou4@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9092-1801>
Huan Tang¹, 563512171@qq.com, <https://orcid.org/0000-0001-9896-5131>

¹Chengdu Sport University, Chengdu, Sichuan province, China

²Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism, Moscow, Russia

³Moscow International University, Moscow, Russia

Abstract. Aim. The study aims to identify effective ways to improve coordination in 11 to 13-year-old female handball players at the stage of sports specialization. **Materials and methods.** The study was carried out in the preparatory period of a one-year training cycle and involved 11 to 13-year-old female handball players at the stage of sports specialization. Two groups of 20 each were formed to test the proposed methods of coordination training. Changes in coordination abilities were identified with special tests. **Results.** The results of this study show that coordination training is essential for 11 to 13-year-old female handball players. Targeted development of coordination abilities resulted in better performance in the snake run test (22 and 4% in the experimental and control groups, respectively). Throwing accuracy increased to 50 and 10% in the experimental and control groups, respectively. **Conclusion.** Both approaches to coordination training proved to be effective during our pedagogical experiment, either a differentiated or targeted development of coordination abilities, with a significant advantage of the differentiated approach over the targeted one.

Keywords: motor-coordination abilities, female handball players, sports specialization, differentiated approach, targeted approach

Acknowledgements. This work was financed by the Education Department of the Chengdu Sport University, Chengdu, Sichuan Province, China.

For citation: Zereg Fateh, Gillard M.V., Souli Takha, Tang Huan. Various approaches to coordination training in handball players at the stage of sports specialization. *Human. Sport. Medicine*. 2022;22(4):141–149. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220417

Введение. Профессионализация игровых видов спорта сопровождается ростом требований к интегральной подготовленности спортсменов и эффективности демонстрируемых технико-тактических действий игроков команд в условиях соревнований. И отечественные, и зарубежные специалисты в командно-игровых видах спорта (гандбол, футбол, баскетбол, хоккей, волейбол и другие) единодушно отмечают значимость оптимального уровня развития координационных способностей для роста спортивного мастерства спортсменов данной группы видов спорта [2, 5, 8, 9]. Этот факт означает, что недостаточная работа по развитию значимых для гандбола компонентов координационной подготовленности на ранних этапах многолетней подготовки гандболисток может в дальнейшем ограничить их спортивно-достиженческие возможности. В связи с этим в настоящее время ве-

дется поиск эффективных способов развития наиболее значимых для гандбола компонентов двигательного-координационных способностей спортсменов.

Развитию координационных способностей детей и спортсменов школьного возраста уделялось пристальное внимание ученых и практиков [1, 3, 4, 6]. Например, Л.П. Матвеев определяет координационные способности как «... способность целесообразно строить целостные двигательные акты, способность преобразовывать выработанные формы действий или переключаться от одних к другим соответственно требованиям меняющихся условий» [12]. В.И. Лях в своих работах акцентирует внимание специалистов на значимость таких качеств и способностей человека, как «... способность быстро ориентироваться в пространстве, тонко дифференцировать свои мышечные ощущения и регулировать степень

напряжения мышц; быстро реагировать на сигналы внешней среды; вестибулярная устойчивость» (В.И. Лях, 2006). К связанным с координационными способностями относят и такие как чувство ритма, способность к произвольному мышечному расслаблению, способность сохранять равновесие, умение быстро и точно действовать в изменяющихся условиях, способность к эффективному и целесообразному перестроению движений. При этом принято различать «... элементарные и сложные формы двигательного-координационных способностей» (Германов Г.Н., 2017).

Уровень спортивного мастерства гандболисток также во многом зависит от их умения быстро и точно ориентироваться в пространстве игровой площадки, изменять ритм и направление своих перемещений с учетом действий соперника и партнеров по команде, целесообразно перестраивать свои действия в условиях быстро изменяющейся игровой ситуации. Это позволяет гандболистам и гандболисткам создавать и добиваться ситуативного пространственно-временного преимущества над соперником, сохранять высокий темп игры, демонстрировать точность и целесообразность двигательных действий, их надежность и экономичность.

Особенностью этапа спортивной специализации для юных гандболисток является решение задач «... по формированию должного уровня готовности к переходу на этап совершенствования спортивного мастерства и, в соответствии с этим, высокого уровня технической, физической и, в том числе, координационной подготовленности» [6]. В связи с этим поиск эффективных подходов, средств и методов дальнейшего развития и совершенствования двигательного-координационных способностей гандболисток 11–13 лет является важной педагогической задачей и актуальным направлением научного исследования.

Цель исследования – выявить эффективные способы совершенствования координационных способностей гандболисток 11–13 лет на этапе спортивной специализации.

Методы и организация исследования. В эксперименте (который продолжался 6 месяцев) приняли участие две группы гандболисток 11–13 лет (СШОР № 53 г. Москва) по 20 спортсменок в каждой.

Экспериментальная методика совершенствования координационных способностей гандболисток 11–13 лет была направлена на

решение задач общей и специальной координационной подготовки, позволяющих, по нашему мнению, повысить качество управления выполняемыми в игре двигательными действиями и тем самым повысить в дальнейшем эффективность демонстрации техники игры в быстроменяющихся игровых условиях.

Совершенствование общих координационных способностей гандболисток 11–13 лет было связано с развитием способностей к сохранению динамического равновесия, ориентированию в пространстве, кинестетической точности мышечных усилий.

Средства специальной координационной подготовки гандболисток были направлены на совершенствование важных для эффективного выполнения игровых технических приемов способностей: к дифференцированию длительности отдельного двигательного действия; к дифференцированию длительности отдельных фаз двигательного действия; к дифференцированию темпа выполнения двигательного действия.

Данные специальные способности позволяют гандболисткам с учетом требований игровой ситуации, конкретного соперника и дефицита времени и пространства игровой площадки целесообразно менять темп выполнения обманного движения, способ выполнения передачи и бросков мяча, вида защитных перемещений как основных игровых приемов в нападении и обороне своих ворот.

Авторская методика тренировки координационных способностей в тренировочном процессе гандболисток 11–13 лет включала 2 способа применения средств координационной подготовки. 1-й вариант – концентрированный (или акцентированный) способ, означал применение физических упражнений с «...избирательной направленностью на совершенствование отдельного компонента координационных способностей в рамках одного тренировочного занятия» [10, 11]. 2-й вариант – рассредоточенный (или равномерный) способ применения упражнений, предполагающий «...комплексирование групп упражнений разной координационной направленности в рамках одного тренировочного занятия и их определенное сочетание в микроцикле» [6].

Упражнения на тренировку координационных способностей гандболисток включались в основную часть тренировочного занятия и занимали от 15 до 30 минут его общего времени.

Таблица 1
Table 1

Способы применения средств тренировки координационных способностей
гандболисток 11–13 лет в микроцикле
Coordination training in 11 to 13-year-old female handball players during the microcycle

Преимущественная направленность упражнений Training orientation	Вариативные способы тренировки координационных способностей юных гандболисток в 7-дневном микроцикле Various approaches to coordination training in female handball players in a 7-day microcycle											
	Концентрированное применение средств КП (акцентированное) Targeted approach						Рассредоточенное применение сочетаний средств КП (равномерное) Differentiated approach					
	Пн Mon	Вт Tues	Ср Wed	Чт Thurs	Пт Fri	Сб Sat	Пн Mon	Вт Tues	Ср Wed	Чт Thurs	Пт Fri	Сб Sat
Упражнения на чувство ритма движения Rhythm exercises	20						5	5	5	5		5
Упражнения на динамическое равновесие Dynamic balance exercises				20			5		5		5	
Упражнения на «чувство мяча» Ball exercises						15		5		5	7	8
Упражнения на перестроение и приспособление двигательных действий Formations and adaptation of movements			15					5		5		5
Упражнения на согласование движений Movement coordination					30		5	5			10	5
Упражнения на быстроту сложной двигательной реакции Exercises for the speed of a complex motor reaction		25							5	5	8	
Упражнения на ориентирование в пространстве Space orientation exercises						15	5	5				7
Всего за микроцикл Total	140 мин/minutes						140 мин/minutes					

Рассредоточенный способ координационной подготовки гандболисток включал 3 группы упражнений (табл. 1):

- преимущественной направленности на развитие способностей к перестроению и приспособлению двигательных действий, на согласование действий, на чувство ритма;
- акцентированного воздействия на пространственную ориентацию, сложные двигательные реакции (реакцию на движущийся объект и реакцию выбора);
- преимущественной направленности на развитие способности к кинестетическому дифференцированию мышечных усилий, на динамическое равновесие.

Эффективность решения игровой задачи гандболистками в той или иной степени зави-

сит от координационной подготовленности в целом, при этом для разных игровых действий может потребоваться проявление одной или комплекса компонентов координационных способностей. Состав комплекса данных способностей может различаться, поэтому приоритетом выбора упражнений экспериментальной методики стал критерий «специфичности влияния». Применение данного критерия означало, что одни упражнения должны были оказывать избирательное воздействие, например, «... на развитие способности к кинестетическому дифференцированию параметров движений («чувство мяча»), других – на повышение способности к ориентации в пространстве, третьих – на способность к быстрым и точным сложным реакциям» [6].

В контрольной группе те же упражнения координационной направленности применялись акцентированно – в начале основной части тренировочного занятия от 15 до 30 минут.

Следует отметить, что для тренировки координационных способностей гандболисток контрольной и экспериментальной групп применялись «... координационные упражнения и их комплексы, предъявляющие повышенные требования к согласованию, упорядочиванию движений, организации отдельных элементов игры в сложные двигательные действия» [7].

Применение упражнений координационной направленности в нашей методике требовало соблюдения важных методических условий:

- постепенное повышение координационной сложности выполняемых заданий;
- обязательное включение элементов новизны в знакомое гандболисткам упражнение на основе изменения условий их выполнения;
- целесообразно широкое многообразие форм выполнения двигательных действий и неожиданность требований к решению двигательных задач;
- обязательное регулирование, контроль и самоконтроль выполнения отдельных параметров движений «... на основе активизации работы отдельных (зрительных, тактильных и слуховых) анализаторов либо с «выключением» деятельности одного из них» [6].

Обязательным условием совершенствования специальных координационных способностей для гандболисток обеих групп стало чередование упражнений с мячом разного веса и размера, выполняемых доминантной и недоминантной рукой, в удобную и «неудобную» сторону, упражнений с мячом, выполняемых ногами.

По окончании эксперимента были оценены изменения в показателях, характеризующих физическую подготовленность и двигательно-координационные способности юных гандболисток (табл. 2). Отдельные показатели физической подготовленности гандболисток исследовались с целью их сравнения с практикой обычного и измененного их выполнения (например бег по дистанции 20 м с высокого старта лицом и спиной вперед, ведение мяча лицом и спиной вперед и др.).

Следует отметить, что в результате использования 2 способов применения средств координационной подготовки улучшения в

подготовленности произошли в обеих группах. Данный факт мы связываем с повышением техники перемещений и качества выполнения технических приемов под воздействием применяемых средств специальной двигательно-координационной подготовки. По итогам реализации экспериментальной методики в контрольной группе достоверное улучшение показателей произошло в упражнениях, связанных с демонстрацией отдельных технических действий – ведении мяча по дистанции 20 м, челночном беге 3×10 м, прыжка на двух ногах влево и вправо. В экспериментальной группе показатели достоверно улучшились в 10 из 14 тестовых заданий.

По данным результатов в специальных тестовых заданиях, рекомендуемых специалистами игровых видов спорта в качестве средств оценки координационных способностей (табл. 3), установлено, что прирост показателей в тесте «бег змейкой» у гандболисток контрольной группы составил 4 %, в экспериментальной группе – 22 %. Точность попаданий в заданные углы ворот из 10 бросков у гандболисток экспериментальной группы составила 50 %, контрольной группы – лишь 10 %.

Повышение результатов тестирования в обеих группах гандболисток позволяет считать эффективными оба варианта тренировки двигательно-координационных способностей у юных гандболисток 11–13 лет, при этом более значительный рост показателей отмечен в группе, тренировавшейся по варианту рассредоточенного применения групп упражнений координационной направленности.

Большую выраженность эффективности второй методики подтверждает и тот факт, что в экспериментальной группе число спортсменок, повысивших результаты в показателях двигательно-координационных способностей, выросло на 75 %, в контрольной группе – на 35 %.

Количество промахов в бросках мяча в цель снизилось на 10 % в контрольной группе, на 50 % – в экспериментальной. Данный факт мы также связываем с эффективностью применения средств, направленных на точность кинестетического дифференцирования мышечных усилий.

Полученные в ходе исследования данные доказывают возможность роста различных компонентов координационных и связанных с ними способностей у гандболисток 11–13 лет и эффективность предложенных средств дви-

Таблица 2
Table 2

Показатели физической подготовленности и координационных способностей гандболисток контрольной и экспериментальной групп в начале и конце эксперимента
Physical fitness and coordination abilities in female handball players in the control and experimental groups at the beginning and end of the experiment

№ п/п	Тест Test	Контр. группа Control group		Р*	Экспер. группа Experimental group		Р*
		До эксп. Before	После эксп. After		До эксп. Before	После эксп. After	
		М ± m	М ± m		М ± m	М ± m	
1	Бег 20 м с высокого старта, с Standing start 20-m sprint, s	3,50 ± 0,27	3,53 ± 0,27	> 0,05	3,52 ± 0,22	3,49 ± 0,30	> 0,05
2	Бег 20 м с высокого старта спиной вперед, с Standing start 20-m backward running, s	5,03 ± 0,43	5,03 ± 0,67	> 0,05	5,03 ± 0,67	4,82 ± 0,75	< 0,05
3	Ведение мяча 20 м, с 20-m ball dribbling, s	4,42 ± 0,41	4,07 ± 1,11	< 0,05	4,27 ± 1,12	4,08 ± 0,86	< 0,05
4	Ведение мяча 20 м спиной вперед, с Back 20-m ball dribbling, s	7,09 ± 1,07	7,93 ± 2,32	< 0,05	8,93 ± 2,32	7,80 ± 2,29	< 0,05
5	Т-Тест, с T-test, s	10,30 ± 0,46	10,65 ± 0,93	< 0,05	10,85 ± 0,93	10,19 ± 0,94	> 0,05
6	Челночный бег 3×10 м, с 3×10-m shuttle run, s	8,20 ± 0,46	8,08 ± 0,34	> 0,05	8,18 ± 0,34	7,98 ± 0,38	< 0,05
7	Прыжок в длину с места, м Standing long jump, m	1,76 ± 0,17	1,79 ± 0,08	< 0,05	1,77 ± 0,08	1,87 ± 0,15	< 0,05
8	Прыжок в длину с места без маха, м Standing long jump no arm swing, m	1,46 ± 0,13	1,49 ± 0,13	< 0,05	1,48 ± 0,13	1,54 ± 0,13	< 0,05
9	Прыжок назад, м Backward jump, m	0,95 ± 0,11	0,90 ± 0,13	< 0,05	0,93 ± 0,11	0,92 ± 0,12	> 0,05
10	Прыжок на двух ногах влево, м Jump to the left, m	1,17 ± 0,14	1,25 ± 0,14	< 0,05	1,16 ± 0,11	1,24 ± 0,18	< 0,05
11	Прыжок на двух ногах вправо, м Jump to the right, m	1,16 ± 0,14	1,27 ± 0,15	< 0,05	1,17 ± 0,16	1,31 ± 0,20	< 0,05
12	Броски с 7 м, кол-во попаданий Throws from 7 m, number of hits	5,40 ± 1,43	5,50 ± 1,51	> 0,05	5,45 ± 1,49	5,80 ± 1,48	< 0,05
13	Передачи в цель за 30 с, кол-во раз Ball handling to the target per 30 s, number of times	29,70 ± 1,06	29,80 ± 3,08	> 0,05	29,81 ± 3,02	30,50 ± 2,80	> 0,05
14	Передача на длинную дистанцию, кол-во раз Ball handling over a long distance, number of times	20,00 ± 0,94	20,30 ± 0,42	> 0,05	20,20 ± 0,42	22,00 ± 1,05	< 0,05

* отмечены различия Р по критерию Вилкоксона.

* differences according to the Wilcoxon test.

гательно-координационной подготовки. Соответственно, можно считать эффективными представленные варианты способов применения средств, направленных на повышение уровня двигательно-координационных способностей у юных гандболисток 11–13 лет. При этом большую эффективность показал рассредоточенный способ применения координационных упражнений.

Улучшение показателей координационной подготовленности гандболисток сопро-

вождалось и ростом качества выполнения отдельных технических действий в обеих группах (табл. 4). С помощью группы экспертов до начала занятий по авторской методике и после окончания ее реализации была проведена оценка техники выполнения важных для гандболисток технических приемов (по 5-балльной шкале): ловля мяча с разной траекторией движения двумя руками, техника держания мяча при подготовке к выполнению бросков и передач мяча в игровых условиях,

Таблица 3
Table 3

Показатели приростов в отдельных тестовых заданиях у гандболисток
контрольной и экспериментальной групп
Changes in the results of individual tasks among female handball players
in the control and experimental groups

Тестовые задания Test	Контрольная группа Control group			Экспериментальная группа Experimental group		
	До эксп. Before	После эксп. After	Прирост, % Increase, %	До эксп. Before	После эксп. After	Прирост, % Increase, %
Бег змейкой (с) Snake run test (s)	10,0	9,3	4	10,0	8,6	22
Кол-во попаданий мяча в цель (из 10 бросков) Number of accurate throws (10 attempts)	4	5	10	4	9	50
Кол-во непопаданий мяча в цель (из 10 бросков) Number of inaccurate throws (10 attempts)	6	5	10	6	1	50

Таблица 4
Table 4

Результаты оценки демонстрации гандболистками технических приемов
Evaluation of handball skills in female handball players

Демонстрация техники выполнения приемов Technique	Экспериментальная группа (баллы) Experimental group (scores)				Контрольная группа (баллы) Control group (scores)			
	До эксп. Before		После эксп. After		До эксп. Before		После эксп. After	
	М	± m	М	± m	М	± m	М	± m
Ловля мяча двумя руками Two-handed ball catching	2,5	0,17	4,4	0,16	2,4	0,16	3,3	0,15
Держание мяча Ball holding	2,4	0,16	4,3	0,15	2,4	0,16	3,2	0,13
Передача мяча одной сверху One-handed overhead throw	2,4	0,16	4,4	0,16	2,6	0,16	3,2	0,13

техника передачи мяча одной рукой сверху в движении (в левую и правую сторону по ходу движения). Как видно по данным табл. 4, в экспериментальной группе техника ловли высоколетящих, низколетящих и катящихся мячей в движении (в среднем из 3 попыток) составляла 2,5 балла, после экспериментальных занятий была оценена в 4,4 балла. В контрольной группе результаты увеличились с 2,4 до 3,3 балла соответственно.

Наибольшую сложность по-прежнему составила техника ловли низколетящих мячей. Качество владения мячом в игровых упражнениях связано с техникой его держания в подготовительной фазе основных технических приемов – при подготовке к выполнению передачи, броска и обманных действий с мячом. Данный показатель улучшился в обеих группах, но большие изменения произошли в экспериментальной группе.

Техника выполнения гандболистками передач мяча в движении в правую и левую стороны по ходу прямолинейных перемещений и с изменением направления движения после окончания эксперимента, по оценке экспертов, также более выражено улучшилась в экспериментальной группе. Вероятно, концентрированное применение экспериментальной группы упражнений координационной направленности требует более длительного времени их применения.

Таким образом, гандболистки экспериментальной группы, тренировавшиеся по методике рассредоточенного применения упражнений координационной направленных, показали более высокий рост результатов по окончании эксперимента.

Заключение. Результаты проведенного исследования позволяют сформулировать основные выводы:

1. Проведенный эксперимент доказал возможность направленного развития двигательных координационных способностей гандболисток 11–13 лет на этапе спортивной специализации.

2. Эффективными в совершенствовании координационных способностей гандболисток 11–13 лет можно считать и рассредоточен-

ный, и концентрированный варианты их практической реализации в тренировочном процессе.

3. Методика рассредоточенного применения координационных упражнений для гандболисток 11–13 лет имеет достоверное преимущество.

Список литературы

1. Бойченко, С.Д. О некоторых аспектах концепции координации и координационных способностей в физическом воспитании и спортивной тренировке / С.Д. Бойченко, Е.Н. Карсеко, В.В. Леонов // *Теория и практика физ. культуры*. – 2003. – № 8. – С. 15–21.

2. Болобан, В.Н. Сенсомоторная координация как основа технической подготовки / В.Н. Болобан // *Наука в олимп. спорте*. – 2006. – № 1. – С. 96–102.

3. Ботяев, В.Л. Индивидуальные особенности развития координационных способностей у спортсменов различной специализации, возраста и квалификации / В.Л. Ботяев // *Теория и практика физ. культуры*. – 2012. – № 7. – С. 71–76.

4. Ботяев, В.Л. Взаимосвязь и динамика проявления координационных способностей как фактор актуализации системы спортивного отбора / В.Л. Ботяев, Е.В. Павлова // *Вестник спортивной науки*. – 2015. – № 2. – С. 23–26.

5. Германов, Г.Н. Двигательные способности и физические качества. Разделы теории физической культуры / Г.Н. Германов. – М.: Юрайт, 2017. – 224 с.

6. Зерег, Ф. Развитие координационных способностей юных гандболисток / Ф. Зерег, М.В. Жийяр // *Теория и практика физ. культуры*. – 2018. – № 5 (961). – С. 91.

7. Костюнина, Л.И. Влияние развития ритмичности на природ показателей двигательных координаций (на примере ловкости) / Л.И. Костюнина // *Теория и практика физ. культуры*. – 2007. – № 4. – С. 68–70.

8. Лях, В.И. Специфические координационные способности как критерий прогнозирования спортивных достижений футболистов / В.И. Лях, З. Витковски, В. Жмуда // *Теория и практика физ. культуры*. – 2002. – № 4. – С. 21–25.

9. Лях, В.И. Координационные способности: диагностика и развитие / В.И. Лях. – М.: ТВТ Дивизион, 2006. – 288 с.

10. Матвеев, Л.П. Основы спортивной тренировки / Л.П. Матвеев. – М.: Физкультура и спорт, 1977. – 271 с.

References

1. Boychenko S.D., Karseko E.N., Leonov V.V. [On Some Aspects of the Concept of Coordination and Coordination Abilities in Physical Education and Sports Training]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2003, no. 8, pp. 15–21. (in Russ.)

2. Boloban V.N. [Sensorimotor Coordination as a Basis for Technical Training]. *Nauka v olimpiyskom sporte* [Science in Olympic Sports], 2006, no. 1, pp. 96–102. (in Russ.)

3. Botyayev V.L. [Individual Features of the Development of Coordination Abilities in Athletes of Various Specializations, Age and Qualifications]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2012, no. 7, pp. 71–76. (in Russ.)

4. Botyayev V.L., Pavlova E.V. [Relationship and Dynamics of Manifestation of Coordination Abilities as a Factor of Actualization of the System of Sports Selection]. *Vestnik sportivnoy nauki* [Bulletin of Sports Science], 2015, no. 2, pp. 23–26. (in Russ.)

5. Germanov G.N. *Dvigatel'nyye sposobnosti i fizicheskiye kachestva. Razdely teorii fizicheskoy kul'tury* [Motor Abilities and Physical Qualities. Sections of the Theory of Physical Culture]. Moscow, Yurayt Publ., 2017. 224 p.

6. Zereg F., Zhiyyar M.V. [Development of Coordination Abilities of Young Handball Players]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2018, no. 5 (961), p. 91. (in Russ.)

7. Kostyunina L.I. [Influence of Rhythm Development on the Increase in Motor Coordination Indicators (on the Example of Dexterity)]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2007, no. 4, pp. 68–70. (in Russ.)
8. Lyakh V.I., Vitkovski Z., Zhmuda V. [Specific Coordination Abilities as a Criterion for Predicting Sports Achievements of Football Players]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2002, no. 4, pp. 21–25. (in Russ.)
9. Lyakh V.I. *Koordinatsionnyye sposobnosti: diagnostika i razvitiye* [Coordination Abilities. Diagnostics and Development]. Moscow, TVT Divizion Publ., 2006. 288 p.
10. Matveyev L.P. *Osnovy sportivnoy trenirovki* [Fundamentals of Sports Training]. Moscow, Physical Culture and Sport Publ., 1977. 271 p.

Информация об авторах

Зерег Фатех, кандидат педагогических наук, преподаватель, тренер по физподготовке, кафедра теории и методики футбола, Спортивный университет Чэнду, Чэнду, Китай.

Жийяр Марина Владимировна, доктор педагогических наук, профессор, зав. кафедрой теории и методики гандбола, Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма, Москва, Россия.

Сули Таха, аспирант, ассистент-преподаватель, тренер по гандболу, Московский международный университет, Москва, Россия.

Тан Хуань, кандидат педагогических наук, преподаватель, Спортивный университет Чэнду, Чэнду, Китай.

Information about the authors

Fateh Zereg, Candidate of Pedagogical Sciences, Lecturer, Physical Training Coach, Department of Theory and Methods of Football, Chengdu Sport University, Chengdu, China.

Marina V. Gillard, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Head of the Department of Theory and Methods of Handball, Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism, Moscow, Russia.

Takha Suli, post-graduate student, assistant lecturer, handball coach, Moscow International University, Moscow, Russia.

Huan Tang, Candidate of Pedagogical Sciences, Lecturer, Chengdu Sport University, Chengdu, China.

Статья поступила в редакцию 10.08.2022

The article was submitted 10.08.2022

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ВЫНОСЛИВОСТЬ БОРЦОВ НА ПОЯСАХ

Ф.А. Мавлиев¹, fanis16rus@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8981-7583>

Ф.Р. Зотова^{1,2}, zfr-nauka@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8711-8807>

И.А. Земленухин¹, ilya.zemlenuhin@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4695-0840>

М.В. Шайхелисламова³, marishaih2502@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4210-2024>

Н.Б. Дикопольская³, bettydn@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4093-2123>

Г.А. Билалова³, g.bilalova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2864-0205>

Р.Р. Колясов², ruslan.kolyasov@kazangmu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6168-4148>

¹Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия

²Казанский государственный медицинский университет, Казань, Россия

³Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

Аннотация. Цель работы – оценка возможностей использования специализированного лабораторного теста для определения специфической скоростно-силовой выносливости единоборцев в условиях, моделирующих соревновательную деятельность. **Методы и организация исследования.** Протокол нагрузки состоял из пяти подряд повторяющихся спринтов (серий) на ручном эргометре Monark Ergonomic 891 E (Германия) и ножном велоэргометре Monark Ergonomic 894 E (Германия) с интервалом отдыха 25 с. Фиксировались абсолютная и относительная пиковая мощность и пиковая скорость оборотов ручки эргометра. К исследованию были привлечены 22 спортсмена – борцы на поясах в возрасте от 18 до 20 лет. Спортсмены были условно разделены на 2 группы по уровню подготовленности: кандидаты в мастера спорта и мастера спорта и выше. **Результаты.** Показано, что анаэробная работоспособность в ходе протокола теста статистически значимо снижается к 4-й и 5-й сериям нагрузки. При тестировании мышц плечевого пояса к концу теста у борцов остается 76,7 % от исходного уровня. Атлеты уровня МС и выше отличаются от менее квалифицированных атлетов показателями мощности на пиковой скорости ($10,3 \pm 3,14$ Вт/кг против $7,6 \pm 1,7$ Вт/кг соответственно), а также максимальной скорости оборотов ручки эргометра, начиная со второй серии (у МС выше на 5–10 об/мин). **Заключение.** Разработан специфический тест оценки анаэробной работоспособности борцов на поясах в условиях, моделирующих соревновательный поединок, и экспериментально доказана перспективность его использования в спортивной практике.

Ключевые слова: аэробная и анаэробная работоспособность, атлеты, единоборства, специальная функциональная выносливость, специфический тест, производительность мышц

Для цитирования: Функциональная выносливость борцов на поясах / Ф.А. Мавлиев, Ф.Р. Зотова, И.А. Земленухин и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 4. С. 150–157. DOI: 10.14529/hsm220418

Original article
DOI: 10.14529/hsm220418

FUNCTIONAL ENDURANCE OF BELT WRESTLERS

F.A. Mavliev¹, fanis16rus@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8981-7583>

F.R. Zotova^{1,2}, zfr-nauka@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8711-8807>

I.A. Zemlyanukhin¹, ilya.zemlenuhin@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4695-0840>

M.V. Shaykhelislamova³, marishaih2502@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4210-2024>

N.B. Dikopolskaya³, bettydn@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4093-2123>

G.A. Bilalova³, g.bilalova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2864-0205>

R.R. Kolyasov², ruslan.kolyasov@kazangmu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6168-4148>

¹Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, Russia

²Kazan State Medical University, Kazan, Russia

³Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

Abstract. Aim. The paper aims to evaluate the use of a special test for the specific speed and strength endurance of wrestlers in conditions similar to those of competitive activity. **Materials and methods.** The protocol consisted of five consecutive sprints on Monark 891 E and Monark 894 E (Germany) with a rest interval of 25 seconds. The absolute and relative peak power and peak handle speed were recorded. Twenty-two belt wrestlers, ages 18 to 20, were involved in the study. Athletes were divided into two groups based on their physical fitness level: candidates for master of sport and masters of sport and above. **Results.** Anaerobic performance during the test had a statistically significant decrease starting from the 4th and 5th series of physical activity. By the end of the test, shoulder girdle muscles had 76.7% of the initial level. Masters of Sport and above differed from less skilled athletes in terms of power at peak speed (10.3 ± 3.14 w/kg versus 7.6 ± 1.7 w/kg, respectively), as well as the maximum handle speed starting from the second series (masters of sport had 5–10 rpm higher). **Conclusion.** A specific test for the evaluation of anaerobic performance in conditions similar to those of competitive activity was developed, and the prospects of its use were experimentally proven.

Keywords: aerobic performance, anaerobic performance, athletes, martial arts, functional endurance, specific test, muscle performance

For citation: Mavliev F.A., Zotova F.R., Zemlyanukhin I.A., Shaykhelislamova M.V., Dikopolskaya N.B., Bilalova G.A., Kolyasov R.R. Functional endurance of belt wrestlers. *Human. Sport. Medicine.* 2022;22(4):150–157. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220418

Введение. Физическая подготовка в единоборствах требует реализации эффективных атакующих и защитных действий, выполняемых в высокоинтенсивном режиме. Показано, что борцовский поединок характеризуется прерывистыми физическими нагрузками с различной интенсивностью, для которых характерны внезапные взрывные атаки, контратаки и защиты, выполняемые на протяжении всего времени схватки [3, 9].

При этом в процессе борьбы, по утверждению Cinar and Tamer (1994); Callan et al. (2000); Karnincic H. et al. (2009), в разной степени используются как анаэробные, так и аэробные энергетические системы [4, 9, 10]. Анаэробная система обеспечивает короткие, быстрые всплески максимальной мощности (ММ) во время поединка, в то время как аэробная способствует восстановительным

процессам, позволяющим сохранять возможность проявления ММ в ходе всего поединка [9, 10]. Мощность анаэробной системы энергообеспечения имеет решающее значение для выполнения борцовских атак, для подъема и/или броска соперника при наступательных действиях в борьбе, а также для отражения атак соперника [5, 11]. Однако нагрузки, выполняемые в режиме высокой интенсивности, приводят к развитию утомления, которое выражается в субъективных ощущениях усталости, забитости мышц. При использовании объективных средств контроля (лактометры, эргометры, газоанализаторы) можно отметить повышение уровня лактата, снижение мышечной производительности, а также повышенное выделение углекислого газа.

Как для тренера, так и для ученого необходимы объективные методы оценки адапта-

ции организма к подобного рода нагрузкам, которые требуют специфической скоростно-силовой выносливости, что позволит определить стратегию тренировок, а также оценить ее эффективность.

Для оценки внешней стороны работы, выраженной в результатах мышечной производительности, часто используют различные эргометры, способные измерить генерируемую в ходе избранной локомоции мощность вовлеченных в работу мышц. Наиболее часто это эргометры, в основе которых лежат циклические движения, осуществляемые посредством ручных или ножных рычагов. В качестве метода оценки используют тесты, выполняемые в режиме высокой интенсивности. Наиболее распространенный из них – анаэробный тест Вингейта (обычно называемый «тест Вингейта», Wingate anaerobic test, Wingate test), который используется в борьбе для оценки анаэробной производительности мышц плечевого пояса и ног [3].

Классический вариант теста заключается в педалировании с максимальным (полным) усилием в течение 30 с против постоянного тормозного усилия (примерно 7,5 % от веса для велоэргометра Monark). При этом короткие тесты (менее 5 с) будут определяться возможностями ресинтеза АТФ¹ за счет преимущественно анаэробных механизмов, без существенного образования лактата, тогда как классический вариант в 30 с будет требовать вовлечения и аэробных механизмов (примерно 9–40 %, согласно данным исследователей J.A.L. Calbet et al. [2], O. Serresse et al. [6], O. Inbar [8]).

Недостатком подобного универсального подхода оценки мышечной производительности является то, что было отмечено выше, – в борьбе высокоинтенсивная деятельность сочетается с низкоинтенсивной в течение регламентированного времени. Следовательно, для большей специфичности теста требуется оценка максимальной мощности (и ряда показателей, фиксируемых эргометром, а также их динамики) в режиме краткосрочных скоростно-силовых ускорений, сочетающихся с определенными промежутками отдыха. К тому же классический вариант теста нередко вызывает негативные физиологические реакции у испы-

туемых. С этих позиций скоростно-силовая выносливость единоборца в аспекте физической подготовки будет требовать формирования такого физиологического профиля, который позволяет:

- минимизировать образование продуктов метаболизма, приводящих к снижению физической работоспособности;
- утилизировать продукты метаболизма в ходе кратковременных периодов низкоинтенсивной физической нагрузки.

Подготовка подобного атлета, обладающего «идеальным» сочетанием скоростно-силовых качеств и выносливости, будет приводить как к лучшим показателям средней мощности, демонстрируемой атлетом в ходе теста, так и к меньшему ее падению с течением времени. Все это с позиций физиологии можно обозначить как специальную функциональную выносливость (СФВ). Несомненно, тактико-технические характеристики атлета будут вносить существенный вклад в исход поединка и несколько нивелировать недостатки анаэробной и/или аэробной производительности, что требует отдельных исследований.

Ранее в ходе констатирующего исследования (И.А. Земленухин и др., 2022) нами было показано, что, к примеру, в борьбе на поясах высокоинтенсивные и низкоинтенсивные отрезки поединка нередко сочетаются с друг другом в соотношении 1:5. (Если рассматривать временные отрезки, то это 5 и 25 с – среднестатистические показатели боя высокой интенсивности, отмечаемые в 25 % случаев наблюдения), что было определено в ходе анализа 52 поединков Первенства мира по борьбе на поясах 2019 года [1]. Следовательно, использование тестовых протоколов (серий коротких тестов), включающих в себя сочетание ускорения с периодами отдыха, будет более приближено к реальным условиям соревновательной деятельности атлетов. Это позволит точнее определить адаптированность атлета и дополнит сведения исследователей и тренеров об эффективности используемых методов и средств повышения функциональных возможностей единоборцев с адекватной оценкой СФВ. Оценка СФВ возможна лишь в специфических условиях тестирования, моделирующих соревновательную деятельность и требующих от спортсмена противостояния утомлению мышц, что будет выражаться в минимальном падении ПМ на эргометре в ходе серии тестовых нагрузок.

¹ Аденозинтрифосфат или Аденозинтрифосфорная кислота – нуклеозидтрифосфат, имеющий большое значение в обмене энергии и веществ в организме.

Цель работы – оценка возможностей использования специализированного лабораторного теста для определения специфической скоростно-силовой выносливости единоборцев в условиях, моделирующих соревновательную деятельность.

Материалы и методика исследования.

Для эксперимента были задействованы 22 спортсмена – борцы на поясах в возрасте от 18 до 20 лет. Спортсмены были условно разделены на 2 группы по уровню подготовленности: кандидаты в мастера спорта (в тексте «группа 1»), а также мастера спорта и выше (в тексте «группа 2»). Участники были проинформированы о процедурах тестирования, протоколах и оборудовании до начала исследования. Эксперимент проходил с 9:00 до 12:00, у всех спортсменов не было тренировочной нагрузки за 24 часа до тестирования.

Протокол нагрузки состоял из пяти подряд повторяющихся спринтов (серий) на ручном эргометре Monark Ergonomic 891 E (Германия) и ножном велоэргометре Monark Ergonomic 894 E (Германия) с интервалом отдыха 25 с. Время отдыха измерялось с помощью ручного секундомера. Для стандартизации условий выполнения теста с испытуемыми по истечении 20 с отдыха давалась команда «приготовиться», и по команде «старт» спортсмен начинал выполнять упражнение, когда скорость движения маховика составляла 100 об/мин ($\pm 5\%$), после чего необходимо

было в течение 5 с достичь максимально возможной скорости. Фиксировались абсолютная и относительная пиковая мощность (ПМ, Вт, Вт/кг), пиковая скорость (ПС, об/мин) использованных в локомоции мышц. Кроме этого, за день до тестирования был выполнен ряд педагогических тестов, таких как 10 бросков через плечо на время (с), броски партнера равного веса прогибом за 20 с (количество), забегание на мосту (количество), вставание на мост из стойки (количество), переворот на мосту 10 раз на время (с).

Все данные были обработаны в программе SPSS 20 с оценкой статистической значимости результатов для связанных и несвязанных выборок с учетом характера распределения значений в выборке.

Результаты исследования. Специфическая анаэробная производительность единоборцев. О необходимости специфического лабораторного теста в борьбе, отражающего уровень анаэробной работоспособности в сочетании с короткими периодами отдыха, говорят несколько фактов, отмеченных в ходе тестирования исследуемых. **Первый важный аспект** – это то, что в ходе специфического теста отмечается статистически значимое снижение анаэробной производительности к 4-й и 5-й серии. Например, к концу теста остается 76,7 % от исходного уровня, что наблюдается при тестировании мышц плечевого пояса (рис. 1). Следовательно, данная особен-

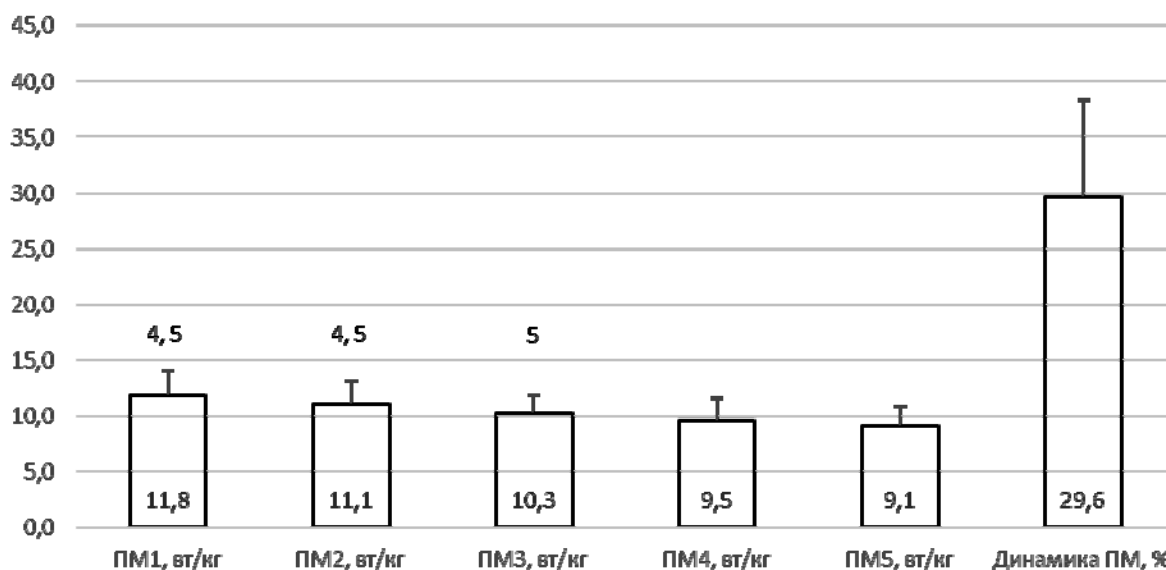


Рис. 1. Динамика пиковой мощности в ходе специализированного теста при тестировании мышц плечевого пояса: числа над диаграммами – статистическая значимость с показателями серии теста, при $p < 0,05$ с номером тестовой серии

Fig. 1. Peak power of shoulder girdle muscles during a special test: statistical significance ($p < 0.05$) compared to the results of the test series with the number of the test series

ность будет являться показателем степени индивидуальной СФВ, которая, на наш взгляд, будет определяться как способностью восстанавливаться в ходе коротких интервалов отдыха, так и способностью выполнять работу без создания большого количества продуктов метаболизма.

Второй аспект – особенности индивидуальной СФВ, т. е. разница между лучшим и худшим показателями ПМ в 5 пробах у исследуемых групп не отличалась и имела существенный разброс. По причине технического несовершенства выполнения или же по причине утомления худший результат в среднем ниже лучших показателей на треть (29,6 %, рис. 1, последняя диаграмма), а у некоторых спортсменов данная разница доходила до 50 %. Если же учесть, что в исследованиях показано повышение уровня лактата в ходе поединка (Nilsson J., 2002), то наблюдаемое снижение ПМ в первую очередь обуславливается утомлением. Исследователями показано, что повышение уровня лактата более выражено при тестировании руками, чем ногами [12].

Анаэробная работоспособность в зависимости от уровня спортивного мастерства. Отличия между группами 1 и 2 фиксируются в основном в работоспособности мышц плечевого пояса, показатели которых и будут в дальнейшем рассмотрены. Как видно из рис. 2, атлеты группы 2 имеют более высокие значе-

ния максимальной скорости оборотов ручки эргометра, которые сохраняются в каждой из 5 попыток. По всей видимости, атлеты более высокого уровня имеют больший процент быстрых волокон (как результат отбора), о чем можно косвенно судить по результатам M. Esbjörnsson et al. [7], и/или обладают лучшей координацией, которая необходима в ходе выполнения теста и требует от атлетов скоординированного сокращения / расслабления мышц (агонистов и антагонистов). По сути, это является основой успешного выполнения любых циклических локомоций на эргометрах, требующих демонстрации силы и мощности в движениях с вовлечением нескольких суставов.

Практический вывод из данного факта применительно к единоборствам – это то, что атлеты классом выше имеют большую возможность демонстрировать высокоскоростные локомоции, которые на всех сериях тестовой нагрузки остаются выше, чем у атлетов уровнем ниже, хотя сама динамика падения производительности в нашем случае не обусловлена квалификацией атлетов ($p > 0,05$). Сходные данные отмечаются и по отношению к динамике пиковой мощности (рис. 3), которая имеет сходный характер у атлетов 1-й и 2-й групп, но на каждом из этапов показатели, как правило, выше у более высококвалифицированных атлетов. Возможно, этим и опреде-

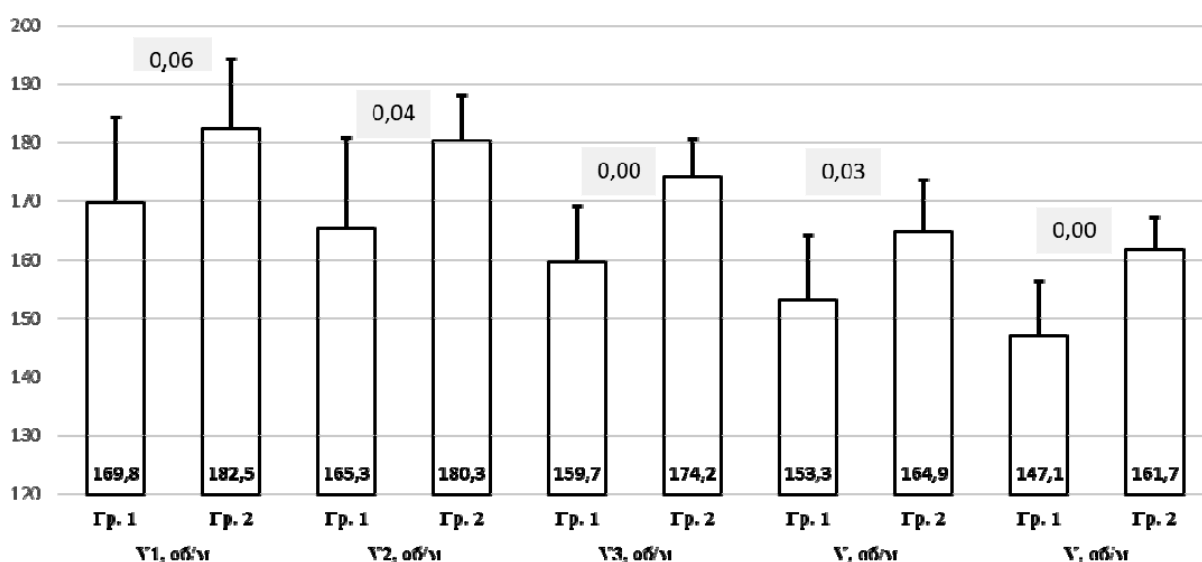


Рис. 2. Динамика скорости оборотов ручки эргометра в ходе выполнения специфического теста на ручном эргометре с первой (V1) по пятую (V5) попытки у атлетов уровня до КМС (гр. 1) и ниже по сравнению с МС и выше (гр. 2): значения «р» на рис. 2 и ниже представлены между диаграммами и обозначают статистическую значимость у исследуемых групп на каждой тестовой пробе

Fig. 2. Dynamics of handle speed during a specific test on a manual ergometer from the first (V1) to the fifth (V5) attempts in athletes of group 1 and group 2: p values in fig. 2 and below are presented between the diagrams and indicate the statistical significance of each test

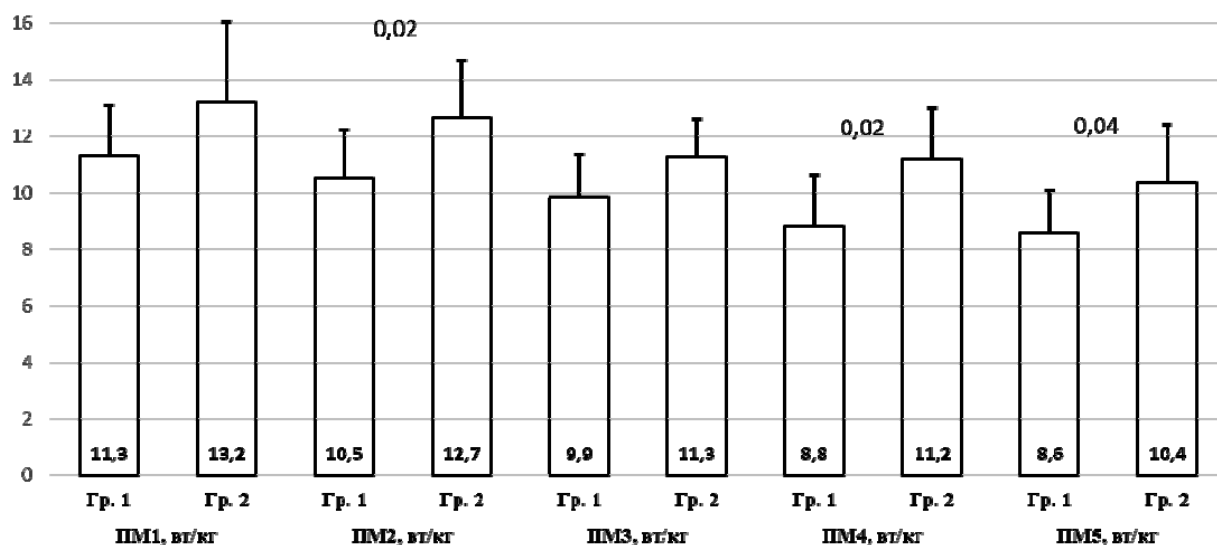


Рис. 3. Динамика пиковой мощности в ходе выполнения специфического теста на ручном эргометре с первой (ПМ1) по пятую (ПМ5) попытки у атлетов уровня до КМС (гр. 1) и ниже по сравнению с МС и выше (гр. 2)
Fig. 3. Dynamics of peak power during a specific test on a manual ergometer from the first (PP1) to the fifth (PP5) attempts in athletes of group 1 and group 2

ляются различия в выполнении педагогического теста, требующего, кроме всего прочего, и хорошего уровня скоростно-силовой выносливости: атлеты 2-й группы показали результаты выше в тесте «10 бросков через плечо на время» – $16,7 \pm 1$ с против $17,8 \pm 1$ с соответственно. Но в то же время данный тест является совокупным результатом как анаэробной производительности, так и уровня технического мастерства, что затрудняет однозначную интерпретацию результатов.

Для понимания следующих отличий между группами 1 и 2 необходимо разъяснить следующее: при выполнении тестового протокола и благодаря возможностям программного обеспечения можно оценить два показателя мощности выполняемой работы – один из показателей рассчитывается с учетом инертности маховика (т. е. вес сопротивления и инертность, о чем было сказано выше), а второй – без ее учета и рассчитывается после достижения маховиком околоразмаховой скорости (т. е. ускорение маховика равно нулю, а сопротивление достигается лишь за счет веса груза). При этом сама скорость локомоции позволяет понять, что это в значительной степени показатель работы высокопороговых волокон, которые и являются источником мощности. Так, у атлетов группы 2 показано, что мощность на пиковой скорости, демонстрируемая на третьем измерении на ручном эргометре, была выше – $10,3 \pm 3,14$ Вт/кг против $7,6 \pm 1,7$ Вт/кг ($p < 0,05$). Это косвенно

подтверждает большую производительность высокопороговых двигательных единиц у более квалифицированных единоборцев (что, несомненно, требует проверки как на больших объемах выборки, так и посредством использования прямых методов измерения). В остальных сериях теста межгрупповые отличия не носили статистически значимый характер ($p > 0,05$). При анализе мощностных характеристик мышц нужно понимать, что скорость укорочения не может быть одновременно оптимальной для медленных и быстрых волокон, составляющих совокупность активных в данной локомоции мышц. Значение мощности на максимальной скорости, о которой мы говорили выше, является лишь своеобразным компромиссом между оптимальной скоростью для медленных мышц, участвующих в данной локомоции, и оптимальной скоростью для быстрых мышечных волокон. Частичным решением данной проблемы является тестирование с использованием различных сопротивлений. По всей видимости, максимальная мощность смешанной мышцы меньше, чем сумма максимальных мощностей медленных и быстрых волокон, рассчитанных отдельно. Поэтому задача заключается не в оценке некой «истинной» мощности, что является довольно оторванной от практики задачей, а в подборе тех скоростей и веса отягощения нагрузочного теста, которые будут оптимальны для конкретного атлета и/или вида спорта.

Заключение. Наиболее значимые отличия, обусловленные уровнем спортивного мастерства, фиксируются в показателях производительности мышц плечевого пояса, что выражается как в большей скорости локомоций в ходе выполнения теста (скорость оборотов ручек эргометра), так и в больших значениях пиковой мощности во второй, четвертой и пятой сериях теста, а также в пиковой мощности (на третьей серии теста) на субмаксимальной скорости.

Показано, что специфический тест, моделирующий соревновательную деятельность

единоборцев, демонстрирует динамику анаэробной работоспособности в ходе регламентированного времени, что позволяет использовать его в качестве инструмента для оценки специальной функциональной выносливости атлетов, которая носит в значительной степени индивидуальный характер. Динамика анаэробной производительности, выраженная в падении пиковой мощности мышц плечевого пояса к концу теста у исследуемых, составляет 29,6 %, и это не связано с уровнем спортивного мастерства.

Список литературы / References

1. Земленухин И.А., Зотова Ф.Р., Мавлиев Ф.А., Колясов Р.Р. Оценка анаэробной производительности борцов на поясах с учетом особенностей их соревновательных поединков // Наука и спорт: современные тенденции. 2022. Vol. 10, no. 1. С. 18–25. [Zemlenukhin I.A., Zotova F.R., Mavliyev F.A., Kolyasov R.R. [Estimation of Anaerobic Performance of Wrestlers on Belts Taking into Account the Peculiarities of their Competitive Fights]. *Nauka i sport: sovremennyye tendentsii* [Science and Sport. Modern Trends], 2022, vol. 10, no. 1, pp. 18–25. (in Russ.)]
2. Calbet J.A.L. et al. Anaerobic Energy Provision Does not Limit Wingate Exercise Performance in Endurance-Trained Cyclists. *Journal of Applied Physiology*, 2003, vol. 94, no. 2, pp. 668–676. DOI: 10.1152/jappphysiol.00128.2002
3. Hübner-Wozniak E. et al. Anaerobic Performance of Arms and Legs in Male and Female Free Style Wrestlers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2004, vol. 7, no. 4, pp. 473–480. DOI: 10.1016/S1440-2440(04)80266-4
4. Cinar G., Tamer K. Lactate Profiles of Wrestlers who Participated in 32nd European Free-Style Wrestling Championship in 1989. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 1994, vol. 34, pp. 156–160.
5. Demirkan E., Koz M., Kutlu M. et al. Comparison of Physical and Physiological Profiles in Elite and Amateur Young Wrestlers. *Journal Strength Cond Reserch*, 2015, vol. 29 (7), pp. 1876–1883. DOI: 10.1519/JSC.0000000000000833. PMID: 25559900
6. Serresse O. et al. Estimation of the Contribution of the Various Energy Systems During Maximal Work of Short Duration. *International Journal of Sports Medicine*, 1988, vol. 9, no. 06, pp. 456–460. DOI: 10.1055/s-2007-1025051
7. Esbjörnsson M. et al. Fast Twitch Fibres May Predict Anaerobic Performance in Both Females and Males. *International Journal of Sports Medicine*, 1993, vol. 14, no. 05, pp. 257–263. DOI: 10.1055/s-2007-1021174
8. Inbar O., Bar-Or O., Skinner J.S. The Wingate Anaerobic Test. *John Wiley & Sons*, 1996.
9. Karnincic H., Tocilj Z., Uljevic O., Erceg M. Lactate Profile During Greco-Roman Wrestling Matchx. *Journal Sports Science Medicine*, 2009, no. 1, vol. 8, pp. 17–19. PMID: 24474881; PMCID: PMC3879641
10. Callan S.D., Brunner D.M., Devolve K.L. et al. Physiological Profiles of Elite Freestyle Wrestlers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2000, vol. 14 (2), pp. 162–169. DOI: 10.1519/00124278-200005000-00008
11. Durkalec-Michalski K., Zawieja E.E., Zawieja B.E. et al. The Gender Dependent Influence of Sodium Bicarbonate Supplementation on Anaerobic Power and Specific Performance in Female and Male Wrestlers. *Science Rep.*, 2020, vol. 10 (1), p. 1878. DOI: 10.1038/s41598-020-57590-x. PMID: 32024852; PMCID: PMC7002590
12. Nilsson J., Csargo S., Gullstrand L. et al. Work-Time Profile, Blood Lactate Concentration and Rating of Perceived Exertion in the 1998 Greco-Roman Wrestling World Championship. *Journal Sports Science*, 2002, vol. 20, pp. 939–945. DOI: 10.1080/026404102320761822

Информация об авторах

Мавлиев Фанис Азгатович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Учебно-научного центра технологий подготовки спортивного резерва, Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия.

Зотова Фируза Рахматулловна, доктор педагогических наук, профессор, Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия; профессор, Казанский государственный медицинский университет, Казань, Россия.

Земленухин Илья Андреевич, аспирант, Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия.

Шайхелисламова Мария Владимировна, доктор биологических наук, профессор, Институт фундаментальной медицины и биологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия.

Дикопольская Наталья Борисовна, кандидат биологических наук, доцент; Институт фундаментальной медицины и биологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия.

Билалова Гульфия Альбертовна, кандидат биологических наук, доцент; Институт фундаментальной медицины и биологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия.

Колясов Руслан Рансович, кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой физического воспитания и здоровья, Казанский государственный медицинский университет, Казань, Россия.

Information about the authors

Fanis A. Mavliev, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Educational and Scientific Center for Sports Reserve Training Technologies, Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, Russia.

Firuz R. Zotova, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, Russia; Professor, Kazan State Medical University, Kazan, Russia.

Ilya A. Zemlenuhin, post-graduate student, Volga State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, Russia.

Maria V. Shaikhelislamova, Doctor of Biological Sciences, Professor, Institute of Fundamental Medicine and Biology, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia.

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

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

Ruslan R. Kolyasov, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Physical Education and Health, Kazan State Medical University, Kazan, Russia.

Статья поступила в редакцию 12.09.2022

The article was submitted 12.09.2022

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ВЫСОКИХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СПОРТСМЕНОВ В СВЕТЕ УПРОЩЕННОЙ ЗАРУБЕЖНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ СПОРТА. ЧАСТЬ 1

А.С. Шарыкин^{1,2,3}, sharykin1947@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5378-7316>

В.А. Бадтиева^{2,4}, vbadtieva@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-4291-679X>

В.И. Павлов², mnpccsm@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5131-7401>

Ю.М. Иванова², ivanovaum@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4616-8322>

Д.М. Усманов^{2,3}, damirmed@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1129-8271>

¹Российский национальный исследовательский медицинский университет

имени Н.И. Пирогова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

²Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения, г. Москвы, Москва, Россия

³Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации
Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия

⁴Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

Аннотация. Цель исследования: определить морфологические изменения сердца и физиологические возможности спортсменов в разных группах спортивных дисциплин (СД). Оценить приемлемость классификации Pelliccia A. для профессиональных спортсменов массового уровня. **Материалы и методы.** Обследованы 2647 спортсменов национального уровня, представляющих 40 СД, сгруппированных в четыре группы: требующие сложно-координационных навыков, силы, смешанных качеств, выносливости. Выполнены ЭКГ в 12 отведениях и эхокардиография с нормализацией показателей по площади поверхности тела (ППТ). Для оценки функциональных возможностей использовали кардиопульмональный тест. **Результаты.** Основным трендом было увеличение частоты и величины эксцентрической гипертрофии левого желудочка (ЛЖ), а также VO_2 Peak, VO_2 ПАНО и мощности работы от первой к четвертой группе. Наибольшую корреляцию с функциональными показателями спортсменов демонстрировали не линейные, а объемные характеристики ЛЖ, индексированные по ППТ. В группах количество лиц с признаками ремоделирования ЛЖ различалось от 14,4 до 45 %. Сходные результаты отмечались по литературным данным для спортсменов, выступающих на международных универсиадах и олимпиадах. **Заключение.** Классификация Pelliccia A. 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 Pelliccia A., ремоделирование сердца, гипертрофия миокарда левого желудочка, пиковое потребление кислорода

Для цитирования: Морфофункциональные основы высоких функциональных возможностей спортсменов в свете упрощенной зарубежной классификации спорта. Часть 1 / А.С. Шарыкин, В.А. Бадтиева, В.И. Павлов и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 4. С. 158–169. DOI: 10.14529/hsm220419

Original article
DOI: 10.14529/hsm220419

MORPHOFUNCTIONAL BASIS OF HIGH FUNCTIONAL CAPABILITIES OF ATHLETES IN THE LIGHT OF A SIMPLIFIED FOREIGN CLASSIFICATION OF SPORTS. PART 1

A.S. Sharykin^{1,2,3}, sharykin1947@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5378-7316>

V.A. Badtieva^{2,4}, vbadtieva@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-4291-679X>

V.I. Pavlov², mnpcsm@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5131-7401>

Yu.M. Ivanova², ivanovaum@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4616-8322>

D.M. Usmanov^{2,3}, damirmed@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1129-8271>

¹N.I. Pirogov Russian National Research Medical University of Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

²Moscow Research and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Health Care Department, Moscow, Russia

³Federal Research and Clinical Center for Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia

⁴I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

Abstract. Aim. The paper aims to identify morphological changes of the heart and physiological capabilities of athletes in different sports and to evaluate the acceptability of the A. Pelliccia classification for professional athletes. **Materials and methods.** The sample involved 2647 national-level athletes from 40 sports disciplines. Sports disciplines were divided into those that required coordination skills, strength, mixed qualities, and endurance. A 12-lead ECG and echocardiography with normalization of the body surface area (BSA) were performed. Functional capabilities were evaluated with cardiopulmonary testing. **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 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. The proportion of people with signs of left ventricular remodeling varied between groups, ranging from 14.4 to 45%. Similar results were found in the literature for athletes competing at international Universiades and Olympic Games. **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 1. *Human. Sport. Medicine*. 2022;22(4):158–169. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220419

Введение. Многочисленные исследования за последние 15–20 лет показывают, что ключевой структурой для здоровья профессионального спортсмена является сердечно-сосудистая система (ССС). С одной стороны, она обеспечивает необходимые условия для победы, а с другой – именно на неё приходится основная тяжесть испытываемых нагрузок. Выделив по три градации каждого из этих факторов, Mitchell J.H. et al. в 2005 г. предложили разделить виды спорта на девять групп,

которым должны соответствовать определенные физические качества спортсменов [7, 8]: от IА, с минимальной перегрузкой объемом и сопротивлением (гольф, стрельба, боулинг и др.) до максимальной (IIIС – бокс, триатлон, гребля и др.).

Однако с медицинской точки зрения более рациональным представляется деление видов спорта по их долгосрочному влиянию на состояние сердца. Нередко требуется выяснить, являются ли изменения сердца доброкачест-

венными, развившимися вследствие регулярных спортивных упражнений или перешедшими в патологический вариант из-за чрезмерных перегрузок.

В силу этого группой европейских спортивных кардиологов под руководством Pelliccia A. стала применяться упрощенная классификация, где виды спорта подразделяются только на четыре группы в соответствии с возникающими острыми физиологическими реакциями (изменения ЧСС, АД, сердечного выброса) и долгосрочным влиянием на ремоделирование сердца [2–4, 10]: 1) требующие преимущественно сложно-координационных навыков (англ. skill, 2) требующие силы (англ. power), 3) требующие смешанных качеств (англ. mixt), 4) требующие выносливости (англ. endurance).

Виды спорта, отнесенные к соответствующим группам, собраны нами из соответствующих публикаций, так или иначе использовавших данную классификацию (табл. 1).

Различия между группами заключаются в величине изометрических и изотонических упражнений, необходимых для адаптации ССС. В результате в гр. 1 ремоделирование сердца обычно отсутствует или выражено крайне слабо. В гр. 2 – присутствует увеличение толщины стенки ЛЖ и в меньшей степени увеличение размера ЛЖ. В гр. 3 ремоделирование сердца проявляется дополнительным увеличением как размера полости ЛЖ, так и изменением толщины стенки ЛЖ. В гр. 4 ремоделирование сердца характеризуется значительным увеличением полости ЛЖ и толщины стенки.

Однако степень морфологических изменений сердца оценивалась в основном качественным образом, количественные характеристики приведены только для олимпийских атлетов [3]. Целью настоящей работы было оценить приемлемость данной классификации для профессиональных спортсменов более массового уровня и определить связь формальных морфологических изменений сердца с физиологическими возможностями спортсменов.

Материалы и методы. В настоящей работе использованы данные обследования 2980 спортсменов мужского пола в возрасте от 16 до 45 лет, выступающих за сборные

команды г. Москвы и прошедших углубленное медицинское обследование в межсоревновательном периоде в МНПЦ МРВСМ ДЗ г. Москвы. Критерием отбора было отсутствие какой-либо патологии ССС – структурной или электрической – и соревновательный стаж не менее 3 лет. Во всех группах уровень ЧСС и АД находился в пределах нормальных величин, незначительно различаясь между ними.

Обследованные лица представляли 40 различных СД. В последующем из анализа удалены лица, чей возраст и антропометрические показатели превышали три стандартных отклонения ($M+3SD$) от средних в данном виде спорта (333 чел., 11,2 %) и дальнейший анализ проведен среди 2647 спортсменов. В итоге в группу 1 вошли 583 чел. (22,7 %), в группу 2 – 957 чел. (37,2 %), в группу 3 – 432 чел. (13,8 %) и в группу 4 – 675 чел. (26,3 %) (табл. 2).

Все спортсмены прошли клиническое исследование, ЭКГ в 12 отведениях и эхокардиографию (ЭхоКГ) с измерением линейных размеров, объема и массы миокарда ЛЖ с нормализацией показателей по площади поверхности тела (ППТ). Оценку полученных величин, а также типа ремоделирования ЛЖ проводили в соответствии с европейскими рекомендациями [5, 6, 11, 12]. Гипертрофией ЛЖ считали наличие индекса массы миокарда (ИММ) $> 115 \text{ г/м}^2$, концентрической геометрии – относительную толщину стенки ЛЖ (ОТС) $> 0,42$. Предельными значениями КДР и КДО ЛЖ считали популяционные нормы в 60 мм (32 мм/м^2) и 150 мл (75 мл/м^2) соответственно.

Для оценки функциональных возможностей спортсменов использовали кардиопульмональный тест в виде ступенчатой нагрузки на велоэргометре (начальная мощность – 25 Вт, величина ступени – 25 Вт, продолжительность ступени – 2 минуты) до субмаксимальной ЧСС составляющей 75–85 % от максимальной возможной ЧСС, рассчитанной по формуле: $211 - (0,64 \cdot \text{возраст})$ [9]. Анализ аэробных способностей проведен среди 1917 спортсменов, преодолевших ПАНО.

Для статистического анализа результатов использовался пакет компьютерных программ Statistica 8.0. Для демографических показателей и морфологических величин сердца вычислялись 5-е и 95-е центили.

Таблица 1
Table 1

Типы СД, классифицированные в соответствии с гемодинамическими изменениями и ремоделированием сердца,
происходящими при длительных тренировках (адаптировано из [2-4, 10]).
SD types classified based on hemodynamic changes and heart remodeling during prolonged training (adapted from [2-4, 10])

Показатели Parameter	Влияние на работу и морфологию сердца Influence on heart performance and morphology			
	Сложно-координационные навыки Complex coordination skills	Сила Power	Смешанные качества Mixed qualities	Выносливость Endurance
Объем тренировок Training volume	–	+	++	+++
Частота сердечных сокращений Heart rate	+ / ++	++	++ / +++	+++
Артериальное давление Blood pressure	+	+++	++	++
Сердечный выброс Cardiac output	+	++	++ / +++	+++
Ремоделирование сердца Heart remodeling	–	+	++	+++
Виды спорта Sports	Гольф Карате Керлинг Конный спорт* Мотогонки*** Настольный теннис Парусный спорт Плавание с аквалангом* Прыжки на лыжах с трамплина* Санный спорт Стрельба из лука Стрельба пулевой Тхэквандо Ушу Прыжки на батуте Фристайл	Альпинизм (скалолазание)* Бобслей* Бокс Борьба/Дзюдо Водные лыжи Гимнастика художественная Горные лыжи* Метание диска/копья Сноуборд* Спринтерские забеги Толкание ядра Тяжелая атлетика Шорт-трек Скейтон Армрестлинг Дзю-джитсу Самбо Тайский бокс	Американский футбол** Бадминтон Баскетбол Бейсбол Водное поло Волейбол Гандбол** Гимнастика спортивная Крикет Регби** Сквош Теннис Фехтование Футбол Хоккей/Хоккей с шайбой**	Бег на коньках на средние или длинные дистанции Бег на средние или длинные дистанции Биатлон Велоспорт Гребля академическая Гребля на каное Лыжные гонки Пятиборье Плавание на средние или длинные дистанции* Триатлон

Окончание табл. 1
Table 1 (end)

Показатели Parameter	Влияние на работу и морфологию сердца Influence on heart performance and morphology		
	Сложно-координационные навыки Complex coordination skills	Сила Power	Смешанные качества Mixed qualities
Виды спорта Sports	Golf	Mountaineering (rock climbing)*	American Football**
	Karate Curling Equestrian sports* Motorcycle racing*** Table tennis Sailing Scuba diving* Ski jumping* Luge Archery Shooting sports Taekwondo Wushu Trampoline jumping Freestyle	Bobsleigh* Boxing Wrestling/Judo Water skiing Rhythmic gymnastics Alpine skiing* Discus/Javelin throwing Snowboarding* Sprint races Shot put Weightlifting Short track Skeleton Arm wrestling Jiu-jitsu Sambo Thai Boxing	Long- and short-track speed skating Middle- and long- distance running Biathlon Bicycling Rowing Canoeing Cross-country skiing Pentathlon Middle- and long- distance swimming* Triathlon

Примечание. Виды спорта представлены по алфавиту. Величины тренировочных нагрузок, степень типовых изменений гемодинамики и ремоделирования сердца при длительных тренировках указаны для каждой спортивной группы дискретным способом: + слабый, ++ умеренный, +++ сильный эффект.

* Указывает на вид спорта с риском серьезных травм или смерти спортсмена и/или зрителей в случае обморока.

** Обозначает вид спорта с повышенным риском столкновений.

Полужирным шрифтом выделены дисциплины, вошедшие в настоящее исследование. Полуужирным + курсивом – дополнительные виды спорта, не присутствующие в оригинальной классификации.

Note. Training volume, typical hemodynamic changes, and heart remodeling during prolonged exercise are displayed in a discrete manner for each group: + weak, ++ moderate, +++ strong effect.

* Indicates a sport in which fainting poses a serious risk of serious injury or death to athletes and/or spectators.

** Indicates a sport with a high collision risk.

The disciplines included in this research are semi-bold. Additional sports, which are not presented in the original classification, are semi-bold + italic.

Таблица 2
Table 2

Демографические и эхокардиографические показатели 2647 спортсменов-мужчин (M ± SD)
Demographic and echocardiographic results of 2647 male athletes (M ± SD)

Показатели Parameter	Виды спорта / Kinds of sports							Тренирующие выносливость Endurance training	5-е и 95-е центили 5th and 95th percentiles
	Сложно- координационные навыки Complex coordination skills	5-е и 95-е центили 5th and 95th percentiles	Тренирующие силу Power training	5-е и 95-е центили 5th and 95th percentiles	Смешанные качества Mixed qualities	5-е и 95-е центили 5th and 95th percentiles			
Демографические показатели спортсменов / Demographic data of athletes									
Количество спортсменов, n (%) Number of athletes, n (%)	583	–	957	–	432	–	675	–	–
Возраст, годы / Age, years	20,1 ± 5,3	16–33	20,4 ± 3,9	19–29	20,0 ± 3,8	16–29	18,9 ± 3,2 *†‡	16–26	16–26
ППТ, м² / BSA, m²	1,86 ± 0,15	1,63–2,15	1,94 ± 0,21 *	1,92–2,31	1,99 ± 0,17 *†	1,73–2,33	1,94 ± 0,14 *†	1,71–2,2	1,71–2,2
ИМТ (индекс массы тела) BMI	22,2 ± 2,7	18,3–27,1	27,2 ± 7,8 *	23,9–31,8	23,4 ± 2,7 *†	19,7–29,0	22,3 ± 2,0 †	19,4–26,0	19,4–26,0
Показатели ЭХОКГ / Echocardiography results									
ТЗС ЛЖ, мм / LVPWT, mm	8,5 ± 1,1	7,0–10,0	9,3 ± 1,4 *	9,0–11,8	8,9 ± 1,0*†	7,0–10,0	9,2 ± 1,0*†	8,0–11,0	8,0–11,0
ТЗС ЛЖ/ППТ, мм/м² LVPWT/BSA, mm/m²	4,5 ± 0,8	3,5–5,6	4,8 ± 0,8	4,7–6,2	4,5 ± 0,5	3,6–5,43	4,6 ± 0,9	3,7–5,6	3,7–5,6
КДРЛЖ, мм / LVEDD, mm (N до 60)	48,3 ± 7,2	31–57	52,8 ± 4,5 *	53–60	53,4 ± 3,8*†	47,0–60,0	53,9 ± 5,5*†	45,0–63,4▲	45,0–63,4▲
КДР ЛЖ /ППТ, мм/м² LVEDD/BSA mm/m² (N до 32)	26,1 ± 4,0	16,8–30,5	27,4 ± 2,4 *	27,3–31,2	27,0 ± 2,2 *	23,5–30,8	27,7 ± 2,1 *†‡	24,4–31,2	24,4–31,2
КДО, мл / EDV, ml (N до 150)	119,8 ± 20,9	87,7–160▲	135,1 ± 24,2 *	135,3–180▲	138,8 ± 23,1*†	102,4–180,0▲	140,1 ± 21,7 *†	106,8–178,2▲	106,8–178,2▲
КДО / ППТ, мл/м² EDV/BSA, ml/m² (N до 75)	64,3 ± 9,5	48,6–81,4▲	69,7 ± 10,1 *	69,5–87,0▲	70,0 ± 9,2 *	53,2–87,8▲	72,1 ± 10,0 *†‡	56,7–89,5▲	56,7–89,5▲
ЛП, мм LA, mm (N до 40)	31,3 ± 3,4	26,0–37,0	33,1 ± 3,7 *	33–40,0	33,2 ± 3,4 *	28,0–39,0	33,4 ± 3,4 *	28–39,0	28–39,0
ЛП/ППТ, мм/м² LA/BSA, mm/m² (N до 23)	16,9 ± 1,8	13,8–20,0	17,2 ± 1,9 *	17,1–20,5	16,8 ± 1,6 †	14,1–19,4	17,2 ± 1,8 *†	14,2–20,1	14,2–20,1

Окончание табл. 2
Table 2 (end)

Показатели Parameter	Виды спорта / Kinds of sports							
	Сложно-координационные навыки Complex coordination skills	5-е и 95-е центили 5th and 95th percentiles	Тренирующие силу Power training	5-е и 95-е центили 5th and 95th percentiles	Смешанные качества Mixed qualities	5-е и 95-е центили 5th and 95th percentiles	Тренирующие выносливость Endurance training	5-е и 95-е центили 5th and 95th percentiles
ММ, г / MM, g	152,8 ± 30,9	109–207,0	177,0 ± 36,9 *	174,6–247,1	181,9 ± 34,9 *†	131,3–248,7	190,6 ± 34,3 *†‡	137–249
ИММ, г/м ² / MMI, g/m ²	81,7 ± 12,7	62,7–106,3	91,0 ± 14,3 *	90,7,0–116,0	91,6 ± 13,5 *	68,6–115,9	97,4 ± 15,3 *†‡	74,9–124,0 ▲
УО, мл / SV, ml	77,9 ± 15,2	55,5–104,6	85,1 ± 16,9 *	84,4–114,0	88,7,0 ± 16,8 *†	62,9–118,0	89,5 ± 16,4 *†	63,8–118,1
УИ, мл/м ² / SI, ml/m ²	41,7 ± 7,5	30,0–54,2	43,9 ± 7,7 *	43,5–56,6	44,7 ± 7,6 *	32,4–57,8	46,1 ± 7,9 *†‡	33,7–59,2
ФВ, % / EF, %	64,8 ± 6,1	54,2–74,0	63,2 ± 6,3	63,4–73,6	63,4 ± 6,2	53,0–73,2	63,5 ± 5,8	53,6–72,2
Процент измененных показателей / Percentage of indicators changed								
Колич. ТЗС > 11 мм, n (%) Number LVPWT > 11mm, n (%)	1 (0,2%)	–	44 (4,5%)	–	1 (0,3%)	–	7 (0,9%)	–
Колич. КДР/ППТ > 32 мм/м ² , n (%) Number EDD/BSA > 32 mm/m ² , n (%)	4 (0,7%)	–	11 (1,1%)	–	3 (0,7%)	–	7 (1,0%)	–
Колич. КДО/ППТ > 75 мм/м ² , n (%) Number EDV/BSA > 75 ml/m ² , n (%)	73 (12,5%)	–	240 (25,1%) *	–	114(26,4%) *	–	218 (32,3%) *†‡	–
Колич. ИММ > 115 г/м ² , n (%) Number MMI > 115, g/m ² , n (%)	6 (1,0%)	–	48 (5,0%) *	–	20 (4,6%) *	–	72 (10,7%) *†‡	–
Итого Total	84 (14,4%)		343 (35,8%) *		138(31,9%)*		304 (45,0%) *†‡	

Примечания. ППТ – площадь поверхности тела; ИМТ – индекс массы тела; КДР ЛЖ – конечно-диастолический размер левого желудочка; КДО – конечно-диастолический объем; УИ – ударный индекс; ТЗСЛЖ – толщина задней стенки левого желудочка; ЛП – левое предсердие; ММ – масса миокарда; ИММ – индекс массы миокарда; N – верхние популяционные нормативы. *p < 0,01 по сравнению с гр. 1, †p < 0,01 по сравнению с гр. 2, ‡p < 0,01 по сравнению с гр. 3. ▲ Превышены величины, соответствующие нормальной популяции.

Note. BSA – body surface area; BMI – body mass index; LVEDD – left ventricular end diastolic dimension; EDV – end diastolic volume; SI – stroke index; LVPWT – left ventricular posterior wall thickness; LA – left atrium; MM – myocardial mass; MMI – myocardial mass index; N – population norms. *p < 0,01 compared to group 1, †p < 0,01 compared to group 2, ‡p < 0,01 compared to group 3. ▲ reference values are exceeded.

Результаты. Морфологические показатели левых отделов сердца. Показатели 2647 спортсменов представлены в табл. 2. Спортсмены 4-й гр. были достоверно моложе, чем в других группах. Однако это не влияло на размеры сердца; коэффициент корреляции линейных, объемных и весовых характеристик ЛЖ с возрастом в разных группах колебался в пределах 0,11–0,18 ($p < 0,05$), в то время как для ППТ и ИМТ-корреляции были значительно сильнее ($r = 0,34...0,69$, $p < 0,05$ и $r = 0,22...0,39$, $p < 0,05$ соответственно). ИМТ был достоверно выше в группах № 2 и № 3, имевших более выраженные компоненты силовых тренировок. Для исключения влияния габаритов спортсменов на размеры сердца в качестве его ключевых показателей оценивались преимущественно индексированные величины (КДР/ППТ, КДО/ППТ и ИММ), а из абсолютных – ТЗС ЛЖ.

Группа № 1. Для данной группы было характерно соответствие средних абсолютных и индексированных линейных или объемных параметров ЛЖ и ЛП референсным значениям в обычной популяции. Однако имелось 14,4 % спортсменов с увеличенными ТЗС, КДР/ППТ, КДО/ППТ или ИММ.

Группа № 2. Данная группа в сравнении с гр. № 1 характеризовалась большими габаритами спортсменов ($p < 0,05$), что могло бы оправдать возрастание средних размеров сердца. Однако увеличение некоторых из них не только по абсолютной, но и по индексированной величине (ТЗС, КДО/ППТ, ИММ) свидетельствовало о дополнительном влиянии тренировочных нагрузок. Размеры сердца выходили за референсные значения по ключевым показателям в 35,8 % случаев ($p < 0,05$ по сравнению с гр. № 1), наиболее заметно – по толщине стенки ЛЖ.

Группа № 3. В сравнении с гр. № 2 группа № 3 характеризовалась дальнейшим увеличением габаритов спортсменов со снижением ИМТ. Это сопровождалось достоверным ростом средних величин КДР, КДО и ИММ. Однако при их индексации по ППТ различия исчезали. ТЗС оказалась ниже, чем в гр. № 2. Суммарное количество спортсменов, у которых имелись превышения референсных значений ключевых показателей, не возрастало (31,9 %, $p > 0,05$).

Группа № 4. По росто-весовым характеристикам данная группа соответствовала группе № 2 и при этом отличалась от гр. № 3

достоверным увеличением индексированных размеров, объема и массы ЛЖ, а также количеством эксцентрических гипертрофий (10,7 %). Учитывая, что тренировки в данной группе были направлены на совершенствование выносливости, можно констатировать существенное влияние именно их на гипертрофию миокарда. Суммарное количество спортсменов, у которых имелись превышения референсных значений ключевых показателей (45,0 %), достоверно превосходило все другие группы ($p < 0,01$).

Доля спортсменов с ОТС, превышавшей 0,42 (3,4 %), и количество концентрических гипертрофий (0,15 %) были крайне незначительными, что не позволяло учитывать их в статистическом анализе.

Таким образом, различия между группами по абсолютным и индексированным показателям колебались с различной степенью достоверности. При этом все средние величины находились в границах популяционных норм, мало отражая предельные границы сердца для разных групп. Более целесообразным оказалось представление этих величин как центильных градаций. При таком подходе выявлено, что КДО и КДО/ППТ выходят за референсные значения во всех группах, а ИММ ЛЖ – в четвертой группе. С учетом этого проведен более детальный анализ групп, который показал, что внутри них часть спортсменов имела сверхнормативные размеры сердца. В итоге имелся отчетливый тренд прогрессирования частоты эксцентрической гипертрофии ЛЖ от первой к четвертой группе (рис. 1, 2).

Приведенные данные согласуются с общими тенденциями, отмечаемыми другими авторами среди элитных спортсменов. Однако по отдельным показателям существуют заметные различия между опубликованными показателями спортсменов международных универсиад [1] и олимпиад [3], а также с нашими результатами (рис. 3).

Заключение. Полученные данные свидетельствуют о том, что помимо возраста, пола и спортивного стажа спортсменов наибольшее влияние на морфологию сердечной мышцы оказывают тренировки на выносливость, приводящие к дилатации левого желудочка.

К сожалению, большинство показателей в анализируемых группах не было представлено в индексированном виде, что затрудняет полноценное сравнение. Однако очевидно,

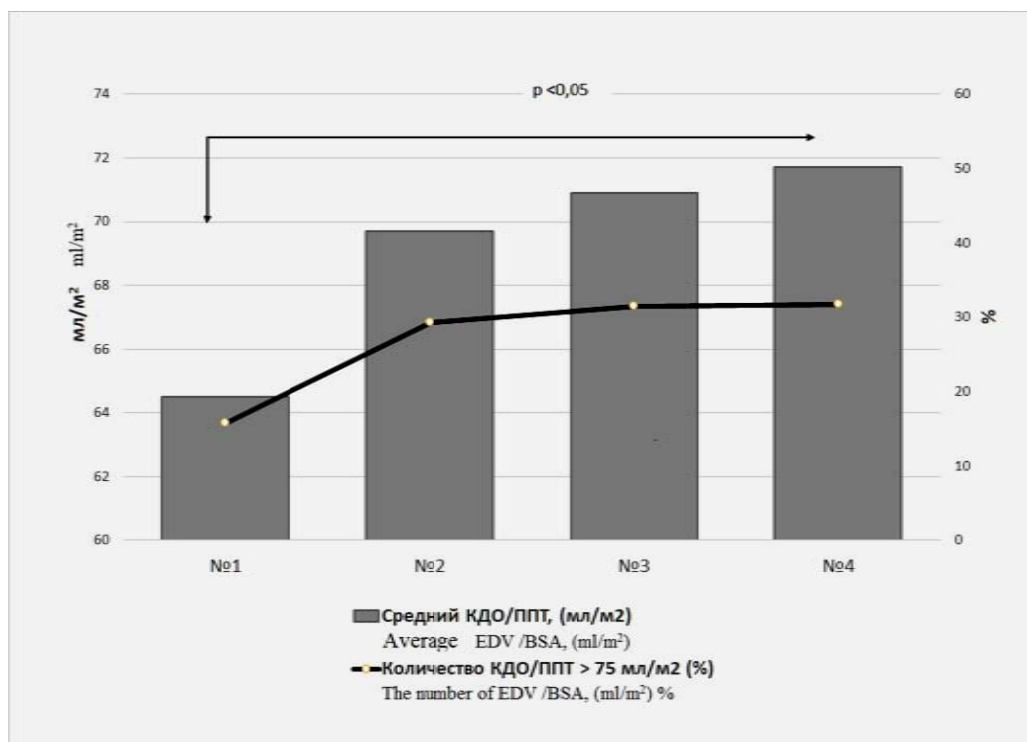


Рис. 1. Величина КДО ЛЖ/ППТ и частота сверхнормативного КДО/ППТ по группам.
Показатели группы №1 наиболее достоверно отличаются от других групп.
Различия между остальными группами минимальные
Fig. 1. LVEDV/BSA and the frequency of excess EDV/BSA by groups.
The results of group №1 differ most significantly from other groups.
The differences between the other groups are minimal

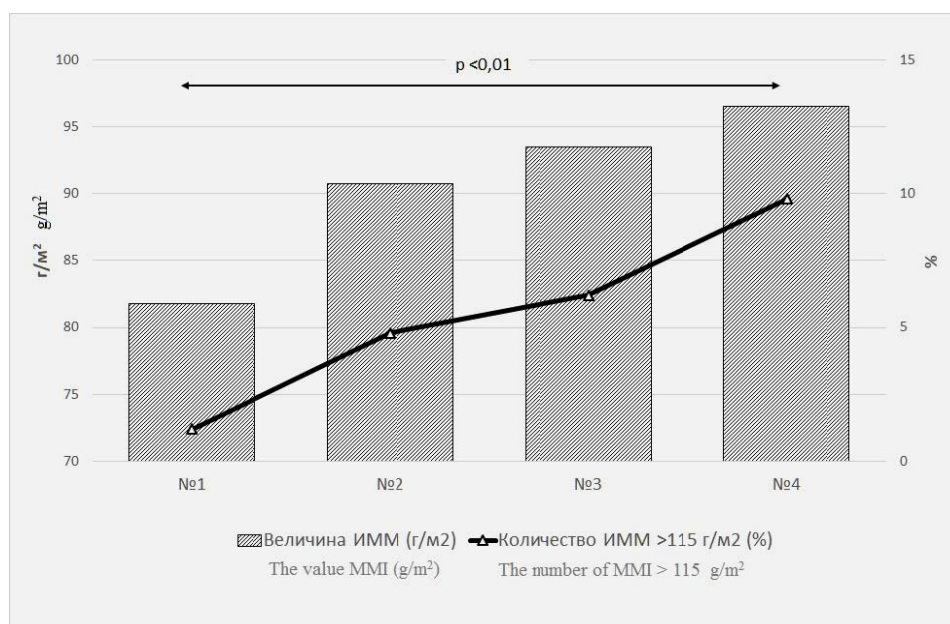


Рис. 2. Величина ИММ, а также частота эксцентрической гипертрофии ЛЖ по группам
Fig. 2. The myocardial mass index and the frequency of eccentric left ventricular hypertrophy by groups

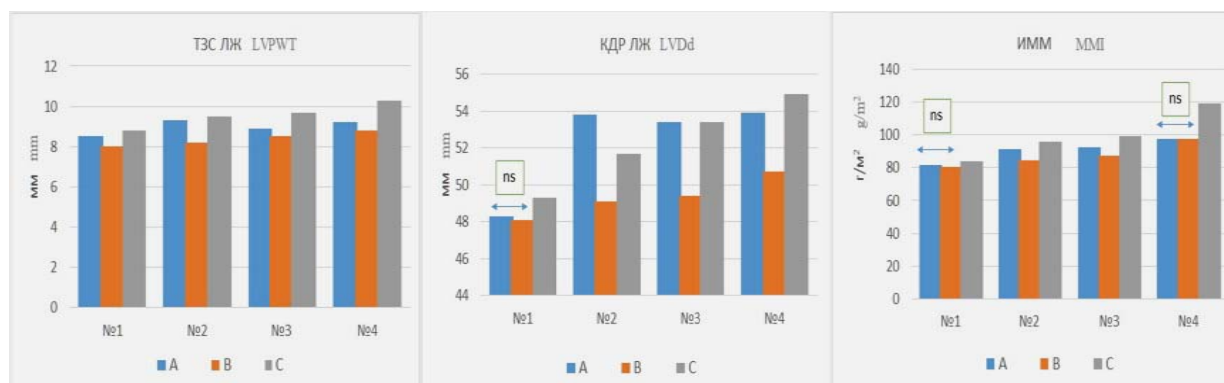


Рис. 3. Колебания ТЗС ЛЖ, КДР ЛЖ и ИММ в различных группах спортсменов по разным авторам. А – настоящее исследование, В – участники универсиады [1], С – участники Олимпийских игр [3]. Указаны группы, внутри которых отсутствует статистически достоверная разница (ns)
Fig.3. Fluctuations in LVPWT, LVEDD and MMI in different groups of athletes according to different authors. А – present study, В – participants of the Universiade [1], С – participants of the Olympic Games [3]. Groups with no statistically significant differences are indicated

что однозначно определить универсальные рубежи размеров сердца, соответствующих определенным видам спорта, не представляется возможным. Функциональные характе-

ристики исследованных групп спортсменов и связь видов спорта с процессами ремоделирования сердца будут представлены в следующей части статьи.

Список литературы / References

1. Adea J.B., Leonor R.M.L., Lu C.H. et al. Sport Disciplines and Cardiac Remodeling in Elite University Athletes Competing in 2017 Taipei Summer Universiade. *Medicine (Baltimore)*, 2020, vol. 99, no. 45, e23144. DOI: 10.1097/MD.00000000000023144
2. Budts W., Piesles G.E., Roos-Hesselink J.W. et al. Recommendations for Participation in Competitive Sport in Adolescent and Adult Athletes with Congenital Heart Disease (CHD): Position Statement of the Sports Cardiology & Exercise Section of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC), the European Society of Cardiology (ESC) Working Group on Adult Congenital Heart Disease and the Sports Cardiology, Physical Activity and Prevention Working Group of the Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC) [published online ahead of print, 2020 Aug 26]. *European Journal of Cardiology*, 2020, ehaa501. DOI: 10.1093/eurheartj/ehaa501
3. 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
4. Caselli S., Vaquer Segui A., Quattrini F. et al. Upper Normal Values of Blood Pressure Response to Exercise in Olympic Athletes. *American Journal of Cardiology*, 2016, no. 177, pp. 120–128. DOI: 10.1016/j.ahj.2016.04.020
5. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V. et al. Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: an Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *European Journal of Cardiology. Cardiovasc Imag*, 2015, vol. 16, no. 3, pp. 233–270. DOI: 10.1093/ehjci/jev014
6. Lang R.M., Bierig M., Devereux R.B. et al. Recommendations for Chamber Quantification. *European Journal Echocardiogram*, 2006, vol. 7, no. 2, pp. 79–108. DOI: 10.1016/j.euje.2005.12.014
7. 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, vol. 66, pp. 2350–2355. DOI: 10.1016/j.jacc.2015.09.033
8. Mitchell J.H., Haskell W., Snell P., Van Camp S.P. Task Force 8: Classification of Sports. *Journal of the American College of Cardiology*, 2005, vol. 45, no. 8, pp. 1364–1367.

9. Nes B.M., Janszky I., Wisloff U. et al. Age-Predicted Maximal Heart Rate in Healthy Subjects: The HUNT Fitness Study. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 2013, vol. 23, no. 6, pp. 697–704. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2012.01445.x
10. Pelliccia A., Caselli S., Sharma S. et al. Internal Reviewers for EAPC and EACVI. European Association of Preventive Cardiology (EAPC) and European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) Joint Position Statement: Recommendations for the Indication and Interpretation of Cardiovascular Imaging in the Evaluation of the Athlete's Heart. *European Journal of Cardiology*, 2018, vol. 39, no. 21, pp. 1949–1969. DOI: 10.1093/eurheartj/ehx53
11. Sharma S., Drezner J.A., Baggish A. et al. International Recommendations for Electrocardiographic Interpretation in Athletes. *European Journal of Cardiology*, 2018, vol. 39, no. 16, pp. 1466–1480. DOI: 10.1093/eurheartj/ehw631
12. Williams B., Mancia G., Spiering W. et al. 2018 ESC/ESH Guidelines for the Management of Arterial Hypertension. *European Heart Journal*, 2018, vol. 39, no. 33, pp. 3021–3104. DOI: 10.1093/eurheartj/ehy339

Информация об авторах

Шарыкин Александр Сергеевич, доктор медицинских наук, профессор кафедры госпитальной педиатрии, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова Министерства здравоохранения Российской Федерации; врач-кардиолог, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения г. Москвы; 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 Департамента здравоохранения г. Москвы; профессор кафедры восстановительной медицины, реабилитации и курортологии, Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия.

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

Усманов Дамир Мунирович, аспирант, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения г. Москвы; 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, Professor of the Department of Hospital Pediatrics, Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation; cardiologist, Moscow Research and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department; 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 Healthcare Department; Professor of the Department of Restorative Medicine, Rehabilitation and Balneology, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the 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 Healthcare Department, Moscow, Russia.

Yulia M. Ivanova, Candidate of Medical Sciences, Physician, Department of Functional Diagnostics and Sports Medicine, Moscow Research and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia.

Damir M. Usmanov, postgraduate student, Moscow Research and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department; Physician (sports medicine), Federal Research and Clinical Center for Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia.

Статья поступила в редакцию 26.08.2022

The article was submitted 26.08.2022

АНАЛИЗ ДВИГАТЕЛЬНОГО ОТКЛИКА НА ПОЯВЛЕНИЕ ШАЙБЫ У ХОККЕИСТОВ В УСЛОВИЯХ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Г.С. Бугрий¹, gregbugr@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6971-4189>

А.П. Кручинина¹, a.kruch@moids.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9720-8163>

П.Ю. Сухочев¹, ps@moids.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8004-6011>

И.С. Поликанова^{1,2}, irinapolikanova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5323-3487>

С.В. Леонов¹, svleonov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8883-9649>

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

²Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия

Аннотация. **Цель:** сравнение двигательного отклика в условиях виртуальной реальности у профессиональных хоккеистов в сравнении с новичками, не имеющими опыта игры в хоккей, при предъявлении шайб разного уровня сложности. **Материалы и методы.** В рамках исследования разработана имитационная виртуальная среда, моделирующая хоккейную площадку и задающая 3 уровня сложности предъявления шайб (сложность определяется расстоянием и скоростью полета шайбы). В исследовании приняли участие 12 испытуемых мужского пола (средний возраст – 21 год), из которых 7 хоккеистов, средний стаж которых составил 14,25 года (разряды от 3-го юношеского до 1-го взрослого). Анализ движений проводился с использованием системы SteamVR Tracking 2.0. Оценка двигательного отклика осуществлялась по комплексу параметров, в том числе по сохранению основной стойки испытуемого, двигательной реакции на шайбу, движениям клюшки, реакции на предупреждающие сигналы. Анализ двигательной активности испытуемых измерялся как среднеквадратичное отклонение изменения углов в каждом из суставов (левое и правое колено, левое и правое бедро, голова). **Результаты** исследования показали, что профессиональные игроки и новички значительно различаются по среднеквадратичным отклонениям изменения углов в каждом из суставов, а также по характеристикам двигательной реакции на шайбу. **Заключение.** Результаты сравнения профессиональных хоккеистов и новичков позволяют сделать несколько выводов на основе качественного анализа параметров движения. Во-первых, профессиональные игроки при сохранении стойки имеют большие амплитуды вертикальных колебаний. Во-вторых, при переходе к задаче отражения шайб профессиональные спортсмены сохраняют стойку без изменений. Новички, напротив, начинают совершать большее количество движений, зачастую лишних (т. е. не влияющих на эффективность выполнения задачи). Фактически профессиональные игроки отличаются значительно меньшим количеством двигательной активности, в особенности отсутствием лишних движений, не влияющих на успешность отражения шайбы. Таким образом, мы делаем заключение, что чем выше уровень мастерства хоккеиста, тем более оптимизированным будет двигательный отклик на появление шайбы.

Ключевые слова: отслеживание движений, анализ позы, хоккей, реакция на стимул

Благодарности. Исследование проводится при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 19-78-10134.

Для цитирования: Анализ двигательного отклика на появление шайбы у хоккеистов в условиях виртуальной реальности / Г.С. Бугрий, А.П. Кручинина, П.Ю. Сухочев и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 4. С. 170–178. DOI: 10.14529/hsm220420

ANALYSIS OF MOTOR RESPONSE TO A HOCKEY PUCK IN VIRTUAL REALITY

G.S. Bugriy¹, gregbugr@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6971-4189>

A.P. Kruchinina¹, a.kruch@moids.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9720-8163>

P.Yu. Sukhochev¹, ps@moids.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8004-6011>

I.S. Polikanova^{1,2}, irinapolikanova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5323-3487>

S.V. Leonov¹, svleonov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8883-9649>

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

²National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

Abstract. Aim: the purpose of this paper was to compare motor responses to different hockey pucks in virtual reality in highly- and low-skilled ice hockey players. **Materials and methods.** A virtual environment was developed that simulates an ice hockey rink and 3 shots of different complexity (depending on the distance and speed of the puck). The study involved 12 male athletes (mean age = 21 years), including 7 ice hockey players, whose mean athletic experience was 14.25 years (ranks from 3rd junior to 1st adult). Motion analysis was performed with the SteamVR Tracking 2.0 system. Motor response was evaluated by a set of parameters, including maintaining the main stance, the motor response to the puck, the movements of the stick, and the response to warning signals. Motor activity was evaluated as the standard deviation of the change in angles in each of the joints (left and right knee, left and right hip, head). **Results.** The study showed that highly- and low-skilled ice hockey players differed significantly in the standard deviations of the change in angles in each of the joints and in the characteristics of the motor response to the puck. **Conclusion.** The results of the qualitative analysis allow us to conclude the following: highly-skilled ice hockey players, while maintaining a stance, have large amplitudes of vertical oscillations; highly-skilled ice hockey players maintain their stance while turning the shots aside; low-skilled athletes make more movements, often unnecessary. In fact, professional players are distinguished by significantly less physical activity and the absence of unnecessary movements that do not affect striking performance. Therefore, the higher the skill level of a hockey player, the more optimized will be the motor response to the puck.

Keywords: motion tracking, posture analysis, hockey, response to a stimulus

Acknowledgements. The study was financed by the Russian Science Foundation, project No. 19-78-10134.

For citation: Bugriy G.S., Kruchinina A.P., Sukhochev P.Yu., Polikanova I.S., Leonov S.V. Analysis of motor response to a hockey puck in virtual reality. *Human. Sport. Medicine*. 2022;22(4):170–178. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220420

Введение. Техника хоккея – это совокупность способов выполнения специальных приемов, необходимых для ведения игры. Хоккеист не может достичь высоких спортивных результатов, если не владеет всем многообразием технических приемов игры в совершенстве. Техника хоккеиста высокого класса должна быть разносторонней, целесообразной, рациональной, эффективной, надежной и вариативной.

Не менее значимые требования в спортивной деятельности хоккеистов предъявляются к когнитивным ресурсам. Это обусловлено тем, что в хоккее игрокам все время необходимо удерживать целый комплекс факторов – положение шайбы, положение игроков, стратегии игры, счет, предвидение действий как членов по команде, так и сопер-

ников. Такие виды спорта отличаются крайне высокой степенью неопределенности, большим количеством сложных комбинаторных ситуаций с высокой степенью неопределенности событий [2, 4, 9, 10, 15].

Высокая степень подготовки и владения техникой катания на коньках позволяет хоккеисту выполнить эту нагрузку с наименьшими энергозатратами и вместе с тем не ограничить его технический арсенал. Плохую конькобежную подготовку сложнее восполнить, чем любой другой компонент мастерства хоккеиста [1–3, 7, 8, 13].

В настоящее время накоплено достаточное количество результатов исследований вертикальной позы человека, включая комплекс разработанных показателей и статистических данных, которые позволяют судить

о работе механизмов нервной системы [3, 6, 8, 10–12, 14]. При игре в хоккей человек также поддерживает специфическую вертикальную позу – так называемую посадку хоккеиста, или основную стойку хоккеиста. Профессиональные игроки поддерживают эту стойку на протяжении практически всей игры. Отработка любых навыков или движений в хоккее также начинается с основной стойки. Хотя данный тип позы отличается сохранением специфической конфигурации тела, мы предлагаем применить к нему способы исследования, аналогичные применяемым для вертикальной позы. Аналогично рассматриваются изменения углов в суставах, взаиморасположения частей тела.

Посадка, или основная стойка, хоккеиста должна быть удобной, устойчивой и обеспечивать возможность свободного проявления рабочих усилий в отталкивающих движениях ногами для развития определенной скорости.

Посадка во многом зависит от анатомо-морфологических особенностей хоккеиста (роста, длины отдельных звеньев тела). Вместе с тем при обучении целесообразно придерживаться следующего усредненного, биомеханически обоснованного варианта. Туловище наклонено вперед на 15–25° от вертикали и согнуто в тазобедренном суставе под углом 100–120°, так что проекция плеч опережает колени. Ноги согнуты в коленном и голеностопном суставах соответственно под углами 90–110° и 70–80° так, чтобы проекция колена опережала стопу. Плечи развернуты, живот подтянут, голова поднята. Такая посадка обеспечивает нормальную работу мышц ног, не стесняет работу органов дыхательной и сердечно-сосудистой систем, позволяет хоккеисту хорошо видеть и ориентироваться в окружающей обстановке [3].

Цель исследования. Настоящее исследование посвящено сравнению двигательного отклика в ответ на предъявление шайбы у профессиональных хоккеистов и новичков в нескольких пробах, отличающихся уровнем сложности. Оценка двигательного отклика осуществлялась по комплексу параметров, в том числе по сохранению основной стойки испытуемого, двигательной реакции на шайбу, движениям клюшки, реакции на предупреждающие сигналы (подсветка сектора, звук щелчка вылетающей шайбы).

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 12 испытуемых мужского

пола (средний возраст – 21 год), в том числе 7 хоккеистов и 5 испытуемых, не занимающихся хоккеем. Профессиональный уровень оценивался по количеству лет стажа и по наличию разрядов. Средний стаж составил 14,25 года. Разряды варьировали от 3-го юношеского до 1-го взрослого.

Схема эксперимента

Характеристики виртуальной среды и предъявления шайб. Виртуальная среда отображает окружение с позиции хоккеиста, находящегося на линии ворот. Испытуемый от первого лица видит тело своего виртуального аватара, держа в руках клюшку (клюшка в виртуальной среде совпадает с клюшкой в реальности). Экипировка соответствует полемому игроку, других игроков на площадке нет. Перед игроком ставится задача: отбить клюшкой все шайбы, летящие в ворота. Шайбы предъявляются в случайном порядке, с разного расстояния и направления и с разной начальной скоростью. Вылет каждой шайбы сопровождается характерным щелчком. Непосредственно перед предъявлением шайбы подсвечивался желтым цветом сектор поля, откуда предъявлялась шайба. Шайбы, отбитые не клюшкой, не засчитывались.

Параметры движений шайб задавались начальными условиями: по скорости – 60, 80, 100, 130, 170 км/ч; расстоянию до ворот – 18, 12 и 6 м; начальной высотой, на уровне льда или 0,5 м над его уровнем; локализацией – право, лево, центр. Таким образом, выбранные величины перекрывают диапазон скоростей полета шайбы в профессиональном хоккее: средняя – 110–120 км/ч, максимальная – 170–190 км/ч.

Имитация бросков шайб включает три блока сложности. Сложность блоков определяется в зависимости от скорости шайб и их расстояния до испытуемого. Чем ближе расстояние и выше скорость шайбы – тем сложнее блок:

1-й блок – самый простой блок с низкими скоростями шайбы (60–80 км/ч) и дальними расстояниями до шайбы (18 м), отбить могут даже новички, не играющие в хоккей;

2-й блок – более сложный режим, скорости выше (60–80 км/ч, а также 100 км/ч), добавляются средние расстояния до шайб (12 и 18 м). Ориентирован на средний уровень мастерства;

3-й блок – сложный режим с высокими скоростями (до 170 км/ч) и всеми расстояниями, включая близкие (6, 12, 18 м).

Анализируемые параметры

Перемещения частей тела испытуемого и клюшки регистрировались с использованием системы SteamVR Tracking 2.0. Отслеживающие трекеры закрепляются на хоккейной форме: щитках на голени, на бедре, груди, перчатках и клюшке. Для анализа были выбраны изменения углов в коленных и тазобедренных суставах [1, 3–5]. В силу большой жесткости конька исследования изменения угла в голеностопном суставе оказываются не информативными. Для более полного описания стойки и оценки ошибок рассматриваются взаиморасположение трекеров правого и левого бедра и положение головы (отслеживаемое шлемом виртуальной реальности) относительно ног.

Виртуальная сцена разработана и воспроизводилась в среде Unity. Данная система позволяет отображать виртуальную сцену и регистрировать движения игрока. Запись проводилась с использованием XR. Стоит заметить, что при такой записи регистрируются позиции и повороты отслеживаемых трекеров. Получаемые данные схожи с результатами, полученными нами на начальном этапе с помощью DTrack2. Для задач исследования вертикальной позы человека разработаны частотные методы, которые можно было бы применить к инерциальным данным от трекеров, получение которых потенциально возможно, но не реализовано при выбранном дизайне эксперимента. Использование перспективных частотных методов, как и на профессиональных системах отслеживания движений, на данных с системы SteamVR Tracking 2.0 затруднено неравномерностью шага времени. Исходя из этого, мы сосредоточились на применении менее чувствительных к шагу времени и не требующих применения дифференцирования методах анализа, применяемых для анализа вертикальной позы [1, 3]. В связи с этим в нашем исследовании мы ограничились рассмотрением вероятностных характеристик выбранных переменных.

Для анализа двигательной реакции были выбраны параметры:

- 1) изменения угла в коленном суставе (правого и левого колена),
- 2) изменения угла в тазобедренном суставе (правой и левой стороны);
- 3) перемещение клюшки (средняя скорость за такт измерений);
- 4) скорость реагирования на предъявление шайб.

Для данных величин были проведены расчеты со следующими параметрами: ширина временного окна – 0,1 с, моменты двигательной реакции выбирались как пики, имеющие высоту больше, чем утроенное значение среднеквадратичного отклонения соответствующей величины при спокойном стоянии (30 с до начала предъявления стимулов).

Результаты. Наиболее информативно оказалось рассмотрение среднеквадратичного отклонения изменения углов в каждом из суставов. Данные величины зависят от степени подготовки игрока, профессиональные игроки отличаются большей амплитудой колебаний, постоянной на всем интервале наблюдений. Начинающие же игроки характеризуются меньшими амплитудами колебаний при сохранении стойки и значительно большими – при выходе и разрушении заданной стойки.

Профессиональные игроки характеризуются четкими и стабильными двигательными паттернами в ответ на предъявление шайбы, что проявляется как синхронными и симметричными изменениями углов в коленных суставах, так и в тазобедренных (рис. 1). У новичков такая стабильность и симметричность отсутствуют (рис. 2).

Анализ двигательного отклика показывает, что испытуемые (как хоккеисты, так и новички) начинают двигательную реакцию уже при предъявлении предупреждающего стимула (подсветки сектора).

Скорость реагирования на шайбу вычислялась от момента предъявления шайбы до удара клюшкой отдельно для успешных проб и промахов. Также подсчитывались отбитые шайбы и пропущенные. Результаты представлены в таблице. Статистический анализ (t-тест для независимых выборок) показал значимые различия в скорости реагирования у хоккеистов и новичков только в блоке 3 (в случае успешных проб). Вероятно, такие результаты могут свидетельствовать о лучшей сформированности пространственных, временных, технико-тактических способностей, которые в свою очередь позволяют хоккеистам лучше «чувствовать» и контролировать игровую ситуацию. В данном случае блок 3 характеризуется наивысшей сложностью – шайбы летят с более высокой скоростью и с более близкого расстояния, что не позволяет обычному испытуемому (не хоккеисту) осознанно контролировать такую игровую ситуацию в полной мере. Однако в случае профессионального



Рис. 1. Изменение углов в коленных и тазобедренных суставах у профессионального хоккеиста в ответ на предъявление шайб. Зеленый график (вверху) – движения клюшки, красный график (средний) – левая нога (колени/бедро), синий график (нижний) – правая нога (колени/бедро). Зеленая метка – начало полета шайбы (звуковой сигнал предъявлялся всегда за 0,5 с до зеленой метки), красная метка – конец полета шайбы
Fig. 1. Changes in the angles in the knee and hip joints in a highly-skilled ice hockey player in response to the puck. The green (top) graph is stick movement, the red (middle) graph is the left leg (knee/thigh), and the blue (bottom) graph is the right leg (knee/thigh). The green mark is the beginning of the puck's flight (the sound signal was always 0.5 s before the green mark), and the red mark is the end of the puck's flight



Рис. 2. Изменение углов в коленных и тазобедренных суставах у новичка в ответ на предъявление шайб. Зеленый график (вверху) – движения клюшки, красный график (средний) – левая нога (колени/бедро), синий график (нижний) – правая нога (колени/бедро). Зеленая метка – начало полета шайбы (звуковой сигнал предъявлялся всегда за 0,5 с до зеленой метки), красная метка – конец полета шайбы
Fig. 2. Changes in the angles in the knee and hip joints in a low-skilled ice hockey player in response to the puck. The green (top) graph is stick movement, the red (middle) graph is the left leg (knee/thigh), and the blue (bottom) graph is the right leg (knee/thigh). The green mark is the beginning of the puck's flight (the sound signal was always 0.5 s before the green mark), and the red mark is the end of the puck's flight

Средние показатели результативности хоккеистов и новичков
Mean performance in highly- and low-skilled hockey players

№ блока Block №	Ср. число пропущ. шайб Mean number of missed pucks	Ст. откл. Standard deviation	Ср. число отбитых шайб Mean number of reflected pucks	Ст. откл. Standard deviation	Ср. время реакции при отбивании Mean response time (reflected)	Ст. откл. Standard deviation	Ср. время реакции при промахе Mean response time (missed)	Ст. откл. Standard deviation
Хоккеисты Highly-skilled Hockey Players								
1	5,71	1,98	7,86	1,35	0,58	0,39	0,87	0,64
2	8,40	1,34	5,60	1,34	0,40	0,19	0,67	0,32
3	8,60	2,07	5,40	2,07	0,52*	0,18	0,94	1,00
Новички Low-skilled Hockey Players								
1	7,25	3,30	6,25	3,59	0,83	0,75	0,77	0,63
2	8,60	2,19	5,40	2,19	0,67	0,19	0,83	0,68
3	10,00	1,87	3,60	2,07	1,19	0,11	0,75	0,82

*статистические различия $p \leq 0,05$.

*statistical differences $p \leq 0,05$.

хоккеиста такие навыки реализуются, как правило, на уровне автоматизмов. В дальнейшем результаты будут уточнены после проведения большего количества экспериментальных серий.

Заключение. В рамках проведенного исследования нами было показано, что хоккеисты и начинающие игроки характеризуются существенными различиями двигательного отклика на появление шайбы в условиях виртуальной реальности. Во-первых, хоккеисты характеризуются большей скоростью реагирования на шайбы и более высокой результативностью – количеством отбитых шайб. Кроме того, профессиональные игроки отличаются

большей амплитудой колебаний, постоянной на всем интервале наблюдений. Новички характеризуются меньшими амплитудами колебаний при сохранении стойки и значительно большими – при выходе и разрушении заданной стойки. Профессиональные игроки характеризуются четкими и стабильными двигательными паттернами в ответ на предъявление шайбы, что может свидетельствовать об оптимизации затрат ресурсов. Кроме того, профессиональные хоккеисты характеризуются лучшей сформированностью пространственных, временных, технико-тактических способностей, которые в свою очередь позволяют им контролировать игровую ситуацию.

Список литературы

1. Адаптация системы поддержания вертикальной позы к дестабилизации зрительного окружения при многократном повторении проб / Ю.С. Левик, Б.Н. Сметанин, Г.В. Кожина, А.К. Попов // Новые подходы к изучению классических проблем: материалы IX Всероссийской с международным участием конференции с элементами научной школы по физиологии мышц и мышечной деятельности, посвященной памяти Е.Е. Никольского / под общ. ред. И.Б. Козловской, О.Л. Виноградовой, Б.С. Шенкмана. – 2019. – С. 26–26.
2. Мельников, И.В. Техническая подготовка хоккеиста / И.В. Мельников. – 2013. – № 3. – <https://iknigi.net/avtor-ilya-melnikov/94201-tehnicheskaya-podgotovka-hokkeista-ilya-melnikov/read/page-1.html> (дата обращения: 27.05.2015).
3. Основные характеристики пострурального баланса стойки профессиональных хоккеистов и новичков / С.В. Леонов, А.П. Кручинина, Г.С. Бугрий и др. // Нац. психол. журнал. – 2022. – № 2 (46). – С. 65–79. DOI: 10.11621/npj.2022.0207
4. Разработка технологии виртуальной реальности VR-PACE для диагностики и тренировки уровня мастерства хоккеистов / И.С. Поликанова, С.В. Леонов, А.А. Якушина и др. // Вестник Моск. ун-та. Серия 14. Психология. – 2022. – № 1. – С. 269–297. DOI: 10.11621/vsp.2022.01.12

5. Статические характеристики основной стойки у профессиональных хоккеистов и новичков / И.С. Поликанова, С.В. Леонов, А.П. Кручинина и др. // Первый Национальный конгресс по когнитивным исследованиям, искусственному интеллекту и нейроинформатике. Девятая международная конференция по когнитивной науке. – 2021. – С. 184–187.
6. Чертополохов, В.А. Создание виртуальной среды для возможности оценки и тренировки зрительно-моторной реакции спортсменов на примере хоккея / В.А. Чертополохов, М.Д. Белюсова, Н.И. Булаева // I Национальный Конгресс по когнитивным исследованиям, искусственному интеллекту и нейроинформатике (на базе Российской академии наук), Москва, Россия, 10–16 окт. 2020.
7. Bishop, D. Predictors of repeated-sprint ability in elite female hockey players / D. Bishop, S. Lawrence, M. Spencer // *Journal of Science and Medicine in Sport*. – 2003. – Vol. 6 (2). – P. 199–209. DOI: 10.1016/S1440-2440(03)80255-4
8. Dependence of the skating and running performance from the explosive strength of lower limbs and dynamic balance of ice hockey players / M. Blanár, J. Brod'ani, M. Czaková, N. Kováčová // *Sport Sci*. – 2020. – Vol. 1. – P. 89–95.
9. Increasing Task Complexity and ICE Hockey Skills of Youth Athletes. Perceptual and Motor Skills / P.E. Fait, B.J. McFadyen, N. Reed et al. // *Perceptual and Motor Skills*. – 2011. – Vol. 112 (1). – P. 29–43. DOI: 10.2466/05.10.23.25.PMS.112.1.29-43
10. Individual differences in performance and learning of visual anticipation in expert field hockey goalkeepers / K. Morris-Binelli, S. Müller, F.E.C.A. van Rens et al. // *Psychology of Sport and Exercise* – 2021. – Vol. 52. – P. 101829. DOI: 10.1016/j.psychsport.2020.101829
11. Lafontaine D. Three-dimensional kinematics of the knee and ankle joints for three consecutive push-offs during ice hockey skating starts / D. Lafontaine // *Sports Biomechanics*. – 2007. – Vol. 6 (3). – P. 391–406. DOI: 10.1080/14763140701491427
12. Skating start propulsion: Three-dimensional kinematic analysis of elite male and female ice hockey players / J.R. Shell, S.M.K. Robbins, P.C. Dixon et al. // *Sports Biomechanics*. – 2017. – Vol. 16 (3). – P. 313–324. DOI: 10.1080/14763141.2017.1306095
13. The Development and Reliability of a Repeated Anaerobic Cycling Test in Female Ice Hockey Players / K. Wilson, G. Snyder, A. Game et al. // *Journal of Strength and Conditioning Research*. – 2010. – Vol. 24 (2). – P. 580–584. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181ccb1a1
14. Training history constrains postural sway dynamics: A study of balance in collegiate ice hockey players / M. Walsh, E. Slattery, A. McMath et al. // *Gait & Posture*. – 2018. – Vol. 66. – P. 278–282. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2018.09.009
15. What Differences Exist in Professional Ice Hockey Performance Using Virtual Reality (VR) Technology between Professional Hockey Players and Freestyle Wrestlers?(a Pilot Study) / I. Polikanova, A. Yakushina, S. Leonov et al. // *Sports*. – 2022. – Vol. 10, № 8. – P. 116. DOI: 10.3390/sports10080116

References

1. Levik Yu.S., Smetanin B.N., Kozhina G.V., Popov A.K. [Adaptation of the System of Upright Posture Maintenance to Destabilization of the Visual Environment During Multiple Repetition of Trials]. *Novye podkhody k izucheniyu klassicheskikh problem: Materialy IX Vserossiiskoi s mezhdunarodnym uchastiem konferentsii s elementami nauchnoi shkoly po fiziologii myshts i myshechnoi deyatel'nosti, posvyashchennoi pamyati E.E. Nikol'skogo* [New Approaches to the Study of Classical Problems. Materials of IX All-Russian Conference with International Participation with Elements of Scientific School on Muscle Physiology and Muscular Activity, Devoted to Memory of E.E. Nikolsky], 2019, pp. 26–26. (in Russ.)
2. Melnikov I.V. *Tekhnicheskaya podgotovka khokkeista* [Technical Training of a Hockey Player], 2013, no. 3. Available at: <https://iknigi.net/avtor-ilya-melnikov/94201-tehnicheskaya-podgotovka-hokkeista-ilya-melnikov/read/page-1.html> (accessed 27.05.2015).
3. Leonov S.V., Kruchinina A.P., Bugrii G.S. et al. [Basic Characteristics of Postural Balance of Professional Hockey Players and Novices]. *Natsional'nyy psikhologicheskii zhurnal* [National Psychological Journal], 2022, no. 2 (46), pp. 65–79. (in Russ.) DOI: 10.11621/npj.2022.0207

4. Polikanova I.S., Leonov S.V., Yakushina A.A. et al. [Development of VR-PACE Virtual Reality Technology for Diagnosing and Training the Skill Level of Hockey Players]. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 14. Psikhologiya* [Moscow University Psychology Bulletin], 2022, no. 1, pp. 269–297. (in Russ.)
5. Polikanova I.S., Leonov S.V., Kruchinina A.P. et al. [Static Characteristics of the Basic Stance in Professional Hockey Players and Novices]. *Pervyi Natsional'nyi kongress po kognitivnym issledovaniyam, iskusstvennomu intellektu i neiroinformatike. Devyataya mezhdunarodnaya konferentsiya po kognitivnoi nauke* [First National Congress on Cognitive Research, Artificial Intelligence and Neuroinformatics. Ninth International Conference on Cognitive Science], 2021, pp. 184–187. (in Russ.)
6. Chertopolokhov V.A., Belousova M.D., Bulaeva N.I. [Creation of Virtual Environment to Assess and Train the Visual-Motor Reaction of Athletes on the Example of Hockey]. *I Natsional'nyi Kongress po kognitivnym issledovaniyam, iskusstvennomu intellektu i neiroinformatike* [I National Congress on Cognitive Research, Artificial Intelligence and Neuroinformatics], 2020. (in Russ.)
7. Bishop D., Lawrence S., Spencer M. Predictors of Repeated-Sprint Ability in Elite Female Hockey Players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2003, vol. 6 (2), pp. 199–209. DOI: 10.1016/S1440-2440(03)80255-4
8. Blanár M., Broďáni J., Czaková M., Kováčová N. Dependence of the Skating and Running Performance from the Explosive Strength of Lower Limbs and Dynamic Balance of Ice Hockey Players. *Sport Science*, 2020, vol. 1, pp. 89–95.
9. Fait P.E., McFadyen B.J., Reed N. et al. Increasing Task Complexity and ICE Hockey Skills of Youth Athletes. *Perceptual and Motor Skills*, 2011, vol. 112 (1), pp. 29–43. DOI: 10.2466/05.10.23.25. PMS.112.1.29-43
10. Morris-Binelli K., Müller S., van Rens F.E.C.A. et al. Individual Differences in Performance and Learning of Visual Anticipation in Expert Field Hockey Goalkeepers. *Psychology of Sport and Exercise*, 2021, vol. 52, 101829. DOI: 10.1016/j.psychsport.2020.101829
11. Lafontaine D. Three-Dimensional Kinematics of the Knee and Ankle Joints for Three Consecutive Push-Offs During Ice Hockey Skating Starts. *Sports Biomechanics*, 2007, vol. 6 (3), pp. 391–406. DOI: 10.1080/14763140701491427
12. Shell J.R., Robbins S.M.K., Dixon P.C. et al. Skating Start Propulsion: Three-Dimensional Kinematic Analysis of Elite Male and Female Ice Hockey Players. *Sports Biomechanics*, 2017, vol. 16 (3), pp. 313–324. DOI: 10.1080/14763141.2017.1306095
13. Wilson K., Snyder Miller G., Game A. et al. The Development and Reliability of a Repeated Anaerobic Cycling Test in Female Ice Hockey Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2010, vol. 24 (2), pp. 580–584. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181ccb1a1
14. Walsh M., Slattery E., McMath A. et al. Training History Constrains Postural Sway Dynamics: A Study of Balance in Collegiate Ice Hockey Players. *Gait & Posture*, 2018, vol. 66, pp. 278–282. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2018.09.009
15. Polikanova I., Yakushina A., Leonov S. et al. What Differences Exist in Professional Ice Hockey Performance Using Virtual Reality (VR) Technology between Professional Hockey Players and Freestyle Wrestlers? (a Pilot Study). *Sports*, 2022, vol. 10, no. 8, p. 116. DOI: 10.3390/sports10080116

Информация об авторах

Бугрий Григорий Степанович, младший научный сотрудник лаборатории математического обеспечения имитационных динамических систем механико-математического факультета, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия.

Кручинина Анна Павловна, кандидат физико-математических наук, ассистент кафедры прикладной механики и управления механико-математического факультета, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия.

Сухоцев Павел Юрьевич, научный сотрудник лаборатории математического обеспечения имитационных динамических систем механико-математического факультета, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия.

Поликанова Ирина Сергеевна, кандидат психологических наук, старший научный сотрудник лаборатории «Психология профессий и конфликта» факультета психологии, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; научный сотрудник лаборатории исследований молекулярных механизмов долголетия факультета биологии и биотехнологии, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия.

Леонов Сергей Владимирович, кандидат психологических наук, доцент кафедры методологии факультета психологии, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия.

Information about the authors

Grigory S. Bugriy, Junior Researcher, Laboratory of Mathematical Support of Simulation Dynamic Systems, Faculty of Mechanics and Mathematics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia.

Anna P. Kruchinina, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Assistant Professor, Department of Applied Mechanics and Control, Faculty of Mechanics and Mathematics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia.

Pavel Yu. Sukhochev, Researcher, Laboratory of Mathematical Support of Simulation Dynamic Systems, Faculty of Mechanics and Mathematics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia.

Irina S. Polikanova, Candidate of Psychological Sciences, Senior Researcher, Laboratory of the Psychology of Professions and Conflict, Faculty of Psychology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; Research Fellow in Laboratory for Research on Molecular Mechanisms of Longevity, Faculty of Biology and Biotechnology, National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia.

Sergey V. Leonov, Candidate of Psychological Sciences, Associate Professor, Department of Methodology, Faculty of Psychology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia.

Статья поступила в редакцию 10.09.2022

The article was submitted 10.09.2022

Восстановительная и спортивная медицина Rehabilitation and sport medicine

Обзорная статья
УДК 796
DOI: 10.14529/hsm220421

ПРИМЕНЕНИЕ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПРАКТИК ДЛЯ КОРРЕКЦИИ ОТКЛОНЕНИЙ В СОСТОЯНИИ ЗДОРОВЬЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ (АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

А.В. Русанов, rusanov-av@rudn.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8893-5710>

Е.А. Милашечкина, ea.milash@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6273-0063>

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Аннотация. Цель – провести анализ литературных данных о применении дыхательных практик для лиц с отклонениями в состоянии здоровья, оценить функционирование системы дыхания у студентов с ослабленным здоровьем. **Организация и методы исследования.** Был произведен анализ литературных данных о применении дыхательных физкультурно-оздоровительных практик с целью коррекции состояния здоровья. В исследовании участвовало 186 студентов, разделенных на контрольную группу (практически здоровые студенты, $n = 89$) и опытную группу (студенты с отклонениями в состоянии здоровья, $n = 97$). Функционирование системы дыхания определяли по показателям жизненной емкости легких, экскурсии грудной клетки, результатам нагрузочного теста максимального потребления кислорода. **Результаты.** Более 90 % отметили необходимость включения дыхательных практик в содержание занятий физической культуры. Среди студентов, имеющих отклонения в состоянии здоровья, все чаще встречается сочетанная патология (до 30 %). У девушек и юношей, имеющих отклонения в состоянии здоровья, наблюдаются более низкие показатели функционирования системы дыхания, однако достоверно значимые отличия выявлены у лиц мужского пола ($P < 0,01-0,001$). **Заключение.** Полученные результаты свидетельствуют о более низких и достоверно значимых изменениях показателей функции дыхания у юношей как опытной, так и у контрольной группы, что указывает на то, что сдвиги выявленных нами нарушений зависят от пола студентов. За последнее время среди большого количества физкультурно-оздоровительных систем, направленных на развитие функции дыхания, инновационных подходов не обнаружено. Необходимо искать новые подходы к применению уже существующих дыхательных практик и включать их в содержание занятий физической культурой для студентов с ослабленным здоровьем.

Ключевые слова: здоровье, студенты, функция дыхания, физкультурно-оздоровительная система, дыхательные упражнения

Для цитирования: Русанов А.В., Милашечкина Е.А. Применение дыхательных практик для коррекции отклонений в состоянии здоровья обучающихся (аналитический обзор) // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 4. С. 179–186. DOI: 10.14529/hsm220421

Review article
DOI: 10.14529/hsm220421

BREATHING PRACTICES FOR HEALTH ENHANCEMENT IN STUDENTS (ANALYTICAL REVIEW)

A.V. Rusanov, rusanov-av@rudn.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8893-5710>

E.A. Milashechkina, ea.milash@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6273-0063>

Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

Abstract. Aim. The paper provides an analysis of the literature on the use of breathing practices in persons with health conditions and is aimed at assessing the respiratory system in students with health conditions. **Materials and methods.** The analysis of the literature on the use of breathing and health enhancement

practices was performed. The study involved 186 students, divided into a control group (apparently healthy students, $n = 89$) and an experimental group (students with health conditions, $n = 97$). The performance of the respiratory system was measured by the vital capacity of the lungs, chest excursions, and the results of the stress test for maximum oxygen consumption. **Results.** More than 90% noted the need to include breathing practices in physical education classes. Among students with health conditions, combined pathology is increasingly common (up to 30%). There are lower indicators of the performance of the respiratory system, however, significant differences were found in male students compared to female ones ($P < 0.01-0.001$). **Conclusion.** The results show that changes in health status are sex-dependent, with lower statistical significance in male students in both the experimental and control groups. Recently, innovative approaches have not been found among a large number of sports and health systems aimed at the development of respiratory performance. There is a need for new approaches to existing breathing practices that can be included in physical education classes for students with health conditions.

Keywords: health, students, respiratory performance, health enhancement, breathing practices

For citation: Rusanov A.V., Milashechkina E.A. Breathing practices for health enhancement in students (analytical review). *Human. Sport. Medicine*. 2022;22(4):179–186. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220421

Введение. На современном этапе развития общества особенно актуально стоит проблема состояния здоровья подрастающего поколения. Более половины выпускников общеобразовательных школ России к выпуску уже имеют устойчивые изменения в состоянии здоровья в виде хронических заболеваний, по данным И.Н. Тимошиной (2007), в целом лишь 15–16 % молодых людей в возрасте 16–18 лет можно считать практически здоровыми [19]. В связи с этим увеличивается количество студентов в специальных медицинских группах и по разным данным составляет от 25 до 50 % [12, 14]. Важное место в адаптационных процессах занимает состояние дыхательной системы индивидуума [2], что существенно влияет на качество жизни обучающихся [20]. В современном мире все чаще встречаются нарушения в деятельности системы дыхания. Заболевания органов дыхания и сердечно-сосудистой системы стоят на втором месте по распространенности и уступают по количеству лишь отклонениям опорно-двигательного аппарата у студентов специального медицинского отделения.

Цель – провести анализ литературных данных о применении дыхательных практик для лиц с отклонениями в состоянии здоровья, оценить функционирование системы дыхания у студентов с ослабленным здоровьем.

Организация и методы исследования. Аналитический обзор литературных данных был основан на изучении более 300 научных и учебно-методических изданий, охватывающих последние 30 лет. Исследование проводилось в естественных условиях на базе Российского университета дружбы народов. Участниками исследования стали 186 студентов

обоих полов. Опытную группу составили студенты, имеющие отклонения в состоянии здоровья, подготовительной медицинской группы (ПМГ) и специальной медицинской группы (СМГ) – 54 девушки и 43 юноши. Контрольную группу составили практически здоровые студенты основной медицинской группы (ОМГ) – 57 девушек и 32 юноши. Возраст студентов, участвовавших в исследовании, составил $18,0 \pm 1,5$ года. Для получения статистических данных было проанализировано более 3000 медицинских документов. Для определения функциональных возможностей системы дыхания производили измерения экскурсии грудной клетки (ЭГК), жизненной емкости легких (ЖЕЛ). Эффективность функционирования кардиореспираторной системы определяли по результатам выполнения нагрузочного теста максимального потребления кислорода (МПК), признанного Всемирной организацией здравоохранения как объективный и информативный показатель функционального состояния кардиореспираторной системы и функциональных возможностей человека [13]. В нашем исследовании мы использовали косвенный метод определения МПК, предложенный А.А. Гуминским и др. в 1990 [3].

Вариационно-статистическая обработка результатов была проведена с помощью программного обеспечения Microsoft Excel 2019 и IBM SPSS Statistics 23. Уровень достоверности различий изучаемых показателей определяли с помощью t-критерия Стьюдента. Результаты считали статистически значимыми при $P \leq 0,05$.

Существует большое количество физкультурно-оздоровительных технологий на

основе дыхательных практик, направленных на повышение функциональных возможностей и их корригирующего воздействия на кардиореспираторную систему. В данной работе мы остановимся на основных из них.

Результаты. Все дыхательные практики можно разделить на две категории – аппаратные и безаппаратные (физкультурно-оздоровительные дыхательные системы). У лиц, занимающихся физическими упражнениями, увеличивается гемодинамика крови через работающие мышцы, изменяется глубина дыхания, сила дыхательных движений [8, 12]. Поэтому в данном обзоре мы остановимся на безаппаратных методах коррекции функции дыхания с применением физкультурно-оздоровительных дыхательных систем. Истоки применения безаппаратных дыхательных упражнений мы находим еще в древней восточной медицине (тай-цзи, пранаяма, цигун) [10, 20], на сегодняшний день широко используются методы произвольного дыхания, искусственного затруднения дыхания [6], сочетания дыхательных и физических упражнений (комбинированный подход) [9].

Достоинством дыхательных упражнений восточной медицины по системе цигун-дыхания по мнению Л.И. Губаревой (2001) с целью реадaptации организма обучающихся, проживающих в условиях загрязнения окружающей среды, является простота выполнения, безопасность, минимальные требования к условиям проведения занятий дыхательной гимнастикой. Автор отмечает положительное влияние вышеуказанной системы дыхательных упражнений на улучшение показателей хронорефлексометрии, снятие напряжения эндокринных механизмов адаптации у подростков после проведения серии коррекционных занятий [2]. Другие авторы тоже указывают на простоту выполнения дыхательных упражнений систем цигун и тай-цзы и рассматривают дыхательную гимнастику как способ расслабления (снятия мышечных зажимов и блоков) [5].

Н.В. Семенова с соавторами (2020) отмечает позитивные изменения в показателях функции дыхания, а именно увеличение объемов воздухообмена и кровоснабжения легких после применения комплекса дыхательных упражнений по К.П. Бутейко и А.Н. Стрельниковой с целью профилактики неблагоприятной эпидемиологической обстановки в г. Омске среди школьников-подростков по сопротив-

ляемости вирусным инфекциям, поражающим кардиореспираторную систему [15]. Дыхательные практики все чаще используются не только с целью профилактики и лечения проявления заболеваний дыхательной системы, но и при заболеваниях различной этиологии. Так, для восстановления после ишемических инсультов успешно используется метод согласованного дыхания [16, 17]. Применение дыхательных упражнений в практике лечебной физкультуры при заболеваниях позвоночника по мнению многих авторов теоретически обосновано их лечебным и оздоровительным воздействием не только непосредственно на систему дыхания, но и на опорно-двигательный аппарат в связи с тем, что при выполнении дыхательных упражнений, а именно при диафрагмальном дыхании за счет расслабления паравертебральных и подвздошно-поясничных мышц, а также мышц таза снижается мышечный тонус, а отсюда и болевой синдром [7, 11, 18]. При внедрении в учебный процесс дополнительных занятий физическими упражнениями оздоровительной направленности исследователи фиксируют улучшение не только функции дыхания и кровообеспечения, но и существенные положительные изменения сенсомоторной реакции [21]. В современных научных исследованиях многие авторы применяют сочетание нескольких оздоровительных систем с обязательным включением дыхательных упражнений, например, комбинация дыхательных упражнений по методикам А.Н. Стрельниковой и физкультурно-оздоровительной системы Чайлдс Body flex. В результате исследования у студентов, отнесенных к специальной медицинской группе с нарушениями сердечно-сосудистой системы после применения курса таких занятий были выявлены более высокие анаэробные возможности, увеличение устойчивости к гипоксии, а также наблюдалось улучшение физической работоспособности [1]. По мнению автора Е.А. Киселёвой (2007 г.), не все дыхательные методики одинаково полезны даже при заболеваниях дыхательной системы, и есть основные отличия в этих упражнениях: одни основаны на ослаблении дыхания, другие – на форсировании. По мнению автора, «упражнений с нейтральным дыханием не существует»; в результате проведенных исследований с применением дыхательных упражнений по системе А.Н. Стрельниковой для лиц с бронхиальной астмой выявлена положительная

динамика в показателях ЖЕЛ, ДЖЕЛ, увеличение устойчивости к гипоксии [6]. Эффективность данной физкультурно-оздоровительной системы подтверждают и другие авторы [4], отмечают важность занятий физическими упражнениями для студентов, имеющих заболевание бронхиальная астма, отмечают, что при оптимально составленном комплексе упражнений происходит укрепление и повышение функциональных возможностей дыхательной системы, облегчение симптомов этого заболевания.

Среди студентов был проведен опрос о необходимости применения средств и методов физической культуры для увеличения функциональных возможностей системы дыхания. Почти все респонденты (более 90 %) отметили необходимость включения дыхательных практик в содержание занятий физической культуры.

На рис. 1 представлены статистические данные распределения абитуриентов на медицинские группы по состоянию здоровья, поступивших на первый курс Российского уни-

верситета дружбы народов. Согласно полученным данным, более половины студентов, поступивших на первый курс, имеют отклонения в состоянии здоровья, и почти треть – с устойчивыми нарушениями и серьезными диагнозами.

Палитра заболеваний студентов очень разнообразна, но настораживает тот факт, что у многих студентов не одно заболевание, а два и более (48 %). Тенденцию увеличения встречаемости сочетанных патологий отмечают и другие авторы [13]. На рис. 2 представлено распределение студентов в соответствии с основным заболеванием. 44 % – это заболевания сердечно-сосудистой (ССС) и дыхательной (ДС) систем. Проблемы со зрением также выходят на первый план встречаемости заболеваний у учащейся молодежи.

Причем чаще других встречаются сочетания патологических изменений опорно-двигательного аппарата (ОДА) и дыхательной системы (до 30 %), сердечно-сосудистой и дыхательной систем (20 %), зрения, ДС и ОДА (15 %), другие (25 %).

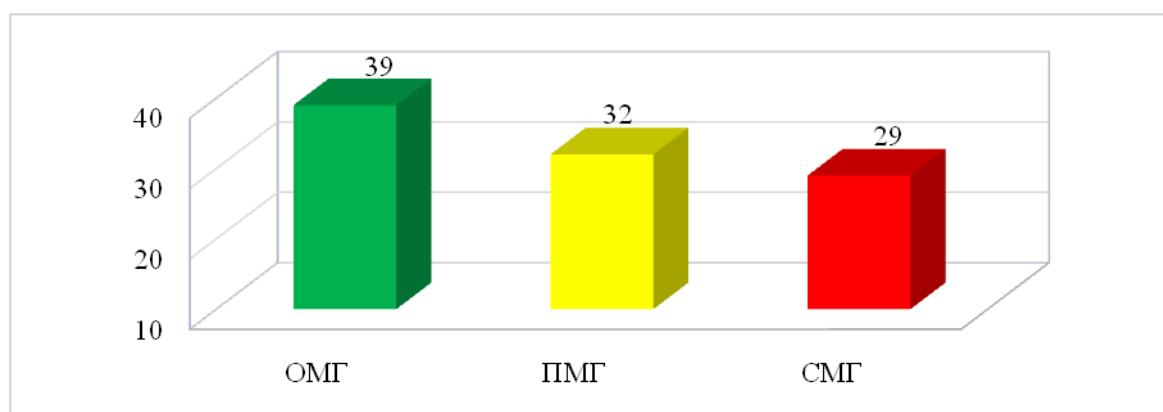


Рис. 1. Распределение студентов первого курса на медицинские группы для занятий физической культурой в %

Fig. 1. Distribution of first-year students into medical groups for physical education classes (%)

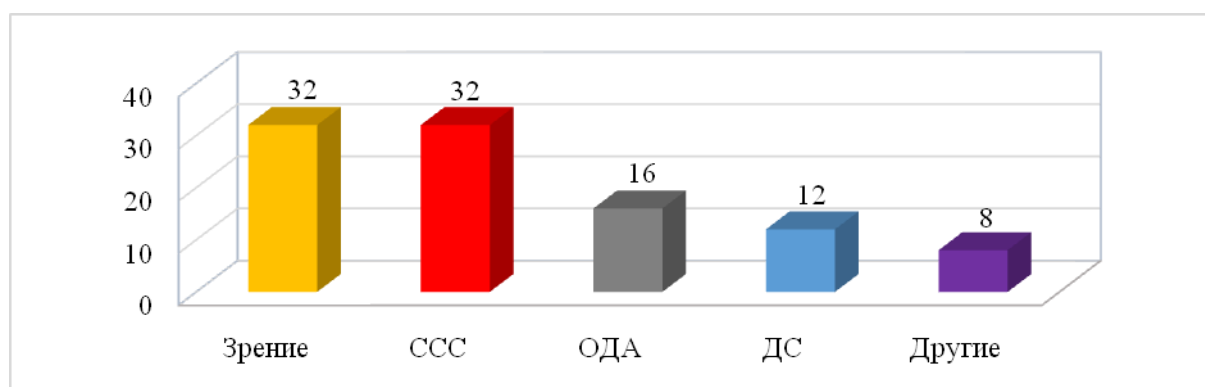


Рис. 2. Распределение студентов первого курса по основным заболеваниям в %
Fig. 2. Distribution of first-year students by major diseases (%)

Показатели функционального состояния системы дыхания у студентов, имеющих отклонения в состоянии здоровья
Respiratory performance in students with health conditions

Показатели Parameter	СМГ + ПМГ (опыт) Experimental group (SMG + PMG)		ОМГ (контроль) Control group (MMG)		P	
	юноши males	девушки females	юноши males	девушки females	юноши males	девушки females
ЖЕЛ Vital capacity	3,09 ± 0,13	2,06 ± 0,07	3,61 ± 0,06	2,91 ± 0,07	< 0,001	> 0,05
ЭГК Chest excursions	5,12 ± 0,12	3,42 ± 0,16	8,50 ± 0,11	5,14 ± 0,11	< 0,001	< 0,01
МПК Oxygen consumption	40,33 ± 0,69	35,11 ± 0,72	46,52 ± 0,87	42,83 ± 0,78	< 0,01	< 0,001

Примечание. ОМГ – основная медицинская группа, ПМГ – подготовительная медицинская группа, СМГ – специальная медицинская группа.

Note. MMG – main medical group, PMG – preparatory medical group, SMG – special medical group.

В таблице представлены сравнительные данные состояния дыхательной системы у студентов первого года обучения в зависимости от группы здоровья.

У девушек и юношей, имеющих отклонения в состоянии здоровья, наблюдается более низкий показатель жизненной емкости легких, однако достоверно значимые отличия выявлены у лиц мужского пола ($P < 0,001$). При измерении экспонента экскурсии грудной клетки как у девушек, так и у юношей зафиксированы низкие, достоверно значимые различия ($P < 0,01$, $P < 0,001$ соответственно), причем у юношей ЭГК меньше более чем в 1,5 раз. Полученные результаты свидетельствуют о значительном влиянии отклонений в состоянии здоровья на функцию дыхания и косвенно указывают на более низкий уровень физического развития студентов опытной группы, так как ЖЕЛ и ЭГК являются маркерами физического развития индивидуума [11].

Рассматривая показатель максимального потребления кислорода, выявили его достоверно значимое снижение у студентов опытной группы обоих полов по сравнению с контрольной группой. По оценочной шкале физическую работоспособность у девушек и юношей, имеющих нарушения в состоянии здоровья, можно трактовать как низкую, у юношей контрольной группы – как удовлетворительную, а у девушек контрольной группы – как высокую.

Заключение. У студентов опытной группы обоих полов выявлено снижение всех ис-

следуемых показателей функции дыхания. Однако достоверно значимые изменения зафиксированы у юношей по всем экспонентам, а у девушек достоверно значимые изменения определены в показателях экскурсии грудной клетки и в результате нагрузочного теста максимального потребления кислорода. Также у юношей контрольной группы выявлен удовлетворительный результат в тесте МПК, а у девушек – высокий. Полученные результаты свидетельствуют о более низких и достоверно значимых изменениях показателей функции дыхания у юношей как опытной, так и контрольной группы, что указывает на то, что сдвиги выявленных нами нарушений зависят от пола студентов.

По итогам анализа литературных источников становится очевидным, что кардинально новых подходов в разработке различных физкультурно-оздоровительных систем в последние десятилетия не изобретено. Поэтому, на наш взгляд, важно не только проводить скрининг функционального состояния системы дыхания, но и вести дальнейший мониторинг ее функционирования у лиц, имеющих отклонения в состоянии здоровья, с целью прогнозирования этих изменений, разрабатывать инновационные методики и искать новые пути применения существующих корригирующих физкультурно-оздоровительных систем. Также считаем необходимым включать дыхательные практики в содержание занятий физической культурой со студентами подготовительной и специальной медицинских групп.

Список литературы

1. Горелов, А.А. Экспериментальное обоснование целесообразности применения дыхательных упражнений на занятиях со студентками с нарушениями в деятельности сердечно-сосудистой системы / А.А. Горелов, О.Г. Румба, М.Д. Богоева // Научные проблемы гуманитарных исследований. – 2009. – № 2. – С. 66–71.
2. Губарева, Л.И. Экологический стресс / Л.И. Губарева. – СПб.: Изд-во «Лань», 2001. – 448 с.
3. Гуминский, А.А. Руководство к лабораторным занятиям по общей физиологии / А.А. Гуминский, Н.Н. Леонтьева, К.В. Маринова. – М.: Просвещение, 1990. – С. 216–221.
4. Ермакова, Е.Г. Особенности физической подготовки для студентов с заболеванием астмы / Е.Г. Ермакова // Междунар. журнал гуманитар. и естеств. наук. – 2020. – № 5-3 (44). – С. 130–133.
5. Капленко, О.М. Использование телесно-ориентированных практик в коррекции психосоматических заболеваний / О.М. Капленко // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2014. – Т. 6, № 2. – С. 132–136.
6. Киселёва, Е.А. Эффективность воздействия дыхательной гимнастики Стрельниковой А.Н. на физическое состояние больных бронхиальной астмой / Е.А. Киселёва // Психол.-пед. и мед.-биол. проблемы физ. культуры и спорта: электрон. журнал Камского ин-та физ. культуры. – 2008. – № 7. – С. 1–13.
7. Кравец, А.А. Дыхательные упражнения в системе реабилитации лиц с заболеваниями позвоночника / А.А. Кравец // Психология и педагогика: методика и проблемы практич. применения. – 2015. – № 44. – С. 250–253.
8. Кувалдина, Е.В. Особенности состояния кардиореспираторной системы у девочек 14–15 лет, занимающихся спортом / Е.В. Кувалдина, М.А. Вангулова, Т.И. Джандарова // Естеств. науки. – 2008. – № 2 (23). – С. 66–68.
9. Кузнецова, Т.Д. Дыхательные упражнения в физическом воспитании / Т.Д. Кузнецова, П.М. Левитский, В.С. Язловецкий. – Киев: Здоровья, 1989. – 136 с.
10. Кун, Ц. Почему цигун может лечить болезни / Цзян Кун, Яолун Чжан // Цигун и спорт. – 1991. – № 5. – С. 34–39.
11. Лечебная физическая культура / С.Н. Попов, Н.М. Валеев, Т.С. Гарасева и др. – М.: Издат. центр «Академия», 2004. – С. 177–183.
12. Милашечкин, В.С. Функциональные возможности кардиореспираторной системы у студентов, занимающихся спортивно-оздоровительным плаванием / В.С. Милашечкин, А.В. Русанов, А.С. Валюго // Теория и практика физ. культуры. – 2020. – № 1. – С. 29–30.
13. Милашечкина, Е.А. Адаптационные возможности организма студенток специальной медицинской группы, имеющих нарушения сердечно-сосудистой системы / Е.А. Милашечкина, Т.И. Джандарова, Е.А. Куницына // Человек. Спорт. Медицина. – 2018. – Т. 18. – № 4. – С. 123–129. DOI 10.14529/hsm180418
14. Новикова, А.В. Состояние здоровья молодежи, учащейся в высших учебных заведениях / А.В. Новикова // Материалы XVII Всероссийского симпозиума «Эколого-физиологические проблемы адаптации», Рязань. – М.: РУДН, 2017 – С. 165–166.
15. Применение методик дыхательной гимнастики как превентивной меры в условиях неблагоприятной эпидемической обстановки / Н.В. Семенова, К.А. Кашева, А.Ю. Похиленко и др. // Человек. Спорт. Медицина. – 2020. – Т. 20, № S2. – С. 13–19. DOI: 10.14529/hsm20s202
16. Согласованная дыхательная гимнастика как патогенетический метод лечения больных с инсультами: удостоверение на рационализаторское предложение № 2416, ГОУ ВПО ИвГМА Росздрава / И.Е. Савельева, А.Н. Новосельский. – 21.02.2006.
17. Способ лечебной физкультуры для больных с ишемическими инсультами: пат. на изобретение RU 2336067 С2, 20.10.2008 / И.Е. Савельева. – Заявка № 2006107061/14 от 06.03.2006.
18. Стариков, С.М. Физическая реабилитация в комплексном лечении больных с дорсопатиями: моногр. РМАПО / С.М. Стариков, Б.А. Поляев, Д.Д. Болотов. – М.: Красная звезда, 2012. – С. 154.
19. Тимошина, И.Н. Основы моделирования процесса адаптивного физического воспитания в образовательных учреждениях / И.Н. Тимошина // Известия Рос. гос. пед. ун-та им. А.И. Герцена. – 2007. – Т. 8. – № 41. – С. 179–185.

20. Чжоу, М. Коротко о цигун / Мин Чжоу // Цигун и спорт. – 1991. – № 1. – С. 9–10.
21. *Psychophysiological characteristics of college students with different motor modes* / T.V. Baksheva, V.S. Milashechkin, V.V. Ivanov et al. // *Theory and Practice of Physical Culture*. – 2020. – No. 11. – P. 15–17.

References

1. Gorelov A.A., Rumba O.G., Bogoeva M.D. [Experimental Substantiation of the Expediency of Using Breathing Exercises in Classes with Students with Disorders in the Cardiovascular System]. *Nauchnye problemy gumanitarnykh issledovaniy* [Scientific Problems of Humanitarian Research], 2009, no. 2, pp. 66–71. (in Russ.)
2. Gubareva L.I. *Ekologicheskii stress* [Environmental Stress]. St. Petersburg, Lan Publ., 2001. 448 p.
3. Guminsky A.A., Leontyeva N.N., Marinova K.V. *Rukovodstvo k laboratornym zanyatiyam po obshchey fiziologii* [A guide to Laboratory Exercises in General Physiology]. Moscow, Enlightenment Publ., 1990. pp. 216–221.
4. Ermakova E.G. [Features of Physical Fitness for Students with Asthma Disease]. *Mezhdunarodniy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk* [International Journal of Humanities and Natural Sciences], 2020, no. 5–3 (44), pp. 130–133. (in Russ.)
5. Kaplenko O.M. [The Use of Body-Oriented Practices in the Correction of Psychosomatic Diseases]. *Interexpo Geo-Sibir'* [Interexpo Geo-Siberia], 2014, vol. 6, no. 2, pp. 132–136. (in Russ.)
6. Kiseleva E.A. [The Effectiveness of the Impact of Breathing Exercises Strelnikova A.N. on the Physical Condition of Patients with Bronchial Asthma]. *Psihologo-pedagogicheskie i mediko-biologicheskie problemy fizicheskoy kul'tury i sporta. Elektronnii zhurnal Kamskogo instituta fizicheskoy kul'tury* [Psychological-Pedagogical and Medico-Biological Problems of Physical Culture and Sports. Electronic Journal of the Kama Institute of Physical Culture], 2008, no. 7–2, pp. 1–13. (in Russ.)
7. Kravets A.A. [Breathing Exercises in the System of Rehabilitation of Persons with Diseases of the Spine]. *Psihologiya i pedagogika: metodika i problemy prakticheskogo primeneniya* [Psychology and Pedagogy. Methodology and Problems of Practical Application], 2015, no. 44, pp. 250–253. (in Russ.)
8. Kuvaldina E.V. [Features of the State of the Cardiorespiratory System in Girls 14–15 Years Old, Going in for Sports]. *Estestvennye nauki* [Natural Sciences], 2008, no. 2 (23), pp. 66–68. (in Russ.)
9. Kuznetsova T.D., Levitsky P.M., Yazlovetsky V.S. *Dyhatel'nye uprazhneniya v fizicheskom vospitanii* [Breathing Exercises in Physical Education], Kiev, Health's Publ., 1989. 136 p.
10. Kun Jiang, Zhang Yaolong [Why Qigong Can Heal Diseases]. *Cigun i sport* [Qigong and Sports], 1991, no. 5, pp. 34–39. (in Russ.)
11. Popov S.N., Valeev N.M., Garaseva T.S. et al. *Lechebnaya fizicheskaya kul'tura* [Healing Fitness]. Moscow, Academy Publ., 2004. pp. 177–183.
12. Milashechkin V.S., Rusanov A.V., Valyugo A.S. [Functional Capabilities of the Cardiorespiratory System in Students Engaged in Sports and Recreational Swimming]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2020, no. 1, pp. 29–30. (in Russ.)
13. Milashechkin E.A., Dzhandarova T.I., Kunitsyna E.A. Adaptive Capacities of the Organism of Female Students of a Special Medical Group with Disorders of the Cardiovascular System. *Human. Sport. Medicine*, 2018, vol. 18, no. 4, pp. 123–129. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm180418
14. Novikova A.V. [The Health Status of Youth Studying in Higher Education Institutions]. *Materialy XVII Vserossiyskogo simpoziuma "Ekologo-fiziologicheskie problemy adaptatsii"* [Materials of the XVII All-Russian Symposium Ecological and Physiological Problems of Adaptation], 2017, pp. 165–166. (in Russ.)
15. Semenova N.V., Kasheva K.A., Pokhilenko A.Yu. et al. Respiratory Gymnastics as a Preventive Measure During the Pandemic. *Human. Sport. Medicine*, 2020, vol. 20, no. S2, pp. 1–19. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm20s202
16. Savelyeva I.E., Novoselsky A.N. *Soglasovannaya dyhatel'naya gimnastika kak patogeneticheskiiy metod lecheniya bol'nykh s insul'tami* [Coordinated Breathing Exercises as a Pathogenic Method of Treating Patients with Strokes]. Certificate for Rationalization Proposal RF, no. 2416, 2006.

17. Savelyeva I.E. *Sposob lechebnoy fizkul'tury dlya bol'nyh s ishemicheskimi insul'tami* [The Method of Physiotherapy Exercises for Patients with Ischemic Strokes]. Patent RF, no. 2336067, 2008.
18. Starikov S.M., Polyaev B.A., Bolotov D.D. *Fizicheskaya reabilitaciya v kompleksnom lechenii bol'nyh s dorsopatiyami: monograph* [Physical Rehabilitation in the Complex Treatment of Patients with Dorsopathies]. Moscow, Red Star Publ., 2012. 154 p.
19. Timoshina I.N. [Fundamentals of Modeling the Process of Adaptive Physical Education in Educational Institutions]. *Izvestiya Rossiyskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. A.I. Gertsena* [Proceedings of the A.I. Herzen Russian State Pedagogical University], 2007, vol. 8, no. 41, pp. 179–185. (in Russ.)
20. Zhou Ming. [Qigong in Brief]. *Cigun i sport* [Qigong and Sports], 1991, no. 1, pp. 9–10. (in Russ.)
21. Baksheva T.V., Milashechkin V.S., Ivanov V.V., Logachev N.V. Psychophysiological Characteristics of College Students with Different Motor Modes. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2020, no. 11, pp. 15–17.

Информация об авторах

Русанов Андрей Вячеславович, заведующий лабораторией кафедры физического воспитания и спорта, Российский университет дружбы народов, Москва, Россия.

Миласечкина Елена Анатольевна, кандидат биологических наук, доцент, Российский университет дружбы народов, Москва, Россия.

Information about the authors

Andrey V. Rusanov, Head of the Laboratory of the Department of Physical Education and Sport, Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia.

Elena A. Milashechkina, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia.

Статья поступила в редакцию 10.09.2022

The article was submitted 10.09.2022

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОГО ОТЕКА НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ И СИНОВИТА КОЛЕННОГО СУСТАВА МЕТОДОМ БИОИМПЕДАНСНОГО АНАЛИЗА У ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СПОРТСМЕНОВ ПОСЛЕ ПЛАСТИКИ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ

М.Н. Величко¹, maxveldoc@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1859-0857>

А.Ю. Терсков¹, terskov.72@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0568-1437>

А.М. Белякова¹, md.belyakova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1746-0578>

С.П. Щелыкалина², svetlanath@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3292-8949>

А.В. Бодров¹, bodroff.antoha@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5753-2070>

¹Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна
Федерального медико-биологического агентства России, Москва, Россия

²Российский национальный исследовательский медицинский университет
имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия

Аннотация. Цель исследования: опробовать методику количественной оценки динамики послеоперационного отека нижних конечностей и выпота в коленном суставе после хирургических вмешательств на коленном суставе методом биоимпедансного анализа. **Материалы и методы.** В статье приведено описание пятнадцати клинических случаев обследования спортсменов высокой квалификации на анализаторе обменных процессов АВС-02 «МЕДАСС». Всем атлетам выполнено исследование по четырехканальной и двухканальной методикам до операции, а затем в различные сроки после нее на последовательных этапах реабилитации. Для оценки выраженности послеоперационного отека ног на частоте исследования 5 кГц выполнен анализ содержания свободной жидкости в сегментах тела. Далее выполнена оценка локального электрического сопротивления области коленного сустава по разработанной авторами методике. Пяти атлетам выполнено исследование локального сопротивления до и после пункции коленного сустава с подсчетом количества эвакуированной жидкости. Все полученные данные оценены с помощью программного обеспечения «МЕДАСС» АВС 045 и «МЕДАСС» АВС 026. **Результаты.** Сегментарный биоимпедансный анализ показал закономерное уменьшение сопротивления в оперированной конечности после операции с постепенным выравниванием показателей между конечностями по ходу реабилитации. Измерение местного сопротивления области коленного сустава выявило заметное увеличение сопротивления в этом сегменте после пункции – на 3–26 % после эвакуации 25–30 мл жидкости. **Заключение.** Метод биоимпедансного анализа может применяться в клинической практике для количественной оценки динамики изменения послеоперационного отека и выраженности синовита после операций на коленном суставе.

Ключевые слова: биоимпедансный анализ, свободная жидкость в суставе, коленный сустав, пластика передней крестообразной связки, спортсмены высокой квалификации, биоимпедансный анализатор обменных процессов АВС-02 «МЕДАСС»

Для цитирования: Количественная оценка послеоперационного отека нижних конечностей и синовита коленного сустава методом биоимпедансного анализа у профессиональных спортсменов после пластики передней крестообразной связки на различных этапах послеоперационной реабилитации / М.Н. Величко, А.Ю. Терсков, А.М. Белякова и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 4. С. 187–194. DOI: 10.14529/hsm220422

QUANTITATIVE ASSESSMENT OF POSTOPERATIVE LOWER LIMB EDEMA AND KNEE SYNOVITIS BY BIOIMPEDANCE ANALYSIS IN PROFESSIONAL ATHLETES AFTER ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT SURGERY

M.N. Velichko¹, maxveldoc@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1859-0857>

A.Yu. Terskov¹, terskov.72@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0568-1437>

A.M. Belyakova¹, md.belyakova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1746-0578>

S.P. Shchelykalina², svetlanath@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3292-8949>

A.V. Bodrov¹, bodroff.antoha@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5753-2070>

¹Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency of Russia, Moscow, Russia

²Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

Abstract. Aim. The paper aims to test bioimpedance analysis for quantitative assessment of postoperative lower limb edema and knee joint effusion after knee surgery. **Materials and methods:** the paper contains a description of 15 clinical cases of the examination of highly skilled athletes by means of the ABC-02 “MEDASS” metabolic analyzer. Before and at certain time points after the surgery, all athletes were examined with a four-channel and a two-channel system. Edema severity was assessed with an analysis of free fluid in body segments at a frequency of 5 kHz. Then, the local resistance of the knee joint area was assessed using the authors’ method. Five athletes underwent a study of local resistance before and after evacuation of the fluid from the knee joint, with the amount of the fluid being recorded. All obtained data were processed with the “MEDASS” ABC 045 and “MEDASS” ABC 026 software. **Results.** Segmental bioimpedance analysis showed a regular decrease in the resistance of the limb after surgery with a gradual equalization of parameters between the limbs over the rehabilitation period. Measurement of local resistance of the knee joint area revealed a noticeable increase of 3–26% in segment resistance after the evacuation of 25–30 ml of fluid. **Conclusion:** The bioimpedance analysis can be used in clinical practice to quantify the dynamics of postoperative edema and the severity of synovitis after knee surgery.

Keywords: bioimpedance analysis, free fluid, knee joint, anterior cruciate ligament, highly skilled athletes, bioimpedance analyzer, metabolic processes, ABC-02 “MEDASS”

For citation: Velichko M.N., Terskov A.Yu., Belyakova A.M., Shchelykalina S.P., Bodrov A.V. Quantitative assessment of postoperative lower limb edema and knee synovitis by bioimpedance analysis in professional athletes after anterior cruciate ligament surgery. *Human. Sport. Medicine*. 2022;22(4):187–194. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220422

Введение. Биоимпедансный анализ состава тела (электрический импеданс) – неинвазивная медицинская диагностическая технология комплексной оценки водного, липидного и белкового обмена. В качестве исходных данных используются результаты антропометрических измерений и измерений параметров электрической проводимости тела человека [1, 2].

Биоимпедансный анализ широко применяется в медицине в качестве диагностического метода и способа динамического мониторинга состояния пациента с целью планирования инфузионной терапии, подбора препаратов для лечения сердечно-сосудистых заболеваний и контроля эффективности терапии.

Биоимпедансометрические исследования вошли в медицинскую практику в качестве методики, позволяющей получать информацию как в однократном, так и мониторинговом режимах, не принося в организм изменений или риска развития осложнений, свойственных инвазивным методам. Отсутствие инерционности и безопасность биоимпедансных измерений позволяют использовать их в качестве средства мониторинга у самых тяжелых больных, в том числе и в медицине критических состояний [1, 11].

В настоящее время биоимпедансные технологии используются, например, в протезировании – для определения плотности прилегания протеза. Для оценки влияния различных комплектов протезов исследователи кон-

тролируют объемы жидкости в культе. Так, специально разработанная стационарная система анализа сопротивления использовалась для мониторинга свободной жидкости у пациентов с транстибиальной ампутацией [10].

В хирургии описано использование полисегментных биоимпедансных исследований для мониторинга объема интраперитонеальной жидкости при тестировании перитонеального равновесия [12, 14].

Измерения электрического сопротивления используются флебологами для оценки результатов лечения отека нижних конечностей при венозной недостаточности [5, 7], а также кардиологами – для оценки объема внеклеточной жидкости у пациентов, перенесших операцию шунтирования коронарных артерий [9].

Биоимпедансные технологии стали привычным инструментом в практике спортивных врачей для контроля эффективности восстановительного лечения атлетов. Часто их применяют для оперативного обследования спортсменов в динамике тренировочного цикла силами штатного медицинского персонала спортивных клубов и школ. Это позволяет судить об уровне физической подготовленности спортсменов на всех этапах тренировочного цикла в режиме мониторинга, например, для отслеживания состояния спортсмена на разных этапах подготовки к соревнованиям. Исследованию состава тела спортсменов посвящено большое количество публикаций [1, 2, 4, 13].

Биоимпедансный анализ состава тела основан на наличии объективных и устойчивых закономерностей, связывающих измеренные значения электрического сопротивления с параметрами состава тела. Эти закономерности вытекают как из физических моделей тела и его сегментов, так и из статистических зависимостей между антропометрическими, физическими и другими переменными, характеризующими человеческий организм. Биоимпедансный анализ состава тела заключается в первую очередь в оценке количества жидкости в биообъекте, так как именно жидкая среда создает активную составляющую проводимости [1, 2, 8].

Для определения объема внеклеточной жидкости (ВКЖ) в биоимпедансных анализаторах используют низкую частоту, как правило 5 кГц, а для оценки объема общей воды организма (ОВО) используют более высокую – 50 кГц [1, 8].

Биоимпедансные технологии позволяют исследовать не только общий состав тела человека, но и состав его отдельных сегментов. Как правило, данными сегментами являются верхние и нижние конечности, голова и туловище [3, 6]. Можно сузить область исследования до меньших сегментов (например до области коленного сустава). С уменьшением размеров исследуемых участков сегментный анализ переходит в локальный [9]. Используя метод локального исследования, мы можем получить данные для области оперированного коленного сустава и сравнить их с такими для контралатеральной здоровой области.

В исследованиях области тела (часть конечности обычно рассматривают как квазилиндрический объект) опираются на следующие широко известные положения. Первое: гидратация исследуемого участка тканей обратно пропорциональна значениям сопротивления этого участка. В формулах расчета количества жидкости продольное сопротивление в степени -1 . Второе: сопротивление локального участка пропорционально длине исследуемой области и ее удельному сопротивлению и обратно пропорционально площади поперечного сечения.

Материалы и методы. На базе отделения спортивной травматологии и спортивной медицины Федерального медицинского биофизического центра им. А.И. Бурназяна ФМБА России для отработки методики было проведено биоимпедансное обследование 15 пациентов. Все они на момент исследования являлись членами сборных команд РФ по различным видам спорта. Исследование включало в себя биоимпедансный анализ до реконструктивной операции на коленном суставе (пластика передней крестообразной связки), после операции, а затем аналогичные исследования проводились на этапах реабилитации. Пяти пациентам из данной группы выполнено локальное биоимпедансное исследование области коленного сустава до и после его пункции с эвакуацией жидкости.

Биоимпедансное исследование было выполнено на биоимпедансном анализаторе обменных процессов и состава тела ABC-02 «МЕДАСС» с полисегментной технологией. При этой методике электроды накладываются на дистальные отделы нижних и верхних конечностей – кисти и стопы. Для исследования использовали биоадгезив-

ные кардиографические электроды с креплением «под крокодил». Для исследования содержания общего количества жидкости в организме спортсменов электроды накладывали в соответствии с рекомендованной производителем прибора схемой [2]. Для локального биоимпедансного обследования области коленных суставов использовалась разработанная авторами методика наложения электродов, а именно: электроды на бедренной кости устанавливаются на 3–4 поперечных пальца (6 см) выше верхнего полюса надколенника, токовые на 4 см проксимальнее. На большеберцовой кости измерительные электроды устанавливались кнаружи от гребня большеберцовой кости на уровне бугристости, токовые – на 4 см дистальнее. Обследование всегда выполнялось утром до приема пищи в положении пациента лёжа на спине. Прecedуре предшествовал 10 минутный отдых в исходном положении. После отдыха производились измерения по стандартной методике [2]. Затем электрод перемещали на область коленных суставов для локального исследования. Пяти

пациентам, не отклеивая электродов, делали пункцию коленного сустава и повторно проводили замеры по той же методике для локального обследования.

Результаты исследования. Значения сопротивления тканей на частоте 5 Гц для 15 обследованных спортсменов до и после операции представлены в таблице.

У восьми пациентов, которым были произведены измерения до операции и на момент выписки, определялась сходная тенденция. Она заключалась в изменении сопротивления в оперированном коленном суставе в сторону уменьшения на фоне послеоперационного отека (рис. 1).

У 6 из 7 пациентов, кому было произведено биоимпедансное исследование в начале и конце I этапа реабилитационных мероприятий, определялась сходная тенденция. Она заключалась в изменении сопротивления в оперированном коленном суставе в сторону уменьшения на фоне ответной реакции коленного сустава на нагрузку в виде умеренного отека (рис. 2).

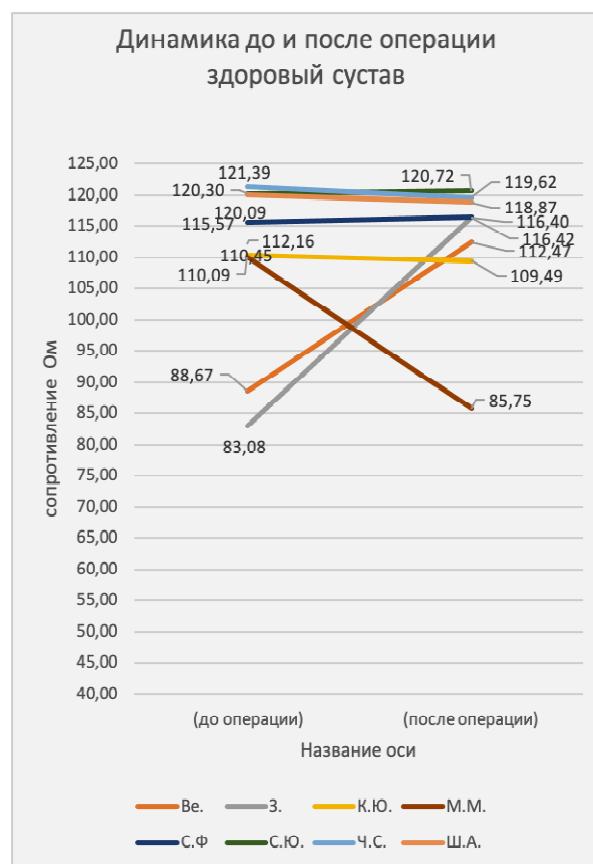
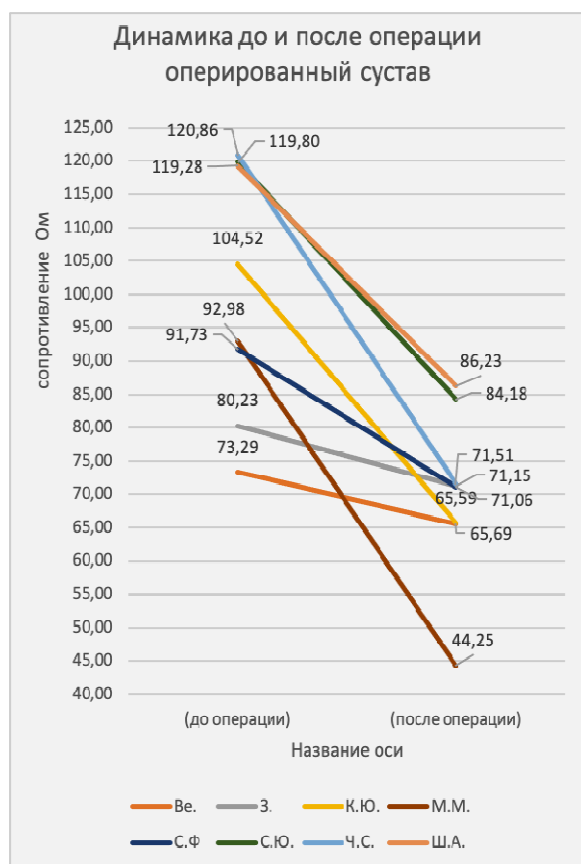


Рис. 1. Графическое представление изменений сопротивлений оперированной и здоровой конечностей до и после операции

Fig. 1. Differences in resistance between the operated and healthy limbs before and after surgery

Изменение сопротивления тканей оперированной и здоровой конечностей в послеоперационном периоде
Tissue resistance changes in the operated and healthy limbs in the postoperative period

Пациент Patient	Опер. R5, Ом (до операции) Operated limb (before surgery)	Здор. R5, Ом (до операции) Healthy limb (before surgery)	Опер. R5, Ом (после операции) Operated limb (after surgery)	Здор. R5, Ом (после операции) Healthy limb (after surgery)	Опер. R5, Ом (реаб. начало) Operated limb (rehabilitation – beginning)	Здор. R5, Ом (реаб. начало) Healthy limb (rehabilitation – beginning)	Опер. R5, Ом (реаб. конец) Operated limb (rehabilitation – end)	Здор. R5, Ом (реаб. конец) Healthy limb (rehabilitation – end)
В.	108,48	104,77	–	–	48,28	113,25	–	–
Вв.	73,29	88,67	65,59	112,47	–	–	–	–
З.	80,23	83,08	71,15	116,42	–	–	–	–
К.Ю.	104,52	110,45	65,69	109,49	81,35	118,99	67,46	79,53
К.В.	109,70	112,16	–	–	78,80	112,13	57,70	101,63
Ку.В.	86,83	85,38	–	–	55,65	88,73	–	–
Л.Д.	–	–	–	–	72,55	114,42	60,04	106,19
М.М.	92,98	110,09	44,24	85,75	–	–	–	–
О.В.	–	–	–	–	97,38	117,36	81,66	90,73
С.П.	–	–	–	–	67,67	93,69	66,92	101,02
С.С.	–	–	–	–	90,95	114,40	85,62	101,20
С.Ф.	91,72	115,57	71,05	116,40	70,45	96,77	85,69	116,44
С.Ю.	119,80	120,30	84,18	120,72	–	–	–	–
Ч.С.	120,86	121,39	71,50	119,62	105,14	121,04	66,92	103,62
Ш.А.	119,27	120,09	86,23	118,87	–	–	–	–

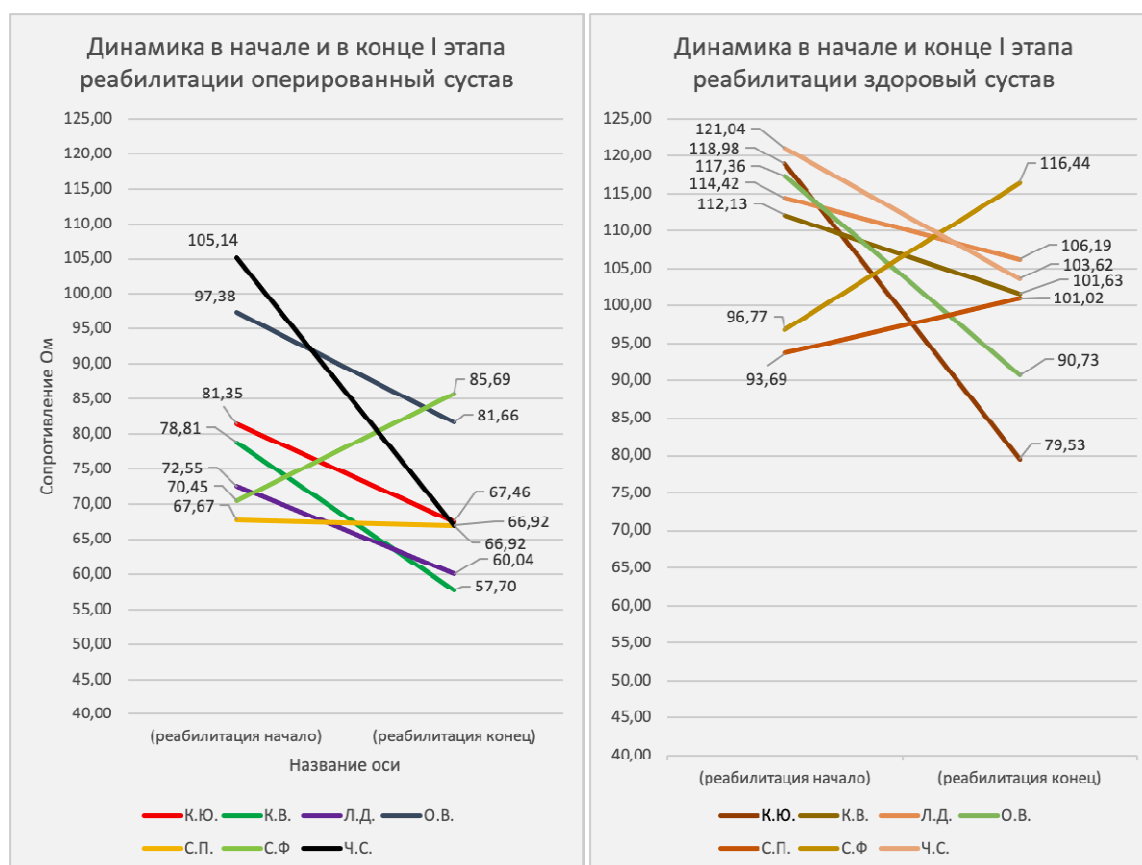


Рис 2. Графическое представление изменений сопротивлений оперированной и здоровой конечностей на I этапе реабилитации (начало реабилитационных мероприятий и конец)
Fig. 2. Differences in resistance between the operated and healthy limbs at the beginning and end of the first phase of rehabilitation

Обсуждение. Сохранение отека на протяжении реабилитационного периода после оперативного вмешательства является актуальной проблемой современной восстановительной медицины и реабилитации. Данное состояние влияет на качество и скорость реабилитации пациентов [11].

Полученные нами данные, а именно об уменьшении сопротивления в оперированной конечности после операции, свидетельствуют о наличии тканевого отека. Исследование проводилось на частоте 5 Гц. На данной частоте внутриклеточная жидкость не вносит значимого вклада в общую проводимость (1,2). Из этого следует, что цифры в основном отражают динамику изменения внеклеточной жидкости. Чем меньше сопротивление в сегменте, тем больше в нем свободной жидкости.

Графики изменения сопротивлений отражают вышеописанные закономерности. Так, на рис. 1 отмечается выраженное снижение сопротивления в оперированной конечности после операции (исследование проводилось до операции и в день выписки, в среднем на

7-е сутки после операции). Интересно, что при этом в здоровой ноге сопротивление практически не меняется или повышается. Последнее, вероятно, может быть связано с мышечной гипотрофией и связанной с этим потерей свободной жидкости. Всего в одном случае имело место снижение сопротивления в здоровой конечности.

Еще показательней картина изменения сопротивлений на протяжении первой фазы реабилитации (она начиналась в среднем через 4 недели после операции). Динамика сопротивлений представлена на рис. 2. Сопротивление продолжает снижаться в оперированной конечности. Но теперь аналогичная картина наблюдается и в здоровой. Такое изменение, вероятно, связано с увеличением отека оперированной конечности на фоне реабилитационных мероприятий. Причины увеличения свободной жидкости в левой ноге остаются неизвестными. Может быть, имеет место нарушение венозного оттока от конечности, вследствие длительного бездействия. Снижение сопротивлений в здоровой ноге

происходит на меньшую величину в сравнении с оперированной конечностью.

В ходе наших исследований выяснилось, что локальный вариант биоимпедансного исследования является достаточно чувствительным для фиксации изменений объема внутрисуставного выпота. В частности, эвакуация от 20 до 75 мл жидкости выражается в увеличении сопротивления области коленного сустава на 3,63–6,32 %.

Выпот в коленном суставе – это ответная реакция организма на хирургическую травму или нагрузку. Целью наших экспериментов была попытка количественной оценки данной реакции. Первый опыт показывает рацио-

нальность использования для этой цели изменений текущих значений сопротивления. Однако для разработки воспроизводимого клинического метода необходимо продолжить исследование.

Заключение. Опробованная технология биоимпедансного анализа проста, неинвазивна и позволяет выполнять мониторинг количества свободной жидкости в оперированной конечности и выпота в коленном суставе. Эта технология имеет перспективы применения в клинической практике для количественной оценки динамики послеоперационного отека и выраженности синовиита после операций на коленном суставе.

Список литературы / References

1. Николаев Д.В., Смирнов А.В., Бобринская И.Г., Руднев С.Г. Биоимпедансный анализ состава тела человека. М.: Наука, 2009. 392 с. [Nikolaev D.V., Smirnov A.V., Bobrinskaya I.G., Rudnev S.G. *Bioimpedansniy analiz sostava tela cheloveka* [Bioimpedance Analysis of Body Composition], Moscow, Science Publ., 2009. 392 p.]
2. Николаев Д.В., Щелькалина С.П. Лекции по биоимпедансному анализу состава тела человека. М.: РИО ЦНИИОИЗ МЗ РФ, 2016. 152 с. [Nikolaev D.V., Shchelykalina S.P. *Lekcii po bioimpedansnomu analizu sostava tela cheloveka* [Lectures on Bioimpedance Analysis of Body Composition], Moscow, 2016. 152 p.]
3. Bartels E.M., Sørensen E.R., Harrison A.P. Multi-Frequency Bioimpedance in Human Muscle Assessment. *Physiology Rep.*, 2015, vol. 3 (4), e12354. DOI: 10.14814/phy2.12354
4. Castizo-Olier J., Iurtia A., Jemni M. et al. Bioelectrical Impedance Vector Analysis (BIVA) in Sport and Exercise: Systematic Review and Future Perspectives. *PLoS One*, 2018, vol. 13 (6), e0197957. DOI: 10.1371/journal.pone.0197957
5. Cannon T., Choi J. Development of a Segmental Bioelectrical Impedance Spectroscopy Device for Body Composition Measurement. *Sensors (Basel)*, 2019, vol. 19 (22), 4825. DOI: 10.3390/s19224825
6. Cavanaugh J.T., Powers M. ACL Rehabilitation Progression: Where Are We Now? *Curr Rev Musculoskelet Medicine*, 2017, vol. 10 (3), pp. 289–296. DOI: 10.1007/s12178-017-9426-3
7. Lukaski H.C., Vega Diaz N., Talluri A., Nescolarde L. Classification of Hydration in Clinical Conditions: Indirect and Direct Approaches Using Bioimpedance. *Nutrients*, 2019, vol. 11 (4), p. 809. DOI: 10.3390/nu11040809
8. Di Vincenzo O., Marra M., Scalfi L. Bioelectrical Impedance Phase Angle in Sport: a Systematic Review. *Journal Int Soc Sports Nutr.*, 2019, vol. 16 (1), p. 49. DOI: 10.1186/s12970-019-0319-2
9. Patel R.V., Matthie J.R., Withers P.O. et al. Estimation of Total Body and Extracellular Water Using Single- and Multiple-Frequency Bioimpedance. *Ann Pharmacother.*, 1994, vol. 28(5), pp. 565–569. DOI: 10.1177/106002809402800501
10. Hinrichs P., Cagle J.C., Sanders J.E. A Portable Bioimpedance Instrument for Monitoring Residual Limb Fluid Volume in People with Transtibial Limb Loss: A Technical Note. *Medicine English Physiology*, 2019, vol. 68, pp. 101–107. DOI: 10.1016/j.medengphy.2019.04.002
11. Khalil S.F., Mohktar M.S., Ibrahim F. The Theory and Fundamentals of Bioimpedance Analysis in Clinical Status Monitoring and Diagnosis of Diseases. *Sensors (Basel)*, 2014, vol. 14 (6), pp. 10895–10928. DOI: 10.3390/s140610895
12. Fansan Zhu., Abbas S.R., Bologna R.M. et al. Monitoring of Intraperitoneal Fluid Volume during Peritoneal Equilibration Testing using Segmental Bioimpedance. *Kidney Blood Press Reserch*, 2019, vol. 44 (6), pp. 1465–1475. DOI: 10.1159/000503924
13. Bartels E.M., Andersen E.L., Olsen J.K. et al. Muscle Assessment Using Multi-Frequency Bioimpedance in a Healthy Danish Population Aged 20–69 Years: a Powerful Non-Invasive Tool in Sports and in the Clinic. *Physiology Rep.*, 2019, vol. 7 (11), e14109. DOI: 10.14814/phy2.14109

14. Luciana Ventura Cardoso, Maria de Fátima Guerreiro Godoy, Rildo César Nunes Czorny, José Maria Pereira de Godoy. Using Bioelectrical Impedance Analysis to Compare the Treatment of Edema with the Unna's Boot and Noncompression in Individuals with Venous Ulcers. *Journal of Vascular Nursing*, 2019, vol. 37, iss. 1, pp. 58–63. DOI: 10.1016/j.jvn.2018.11.003

Информация об авторах

Величко Максим Николаевич, заведующий отделением спортивной травматологии и спортивной медицины Центра спортивной травматологии и спортивной медицины, Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства России, Москва, Россия.

Терсков Александр Юрьевич, кандидат медицинских наук, руководитель Центра спортивной травматологии и реабилитации, Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства России, Москва, Россия.

Белякова Анна Михайловна, кандидат медицинских наук, врач по спортивной медицине Центра спортивной медицины и реабилитации, Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства России, Москва, Россия.

Щелыкалина Светлана Павловна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры медицинской кибернетики и информатики, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова, Москва, Россия.

Бодров Антон Владимирович, ординатор Центра спортивной травматологии и спортивной медицины, Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства России, Москва, Россия.

Information about the authors

Maxim N. Velichko, Head of the Department of Sports Traumatology and Sports Medicine, Center for Sports Traumatology and Sports Medicine, Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency of Russia, Moscow, Russia.

Alexander Yu. Terskov, Candidate of Medical Sciences, Head of the Center for Sports Traumatology and Rehabilitation, Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency of Russia, Moscow, Russia.

Anna M. Belyakova, Candidate of Medical Sciences, Physician (Sports Medicine), Center for Sports Medicine and Rehabilitation, Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency of Russia, Moscow, Russia.

Svetlana P. Shchelykalina, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Medical Cybernetics and Informatics, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia.

Anton V. Bodrov, Resident Physician, Center for Sports Traumatology and Sports Medicine, Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency of Russia, Moscow, Russia.

Статья поступила в редакцию 22.08.2022

The article was submitted 22.08.2022

От редакционной коллегии

В журнале «Человек. Спорт. Медицина», 2022, т. 22, № S2, опубликована статья: Викторов Д.В., Кокин В.Ю., Захарец А.А., Воронцова Е.А. Адаптация студентов с ограниченными возможностями здоровья к прикладной физической культуре.

В *Списке литературы* статьи

на с. 179 вместо: 2. Береговая, О.А. *Интернационализация высшего образования в условиях глобализации* / О.А. Береговая, В.И. Кудашов // *Образование и саморазвитие*. – 2021. – № 3 (16). – С. 100–114,

следует читать: 2. Блинова, Е.А. *Интернационализация высшего образования в условиях глобализации* / Е.А. Блинова // *Вестник ун-та*. – 2014. – № 13. – С. 233–240.

на с. 180 вместо: 2. Beregovaya O.A., Kudashov V.I. [Internationalization of Higher Education in the Context of Globalization]. *Obrazovanie i samorazvitie* [Education and Self-Development], 2021, no. 3 (16), pp. 100–114. (in Russ.),

следует читать: 2. Blinova E.A. [Internationalization of Higher Education in the Context of Globalization]. *Vestnik universiteta* [Bulletin of University], 2014, no. 13, pp. 233–240. (in Russ.)

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 образования и науки 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) (с 01.02.2022), 3.1.33. Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия (биологические науки) (с 01.02.2022).

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 22, № 4

2022

16+

Редактор *С.И. Уварова*

Компьютерная верстка *И.А. Захаровой*

Издательский центр Южно-Уральского государственного университета

Подписано в печать 23.12.2022. Дата выхода в свет 29.12.2022. Формат 60×84 1/8. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 23,25. Тираж 500 экз. Заказ 406/370. Цена свободная.

Отпечатано в типографии Издательского центра ЮУрГУ.

454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76.