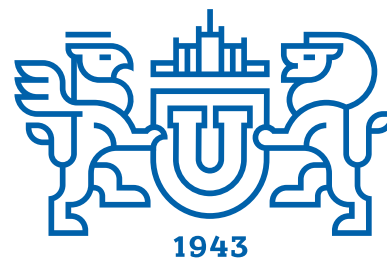


ЧЕЛОВЕК СПОРТ



МЕДИЦИНА 2021 Т.21 № 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, Академия Ле Панс (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);

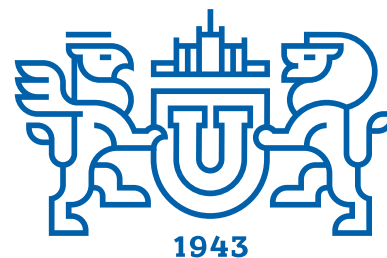
Допсай М., PhD, проф. (Сербия);

Бендикова Е., PhD, доцент (Словакия);

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

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

HUMAN SPORT



MEDICINE 2021 Vol.21 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., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation;
Nenashева A.V. (*Deputy Chief Editor*), Dr. of Sci. (Biol.), Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation;
Smolina S.G. (*Executive Secretary*), Cand. of Sci. (Education), South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation;
Ushakov A.S. (*Technical Secretary*), South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

Editorial Council:

Schurova E.N., Dr. of Sci. (Biol.), Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation;
Abzalov R.A., Dr. of Sci. (Biol.), Institute of Fundamental Medicine and Biology, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russian Federation;
Pavlova V.I., Dr. of Sci. (Biol.), Chelyabinsk State Pedagogical University, Chelyabinsk, Russian Federation;
Sashenkov S.L., Dr. of Sci. (Med.), South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russian Federation;
Iryanov Y.M., Dr. of Sci. (Biol.), Prof., Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation;
Vazhenin A.V., Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. of Sci. (Med.), South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russian Federation;
Yushkov B.G., Dr. of Sci. (Med.), Prof., Institute of Immunology and Physiology of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russian Federation;
Manukhina E.B., Dr. of Sci. (Med.), Health Science Center of the University of North Texas, USA;
Gubin A.V., Dr. of Sci. (Med.), Prof., Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation;
Mileva K., PhD (Biomed. Eng.), Research Center of Sports Science and Nutrition, London South Bank University, Great Britain;
Shlyk N.I., Honored Science Worker of the Udmurt Republic, Dr. of Sci. (Biol.), Prof., Udmurt State University, Izhevsk, Russian Federation;
Escobar-Molina R., Prof., University of Granada, Spain;
Mazin H.K., PhD, University of Babylon, Iraq;
Nikityuk D.B., Dr. of Sci. (Med.), Professor, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation;
Le Panse B., PhD, Le Panse Academy, Paris, France;
Poznyakovsky V.M., Dr. of Sci. (Biol.), Merited Scientist, Prof., Kemerovo Agrarian University, Kemerovo, Russian Federation;
Chereshnev V.A., Dr. of Sci. (Med.), member of the Russian Academy of Sciences, Professor, Ekaterinburg, Russian Federation;
Waluch K., PhD, associate professor of the department for teaching in Pawel Wlodkowica University College, Plock; member of TEAM EUROPE in the European Commission and Plock scientific society, Institute for Sport and Education Development, Warsaw, Poland;
Sonkin V.D., Dr. of Sci. (Biol.), Russian Academy of Education, Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism, Moscow, Russian Federation;
Erlikh V.V., Dr. of Sci. (Biol.), Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation;
Cherepov E.A., Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation;
Talaghir L.G., PhD, Prof., "Dunarea de Jos" University of Galati, Galati, Romania;
Dopsaj M., PhD, Prof., University of Belgrade, Belgrade, Serbia;
Bendiková E., PhD, Ass. Prof. Paed Dr., Matej Bel University, Banská Bystrica, Slovak Republic;
Kapilevich L.V., Dr. of Sci. (Med.), Prof., National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation;
Badtieva V.A., Dr. of Sci. (Med.), Prof., Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИОЛОГИЯ

ЧАНЧАЕВА Е.А., ЛАПИН В.С., КУЗНЕЦОВА О.В., КУРИЛЕНКО Т.К., АЙЗМАН Р.И. Оценка эколого-гигиенических условий подготовки спортсменов в г. Горно-Алтайске	7
БИКБУЛАТОВА Л.Н., КОРЧИН В.И., КОРЧИНА Т.Я. Корреляционные связи между показателями окислительного метаболизма и микронутриентами с антиоксидантным спектром действия у взрослых некоренных жителей Ямало-Ненецкого автономного округа	14
КОРЖЕНЕВСКИЙ А.Н., КЛЕНДАР В.А., ТАРАСОВА Л.В., КУРГУЗОВ Г.В. Применение комплексной диагностики для оценки функциональной подготовленности высококвалифицированных кёрлингистов	22
ТАЛИБОВ А.Х., КОРКМАЗОВ М.Ю., ЛЕНГИНА М.А., КРИВОПАЛОВ А.А., ГРИШАЕВ Н.В. Персонализированный подход к повышению качества жизни и психофизической готовности спортсменов-гиревиков коррекцией сенсорных и вазомоторных расстройств лор-органов	29
СИРАЗЕТДИНОВ Р.Э., НЕГАШЕВА М.А., БОНДАРЕВА Э.А. Морфологические особенности как критерии спортивного отбора в единоборствах	42
KRISWANTO E.S., SUNARDI J., SARI I.P.T.P., SUHARJANA F. Effect of Physical Activity and Haemoglobin Levels on Cardiorespiration	49
СЕВОСТЬЯНОВА М.С. Характеристики вариабельности сердечного ритма спортсменов спортивных сборных команд России в зависимости от выраженности невротической симптоматики	57
ПАВЛОВА В.И., ГИЗИНГЕР О.А., СЕМЧЕНКО А.А., МАМЫЛИНА Н.В., САРАЙКИН Д.А. Повышение адаптивных свойств организма при занятиях аквааэробикой в юношеском возрасте ...	64
ГРИБАНОВ А.В., КОТЦОВА О.Н., АНИКИНА Н.Ю., ПАНКОВ М.Н., КОРЕЛЬСКАЯ И.Е. Сезонные изменения церебрального энергообмена при разном уровне тревожности у молодых людей в Арктической зоне Российской Федерации	73
МУТАЕВА И.Ш., ГЕРАСИМОВА И.Г., ХАЛИКОВ Г.З. Биоимпедансный анализ изменения состава тела у людей в возрастном аспекте	81
АБЗАЛОВ Р.Р., АБЗАЛОВ Н.И., АБЗАЛОВ Р.А. Особенности спортивно-тренировочной деятельности в условиях адаптации организма к быстрой скорости движений и скоростной выносливости	89
РАЙЛЯН А.Л., ГАЛИЕВА Г.Д., ТОМИЛОВА Е.А., КОЛПАКОВ В.В., БЕСПАЛОВА Т.В. Индивидуально-типологический подход к коррекции двигательного режима у женщин репродуктивного возраста с избыточной массой тела	95
АВДЕЕВА М.С. Динамика физического развития, функционального состояния, скоростно-силовых и силовых качеств студенток в течение первого года обучения	107
<u>ИСАЕВ А.П.</u> , ЗАЛЯПИН В.И., ШЕВЦОВ А.В., КОРАБЛЕВА Ю.Б., НЕНАШЕВ А.И., УШАКОВ А.С. Управляющие и регулирующие механизмы моделей двигательной специальной функциональной системы спортсменов в блоках многолетней подготовки	115
МЕНРЕЗ А.М., SALESИ M., KOUШKIE M., АКBARZADEN M. Short-Term Diet Modification Can Moderate the Levels of Fatigue Indices in Tennis Players	127

СПОРТИВНАЯ ТРЕНИРОВКА

ЗИНЧЕНКО М.И., ГУЛЬТЯЕВА В.В., УРЮМЦЕВ Д.Ю., КРИВОЩЁКОВ С.Г. Спортивная аддикция (обзор литературы)	139
МОРОЗОВ А.П. Значение комплексного контроля уровня подготовленности спортсменов на начальном и тренировочном этапах	150

SHAHVALI Z., ABEDANZADEH R., MEHRAVAR M. The Effect of Balance Exercises Based on Active Video Games on Static and Dynamic Balance of Sedentary Female Students	156
ГОЛОВАЧЕВ А.И., КОЛЫХМАТОВ В.И., ШИРОКОВА С.В. Влияние максимальной алактатной производительности на эффективность выступления высококвалифицированных лыжниц-гонщиц в соревнованиях на различных дистанциях	166

СПОРТИВНОЕ ПИТАНИЕ

ФАТКУЛЛИН Р.И., БОТВИННИКОВА В.В., КАЛИНИНА И.В., НЕНАШЕВА А.В., ВАСИЛЬЕВ А.К., НАУМЕНКО Н.В. Новые подходы обеспечения эффективности растительных антиоксидантов для спортивного питания в условиях пандемии COVID-19	175
--	-----

ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ И СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА

САНЬКОВА М.В., НИКОЛЕНКО В.Н., ВОВКОГОН А.Д., ОГАНЕСЯН М.В., ГРИДИН Л.А. Дифференцированный подход к профилактике травматизма при занятиях физической культурой и спортом в разные возрастные периоды	185
КЛЕЩУНОВ С.С., НАЛОБИНА А.Н., БОБКОВА С.Н., ЕРАСКИН Д.А. Пространственно-функциональная реабилитация лиц с травматической болезнью спинного мозга	194

CONTENTS

PHYSIOLOGY

CHANCHAEVA E.A., LAPIN V.S., KUZNECOVA O.V., KURILENKO T.K., AJZMAN R.I. Assessment of Ecological and Hygienic Conditions of Training in Gorno-Altaiisk	7
BIKBULATOVA L.N., KORCHIN V.I., KORCHINA T.Ya. Correlation between Oxidative Metabolism and Micronutrients with Antioxidant Activity in Yamalo-Nenets Autonomous District Adults ...	14
KORZHENEVSKY A.N., KLENDAR V.A., TARASOVA L.V., KURGUZOV G.V. Assessment of Functional Fitness in Highly Trained Curlers	22
TALIBOV A.Kh., KORKMAZOV M.Yu., LENGINA M.A., KRIVOPALOV A.A., GRISHAEV N.V. Personalized Approach to Improving the Quality of Life and Psychophysical Readiness of Weightlifters Through the Correction of Sensory and Vasomotor Disorders of ENT Organs	29
SIRAZETDINOV R.E., NEGASHEVA M.A., BONDAREVA E.A. Morphological Features as a Criteria for Sports Selection in Combat Sports	42
KRISWANTO E.S., SUNARDI J., SARI I.P.T.P., SUHARJANA F. Effect of Physical Activity and Haemoglobin Levels on Cardiorespiration	49
SEVOSTIANOVA M.S. Correlations Between Heart Rate Variability and Neurotic Symptoms in Athletes from Russian National Teams	57
PAVLOVA V.I., GIZINGER O.A., SEMCHENKO A.A., MAMILINA N.V., SARAYKIN D.A. Increasing the Adaptive Potential of University Students with Water Training	64
GRIBANOV A.V., KOTTSOVA O.N., ANIKINA N.Yu., PANKOV M.N., KORELSKAYA I.E. Seasonal Changes in Cerebral Metabolism in Young People from the Russian Arctic with Different Levels of Anxiety	73
MUTAEVA I.S., GERASIMOVA I.G., KHALIKOV G.Z. Bioimpedance Analysis of Age Changes in Body Composition	81
ABZALOV R.R., ABZALOV N.I., ABZALOV R.A. Sports Activity and Adaptation to Quickness of Movements and Speed Endurance	89
RAILYAN A.L., GALIEVA G.D., TOMILOVA E.A., KOLPAKOV V.V., BESPALOVA T.V. An Individual Type-Based Approach to Movement Regime in Overweight Women of Fertile Age	95
AVDEEVA M.S. Dynamics of Physical Development, Functional Status, Speed-Strength and Strength Qualities of Students During the First Year of Study	107
[ISAEV A.P.], ZALYAPIN V.I., SHEVTSOV A.V., KORABLEVA Yu.B., NENASHEV A.I., USHAKOV A.S. Control and Regulating Mechanisms of a Special Functional Motor System in Athletes During the Multiyear Training Period	115
MEHREZ A.M., SALESI M., KOUSHKIE M., AKBARZADEH M. Short-Term Diet Modification Can Moderate the Levels of Fatigue Indices in Tennis Players	127

SPORTS TRAINING

ZINCHENKO M.I., GULTYAEVA V.V., URYUMTSEV D.Yu., KRIVOSCHEKOV S.G. Exercise Addiction: a Literature Review	139
MOROZOV A.P. Importance of a Comprehensive Control of Athletic Fitness at the Initial and Training Stages	150
SHAHVALI Z., ABEDANZADEH R., MEHRAVAR M. The Effect of Balance Exercises Based on Active Video Games on Static and Dynamic Balance of Sedentary Female Students	156

GOLOVACHEV A.I., KOLYKHMATOV V.I., SHIROKOVA S.V. The Effect of Maximum Alactic Performance on Elite Cross-Country Female Skiers at Various Distances	166
---	-----

SPORT NUTRITION

FATKULLIN R.I., BOTVINNIKOVA V.V., KALININA I.V., NENASHEVA A.V., VASILEV A.K., NAUMENKO N.V. New Approaches to Plant Antioxidants for Sports Nutrition in the Covid-19 Pandemic	175
--	-----

REHABILITATION AND SPORT MEDICINE

SANKOVA M.V., NIKOLENKO V.N., VOVKOGON A.D., OGANESYAN M.V., GRIDIN L.A. Differentiated Approach to Sports Injury Prevention at Different Age Periods	185
KLESHCHUNOV S.S., NALOBINA A.N., BOBKOVA S.N., ERASKIN D.A. Rehabilitation of Persons with Traumatic Spinal Cord Injury	194

ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПОДГОТОВКИ СПОРТСМЕНОВ В г. ГОРНО-АЛТАЙСКЕ

Е.А. Чанчаева¹, В.С. Лапин¹, О.В. Кузнецова¹, Т.К. Куриленко¹, Р.И. Айзман^{2,3}

¹Горно-Алтайский государственный университет, г. Горно-Алтайск, Россия,

²Новосибирский государственный педагогический университет, г. Новосибирск, Россия,

³Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Цель исследования: оценить содержания тяжелых металлов (Cd, Pb, Cr, Cu, Mn, Fe) в волосах спортсменов 17–50 лет г. Горно-Алтайска. **Материалы и методы.** Методом атомно-абсорбционного спектрального анализа проводили оценку содержания микроэлементов (Cd, Pb, Cu, Cr, Mn, Fe) в волосах спортсменов г. Горно-Алтайска. **Результаты.** У 14 % обследованных спортсменов концентрация Cd в волосах превышает регламентированный показатель. Содержание в волосах Pb (у 60 % спортсменов), Cu (96 %), Cr (56 %), Mn (62 %), Fe (62 %) соответствует допустимым значениям. Концентрация Pb прямо пропорциональна возрасту обследованных спортсменов. Микроэлементный состав волос обследованных не зависит от пола и района, где проходят тренировочные занятия. **Заключение.** Независимо от района обследования во всех возрастно-половых группах у большей части спортсменов концентрация Cd и Cu соответствовала показателям нормы, более чем у третьей части обследованных концентрация Pb, Cr, Mn, Fe выходила за пределы верхней границы допустимого показателя.

Ключевые слова: тяжелые металлы, спортсмены, биоиндикация, волосы, атмосферный воздух, Горно-Алтайск.

Введение. При занятиях физической культурой и спортом благоприятное экологическое состояние атмосферного воздуха является одним из главных гигиенических требований [7, 10, 14]. Занятия физической культурой, сопровождаемые усиленной вентиляцией легких, в загрязненной среде способствуют интенсивному вдыханию поллютантов. Особенно актуальны вопросы экологического состояния воздушного бассейна тренировочных площадок для спортсменов, программа которых предусматривает аэробные нагрузки на открытом воздухе. Зачастую выполнение нагрузок осуществляется на участках вдоль магистралей автомобильных дорог, селитебных территориях с большой плотностью твердотопливных отопительных систем [7, 10]. Анализ содержания токсикантов в организме спортсменов необходим для оценки эколого-гигиенических условий, в которых реализуется тренировочная программа.

В Республике Алтай загрязнение атмосферного воздуха происходит главным образом за счет выбросов автомобильного транспорта, твердотопливных отопительных систем

[4, 6, 8]. По результатам расчета объем валовых выбросов загрязняющих веществ от различных источников в атмосферный воздух за год в г. Горно-Алтайске составляет около 9 тыс. т/год, из них за счет автомобильного транспорта – 49 %, за счет топливно-энергетических предприятий – 51 %. Объем пылевой нагрузки составляет 129 кг/км²/сут, максимальное содержание твердых частиц (ТЧ) в атмосферном воздухе – 5,7 мг/м³ [1], что значительно превышает допустимые значения (ПДК = 0,5 мг/м³) [5].

Известно, что разрушительное воздействие на здоровье оказывают частицы диаметром менее 2,5 микрон (\leq ТЧ_{2,5}), которые могут преодолевать аэрогематический барьер и попадать в кровеносную систему [2, 11, 12]. Среди наиболее токсичных веществ в составе ТЧ выделяют тяжелые металлы [11, 13]. По степени накопления тяжелых металлов различными тканями волосы отличаются повышенной кумулятивной способностью [5]. Цель исследования: оценить содержания тяжелых металлов (Cd, Pb, Cr, Cu, Mn, Fe) в волосах спортсменов 17–50 лет г. Горно-Алтайска.

Материал и методы. Оценивали степень аккумуляции тяжелых металлов различного класса токсичности (Cd, Pb, Cu, Cr, Mn, Fe) в организме спортсменов. В качестве биоиндикационного материала использовали эктодермальную ткань – волосы. Критериями отбора являлись: проживание в г. Горно-Алтайске (не менее 5 лет), натуральное состояние волос без воздействия химическими средствами (окрашивание, обесцвечивание, химическая завивка и др.), отсутствие вредной привычки табакокурения. Пряди волос от основания (прикорневая часть) длиной 1,5–3,5 см (мужчины), 10–15 см (женщины) отбирали с затылочной части головы, пробы обрабатывали ацетоном, промывали дистиллированной водой и высушивали на воздухе. Всего для анализа использовали образцы волос, взятые у 52 спортсменов, по 26 образцов в зависимости от пола, в том числе 20 образцов у юношей и девушек 17–21 года; 32 образца у мужчин и женщин 22–50 лет. Учитывали район тренировок: центральная (30 человек) и окраинная часть города (22 человека).

Пробоподготовку проводили методом мокрого озоления с использованием комплекса ТЭМОС-ЭКСПРЕСС (Томск). Содержание (Cd, Pb, Cu, Cr, Mn, Fe) определяли методом атомно-абсорбционного спектрального анализа («Квант-2», Москва). По результатам двух измерений каждого образца определяли среднее значение. Проверку нормальности распределения данных выполняли с помощью гистограмм по критерию χ^2 Пирсона. Для величин, распределение которых отличалось от нормального, указывали значение моды (Mo) и частоты моды. Степень согласованности переменных оценивали с помощью линейного коэффициента корреляции Пирсона (r).

Результаты. В результате исследования установили, что распределение показателей концентрации Cd в волосах спортсменов приближено к нормальному (рис. 1а) ($\chi^2 = 2,27$; $p = 0,13$), медианное значение составило 0,14 мг/кг. Концентрация Cd, превышающая биологически допустимое значение (0,25 мг/кг), выявлена у 14 % спортсменов. По данным литературы [3], кумуляция Cd в ткань волос возможна в результате абсорбции его поверхностью экзогенных химических реагентов, а также при эндогенном поступлении Cd в волос через кровь. Одним из возможных путей поступления Cd в организм является вдыхание токсиканта с атмосферным воздухом в

составе мелкодисперсных ТЧ_{2,5} [11]. Особенностью метаболизма Cd в организме является его крайне низкая экскреция тканью почек (0,001 %/сут). Известно, что накопление Cd в организме и его пролонгированный токсический эффект становится причиной нарушения функций сердечно-сосудистой системы (гипертония, гиперлипидемия, атеросклероз стенок сосудов) [3].

Из рис. 1б видно, что распределение показателей Pb не подчиняется закону нормального распределения ($\chi^2 = 41,1$; $p < 0,0001$), модальное значение концентрации Pb (Mo = 0,05 мг/кг (22)) соответствовало уровню значительно ниже регламентированного (3,0 мг/кг). Доля спортсменов, у которых данный показатель выходил за рамки допустимых величин (> 3,0 мг/кг), составила 40 %.

Свинец, как и кадмий, обладает высокой адгезивной способностью, легко попадает в составе ТЧ атмосферного воздуха в организм человека, при этом биодоступность Pb и Cd увеличивается с уменьшением размера ТЧ [11–13]. Результаты настоящего исследования позволяют предположить, что население республики подвергается пролонгированному воздействию Pb в дозах, которые не позволяют выявить признаки выраженного отравления, но в количествах, превышающих допустимые показатели настолько, чтобы вызывать нарушение механизмов гомеостаза. В Горно-Алтайске одним из вероятных путей поступления токсикантов в организм является вдыхание мелкодисперсных ТЧ от выбросов твердотопливных отопительных систем и выхлопов двигателей внутреннего сгорания. В условиях слабого самоочищения воздушного бассейна [6, 8] Горно-Алтайска особенно актуально снижение использования каменного угля и жидкого автомобильного топлива.

У 44 % спортсменов выявлено превышение предельной концентрации, регламентированной для Cr (1,8 мг/г) (рис. 1г). Используемый в нашем исследовании атомно-абсорбционный метод позволяет выявлять комплексную форму Cr (Cr^{3+} и Cr^{6+}), в которой токсичной является лишь Cr^{6+} .

Наиболее часто встречающееся значение Cu (Mo = 7,35 (35)) не превышало допустимой концентрации (25 мкг) (рис. 1в), лишь у 4 % спортсменов по данному показателю отмечалось отклонение от нормы (> 25,0 мг/кг). Концентрация микроэлементов, относящихся к третьему классу токсичности (Mn, Fe),

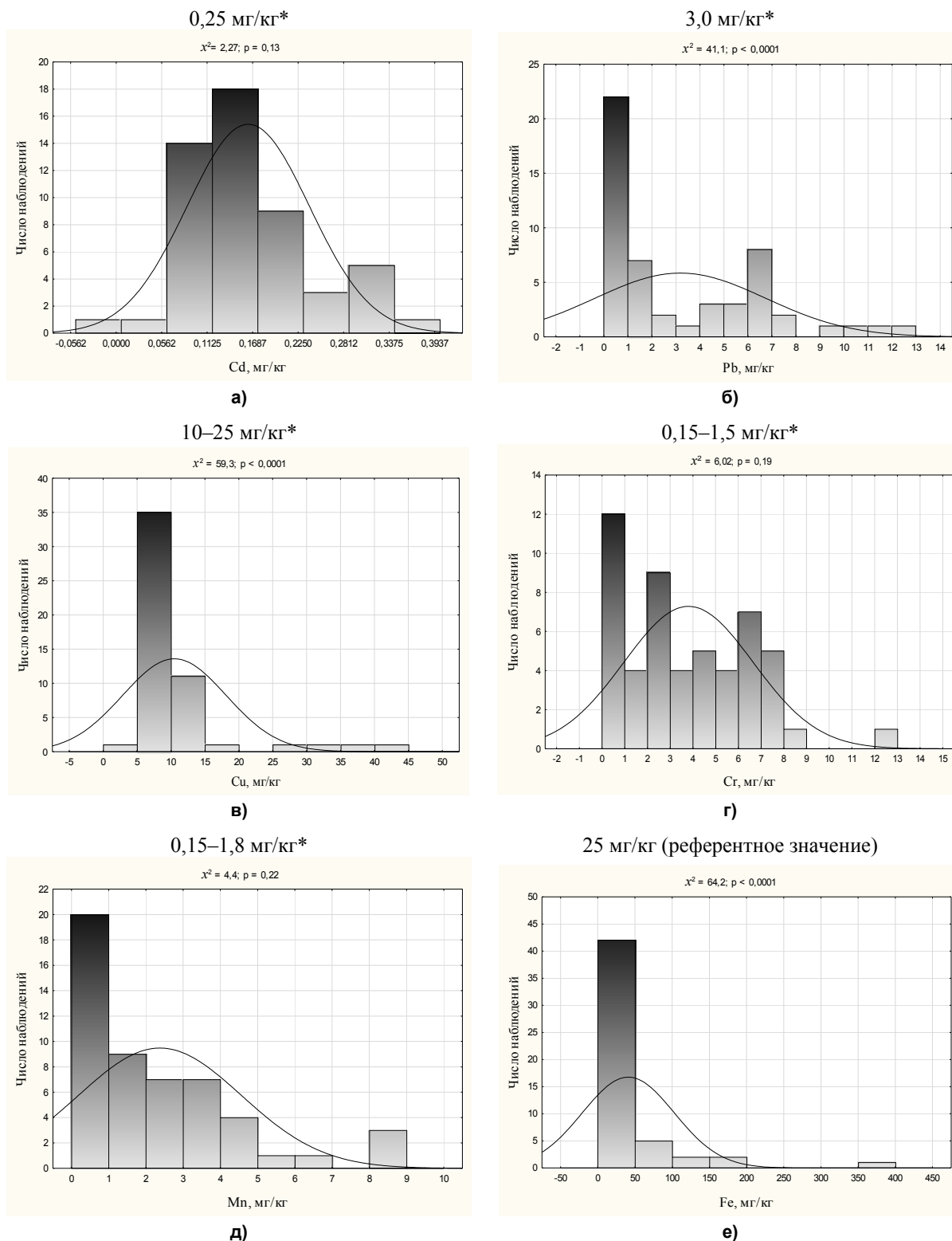


Рис. 1. Концентрация микроэлементов в волосах жителей Горно-Алтайска:
 * – биологически допустимый уровень мг/кг в волосах [5]
Fig. 1. Concentration of trace elements in the hair of residents of Gorno-Altaiisk:
 * – biologically acceptable level of mg/kg (hair) [5]

Корреляционная матрица микроэлементов волос спортсменов разного возраста, пола и района тренировочных занятий
Correlation matrix of microelements in the hair of athletes of different age, gender and area of training sessions

	Cd					
Pb	0,22	Pb				
Cu	-0,01	0,20	Cu			
Cr	0,40*	0,11	0,20	Cr		
Mn	0,22	-0,20	0,20	0,40*	Mn	
Fe	0,20	-0,30*	0,30*	0,50*	0,60*	Fe
Возраст / Age	0,20	0,40*	-0,20	0,20	-0,05	-0,10
Пол / Gender	-0,10	0,02	0,08	-0,10	0,11	-0,20
Район / Area	0,12	0,01	-0,16	-0,05	-0,25	0,12

Примечание: * – достоверные значения корреляции.
Note: * – significant correlations.

соответствовала допустимым значениям в 62 % случаев (рис. 1д, е). Так, модальный показатель Mn (Mo = 0,5 мг/кг (20)) значительно ниже предельного значения (1,8 мг/кг), относительно которого превышение среди спортсменов составило 38 %. При анализе данных литературы о степени накопления Fe в биоматрикссе волос установили, что концентрация Fe (Mo = 25 мг/кг (42)), выявленная у спортсменов Горно-Алтайска, не превышает диапазона показателей, полученных другими авторами [5], и характерна в данном количестве для эктодермальной ткани. Относительно полученного референтного значения концентрации Fe в волосах процент спортсменов с превышением данного показателя составил 38 %.

Анализ корреляционной матрицы показал, что концентрация микроэлементов в волосах спортсменов не зависела от их возраста, пола и района, где проходят тренировочные занятия (см. таблицу). Прослеживалась лишь закономерность во взаимосвязи концентрации Pb и возраста обследуемых: чем старше возраст спортсменов, тем выше концентрация Pb в исследуемых образцах волос ($r = 0,4$; $p < 0,05$). В целом у большей части спортсменов концентрация Cd и Cu не превышала значения биологически допустимого уровня, почти у третьей части обследованных концентрация Pb Cr, Mn, Fe выходила за пределы верхней границы допустимого показателя независимо от района во всех возрастно-половых группах. Корреляционные связи между металлами указывали на определенный микроэлементный статус спортсменов (см. таблицу). У спортсменов, у которых выявлена более высокая концентрация Cr, закономерно выше содержание Fe ($r = 0,5$), Mn ($r = 0,4$), Cd ($r = 0,4$).

Содержание в волосах Fe коррелировало с концентрацией Cu ($r = 0,3$) и Mn ($r = 0,6$) и Pb ($r = -0,3$).

Республика Алтай, по данным экологических служб [1], признается как экологически благоприятный регион. В то же время низкая продолжительность жизни [9], высокий процент смертности от онкозаболеваний и болезней системы кровообращения среди жителей республики оставляют открытым вопрос о причинах, провоцирующих неблагоприятную демографическую обстановку. По данным авторов [4, 6, 8], в административном центре Республики Алтай (г. Горно-Алтайск) даже на фоне низкой промышленной и демографической (63214 чел.) нагрузки из-за существующих источников загрязнения по состоянию атмосферного воздуха может складываться неблагоприятная экологическая ситуация. В настоящее время в литературе нет данных о фактическом количественном поступлении ТЧ от источников загрязнения в воздушный бассейн г. Горно-Алтайска и содержании в них тяжелых металлов, что требует дальнейшего исследования.

Заключение. У большей части спортсменов концентрация Cd и Cu не превышала значения биологически допустимого уровня, почти у третьей части обследованных концентрация Pb Cr, Mn, Fe выходила за пределы верхней границы допустимого показателя независимо от района во всех возрастно-половых группах. Для дальнейшего изучения эколого-гигиенических условий подготовки спортсменов Горно-Алтайска будет проведен анализ концентрации тяжелых металлов в твердых частицах воздушного бассейна территории города.

Литература

1. Доклад Автономного учреждения Республики Алтай «Алтайский региональный институт экологии» о состоянии и об охране окружающей среды Республики Алтай – http://altai-republic.ru/society/doklad_nature_2016.pdf (дата обращения: 14.05.2020).
2. Качество атмосферного воздуха и здоровье // ВОЗ. Информационный бюллетень. – 2 мая 2018. – [http://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](http://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (дата обращения: 14.04.2020).
3. Островская, С.С. Токсические эффекты кадмия / С.С. Островская // Вісник проблем біології і медицини. – 2014. – Т. 3, № 2. – С. 33–37.
4. Робертус, Ю.В. Элементный состав лишайника на шифере как биоиндикатор загрязнения атмосферы агломерации г. Горно-Алтайска / Ю.В. Робертус, Л.П. Рихванов, В.А. Ситникова // Известия Томского политехн. ун-та. Инжиниринг георесурсов. – 2018. – Т. 329, № 4. – С. 70–78.
5. Скальный, А.В. Химические элементы в гигиене и медицине окружающей среды / А.В. Скальный, А.Р. Грабеклис, М.Г. Скальная и др. – М.: РУДН, 2019. – 339 с.
6. Чанчаева, Е.А. Состояние атмосферного воздуха и здоровье детей в условиях возрастающей транспортной и теплоэнергетической нагрузки / Е.А. Чанчаева, О.В. Гвоздарева, А.Ю. Гвоздарев // Экология человека. – 2019. – № 11. – С. 12–19.
7. Carlisle, A.J. Exercise and outdoor ambient air pollution / A.J. Carlisle, C.C. Sharp // *Br. J. Sports Med.* – 2001. – Vol. 35, no. 4. – P. 214–222.
8. Chanchaeva, E.A. Problems of the health status of children and atmospheric air of Gorno-Altaiisk under the conditions of increasing transport load / E.A. Chanchaeva, M.G. Sukhova, S.S. Sidorov // *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* – 2019. – Vol. 395. – P. 1–5.
9. Danilova, I. A. Interregional inequality in life expectancy in Russia and its age cause of death components Social aspects of public health / I.A. Danilova // *Social Aspects of Population Health.* – 2017. – Vol. 57. – P. 3.
10. Meteorological conditions, climate change, new emerging factors, and asthma and related allergic disorders. A statement of the World Allergy Organization / G. D'Amato, S.T. Holgate, R. Pawankar et al. // *World Allergy Organ. J.* – 2015. – No. 8 (1). – P. 1–52.
11. Olumayede, E.G. Sequential Extractions and Toxicity Potential of Trace Metals Absorbed into Airborne Particles in an Urban Atmosphere of Southwestern Nigeria / E.G. Olumayede, T.F. Edigbonya // *Sci. World J.* – 2018. – Article ID 6852165. – P. 9.
12. Particle-Size Distribution and Bioaccessibility of Metals-Loaded in Street Dust of Urban Center in Southwest Nigeria / E.G. Olumayede, T.F. Edigbonya, C. Ojiodu, I. Oguntimehin // *Preprints.* – 2017. – <https://www.preprints.org/manuscript/201710.0109/v1>.
13. Phi, T.Ha. Elemental Concentrations in Roadside Dust Along Two National Highways in Northern Vietnam and the Health-Risk Implication / T. Ha. Phi, P.M. Chinh, D.D. Cuong // *Arch. Environ. Con. Tox.* – 2017. – Vol. 74. – P. 46–55.
14. Rundell, K.W. Effect of air pollution on athlete health and performance / K.W. Rundell // *Br. J. Sports Med.* – 2012. – No. 46 (6). – P. 407–412.

Чанчаева Елена Анатольевна, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры физического воспитания и спорта, физиологии и безопасности жизнедеятельности, Горно-Алтайский государственный университет. 649000, Республика Алтай, г. Горно-Алтайск, ул. Ленина, 1. E-mail: chan.73@mail.ru, ORCID: 0000-0001-5281-1145.

Лапин Виталий Сергеевич, мастер спорта России по дзюдо, старший преподаватель кафедры физического воспитания и спорта, физиологии и безопасности жизнедеятельности, Горно-Алтайский государственный университет. 649000, Республика Алтай, г. Горно-Алтайск, ул. Ленина, 1. E-mail: wit.lapin@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3351-2056.

Кузнецова Ольга Викторовна, старший преподаватель кафедры биологии и химии, заведующий химико-экологической лабораторией Естественно-географического факультета, Горно-Алтайский государственный университет. 649000, Республика Алтай, г. Горно-Алтайск, ул. Ленина, 1. E-mail: kuznecova04ru@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7321-0824.

Куриленко Татьяна Калауиденовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и химии Естественно-географического факультета, проректор по учебной работе, Горно-Алтайский государственный университет. 649000, Республика Алтай, г. Горно-Алтайск, ул. Ленкина, 1. E-mail: kurilenko5045@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-7527-8686.

Айзман Роман Иделевич, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности, Новосибирский государственный педагогический университет. 630126, г. Новосибирск, ул. Вилюйская, 28; научный сотрудник, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: aizman.roman@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-7776-4768.

Поступила в редакцию 26 октября 2021 г.

DOI: 10.14529/hsm210401

ASSESSMENT OF ECOLOGICAL AND HYGIENIC CONDITIONS OF TRAINING IN GORNO-ALTAISK

E.A. Chanchaeva¹, chan.73@mail.ru, ORCID: 0000-0001-5281-1145,

V.S. Lapin¹, wit.lapin@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3351-2056,

O.V. Kuznecova¹, kuznecova04ru@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7321-0824,

T.K. Kurilenko¹, kurilenko5045@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-7527-8686,

R.I. Ajzman^{2,3}, aizman.roman@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7776-4768>

¹Gorno-Altai State University, Gorno-Altai, Russian Federation,

²Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russian Federation,

³South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

Aim. The purpose of the study is to evaluate the content of heavy metals (Cd, Pb, Cr, Cu, Mn, Fe) in the hair of athletes aged 17–50 years in Gorno-Altai. **Materials and methods.** The content of trace elements (Cd, Pb, Cu, Cr, Mn, Fe) in the hair of athletes was assessed with atomic absorption spectroscopy. **Results.** In 14 % of athletes, hair concentration of Cd exceeds normal values. The concentration of Pb (in 60 % of athletes), Cu (96 %), Cr (56 %), Mn (62 %), Fe (62 %) corresponds to acceptable values. The Pb concentration is directly proportional to the age of the person. Hair microelement content does not depend on the gender and area where training sessions are held. **Conclusion.** Regardless of region, age and gender, the majority of athletes had Cd and Cu concentrations that did not exceed the acceptable level. More than a third of athletes had Pb, Cr, Mn, and Fe concentrations above the upper limit of normal range.

Keywords: heavy metals, athletes, bioindication, hair, atmospheric air, Gorno-Altai.

References

1. Report of the Autonomous Institution of the Altai Republic Altai Regional Institute of Ecology on the State and Environmental Protection of the Altai Republic in 2016. Available at: http://altai-republic.ru/society/doklad_nature_2016.pdf (accessed 4.05.2020)

2. Air Quality and Health. A Newsletter of the World Health Organization. 2018. Available at: [http://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](http://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (accessed 14.04.2020).

3. Ostrovskaya S.S. [Toxic Effects of Cadmium]. *Vestnik problem biologii i medicini* [Bulletin of Problems of Biology and Medicine], 2014, vol. 3, no. 2, pp. 33–37. (in Russ.)

4. Robertus Yu.V., Rihvanov L.P., Sitnikova V.A. [The Elemental Composition of Lichen on Roofing Slate as a Bioindicator of Atmospheric Pollution in Gorno-Altai]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov* [Proceedings of Tomsk Polytechnic University. Engineering of Geo Resources], 2018, no. 4 (329), pp. 70–78. (in Russ.)
5. Skalny A.V., Grabeklis A.R., Skalnaya M.G. et al. *Khimicheskie elementy v gigiene i meditsine okruzhaiushchei sredy* [Chemical Elements in Environmental Hygiene and Medicine]. Moscow, RUDN Publ., 2019. 339 p.
6. Chanchaeva E.A., Gvozdareva O.V., Gvozdarev A.Yu. [The State of Atmospheric Air and Children's Health in Conditions of Increasing Transport and Heat and Power Load]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology], 2019, no. 11, pp. 12–19. (in Russ.) DOI: 10.33396/1728-0869-2019-11-12-19
7. Carlisle A.J. Exercise and Outdoor Ambient Air Pollution. *Br. J. Sports Med.*, 2001, vol. 35, no. 4, pp. 214–222. DOI: 10.1136/bjism.35.4.214
8. Chanchaeva E.A., Sukhova M.G., Sidorov S.S. Problems of the Health Status of Children and Atmospheric Air of Gorno-Altai Under the Conditions of Increasing Transport Load. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, 2019, vol. 395, pp. 1–5. DOI: 10.1088/1755-1315/395/1/012004
9. Danilova I.A. Interregional Inequality in Life Expectancy in Russia and its Age and Cause of Death Components Social Aspects of Public Health. *Social Aspects of Population Health*, 2017, vol. 57, p. 3. DOI: 10.21045/2071-5021-2017-57-5-3
10. D'Amato G., Holgate S.T., Pawankar R. et al. Meteorological Conditions, Climate Change, New Emerging Factors, and Asthma and Related Allergic Disorders. A Statement of the World Allergy Organization. *World Allergy Organ. J.*, 2015, no. 8 (1), pp. 1–52. DOI: 10.1186/s40413-015-0073-0
11. Olumayede E.G., Ediagbonya T.F. Sequential Extractions and Toxicity Potential of Trace Metals Absorbed into Airborne Particles in an Urban Atmosphere of Southwestern Nigeria. *Sci. World J.*, 2018, p. 9. DOI: 10.1155/2018/6852165
12. Olumayede E.G., Ediagbonya T.F., Ojiodu C., Oguntimehin I. Particle-Size Distribution and Bioaccessibility of Metals-Loaded in Street Dust of Urban Center in Southwest Nigeria. *Preprints*, 2017. Available at: <https://www.preprints.org/manuscript/201710.0109/v1>. DOI: 10.20944/preprints201710.0109.v1
13. Phi T.H., Chinh P.M., Cuong D.D. Elemental Concentrations in Roadside Dust Along Two National Highways in Northern Vietnam and the Health-Risk Implication. *Arch. Environ. Con. Tox.*, 2017, vol. 74, pp. 46–55. DOI: 10.1007/s00244-017-0477-7
14. Rundell K.W. Effect of Air Pollution on Athlete Health and Performance. *Br. J. Sports Med.*, 2012, no. 46 (6), pp. 407–412. DOI: 10.1136/bjsports-2011-090823

Received 26 October 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Оценка эколого-гигиенических условий подготовки спортсменов в г. Горно-Алтайске / Е.А. Чанчаева, В.С. Лапин, О.В. Кузнецова и др. // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 7–13. DOI: 10.14529/hsm210401

FOR CITATION

Chanchaeva E.A., Lapin V.S., Kuznecova O.V., Kurilenko T.K., Ajzman R.I. Assessment of Ecological and Hygienic Conditions of Training in Gorno-Altai. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 4, pp. 7–13. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210401

КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ СВЯЗИ МЕЖДУ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО МЕТАБОЛИЗМА И МИКРОНУТРИЕНТАМИ С АНТИОКСИДАНТНЫМ СПЕКТРОМ ДЕЙСТВИЯ У ВЗРОСЛЫХ НЕКОРЕННЫХ ЖИТЕЛЕЙ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

Л.Н. Бикбулатова¹, В.И. Корчин², Т.Я. Корчина²

¹Салехардская окружная клиническая больница, г. Салехард, Россия,

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

Цель: изучить корреляционные связи между показателями окислительного метаболизма и обеспеченностью организма взрослых некоренных жителей Севера витаминами А, Е, С и биоэлементами селеном и цинком. **Материалы и методы.** Обследовано 86 взрослых некоренных жителей Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО): 35 мужчин и 51 женщина (38,3 ± 9,6 года). В сыворотке крови при помощи тест-наборов определяли продукты перекисного окисления липидов (ПОЛ): гидроперекиси липидов (ГПл), тиобарбитуровой кислоты активные продукты (ТБК-АП) и показатели антиоксидантной системы (АОС): общую антиоксидантную активность (ОАА), тиоловый статус (ТС), витамин С; флуориметрическим методом выявляли содержание витаминов А и Е в крови; в волосах методами АЭС и МС определяли содержание Se и Zn. **Результаты.** Установлено превышение средних значений ГПл и ТБК-АП и повышенный их уровень почти у трети обследованных лиц. Средние величины показателей АОС находились ближе к нижней границе нормы, а показатель концентрации витамина Е – меньше ее. Дефицит исследуемых компонентов АОС различной степени выраженности выявлен в 7–49 % наблюдений. Установлены прямые значимые корреляционные связи между витаминами А, Е, С, биоэлементами Se, Zn, с одной стороны, и ОАА и ТС – с другой стороны ($r = +0,711 \dots +0,523$), а также обратные взаимосвязи в данными показателями и ГПл и ТБК-АП ($r = -0,659 \dots -0,458$). **Заключение.** Выявленные нами значимые взаимосвязи между показателями ПОЛ и АОС указывают на: 1) прямую зависимость антиоксидантной защиты организма от обеспеченности витаминами и биоэлементами с антиоксидантным спектром действия; 2) возможность восполнения антиокислительных резервов организма при помощи оптимизации питания и дополнительного приема витаминов и биоэлементов в виде биологически активных добавок к пище.

Ключевые слова: северный регион, окислительный метаболизм, витамины-антиоксиданты, селен, цинк.

Введение. Ямало-Ненецкий автономный округ (ЯНАО) находится на севере Тюменской области и относится к АЗРФ. Большая часть территории ЯНАО находится за полярным кругом, а климат округа сформирован под воздействием вечной мерзлоты, приближенностью очень холодного Карского моря, большим количеством рек, озер, болот и пр. К климатическим особенностям ЯНАО относятся: продолжительная холодная зима (до 8 месяцев) и прохладное недолгое лето; ощутимые различия влажности воздуха, температуры и атмосферного давления; магнитные возмущения; дефицит инсоляции; резкий ветровой режим и др. Постоянное пребывание человека в подобных условиях климата может

явиться причиной развития всевозможных заболеваний [8, 9, 12].

В патогенезе комбинированного влияния на человеческий организм неблагоприятных факторов среды обитания и условий функционирования физиологических систем есть совокупный механизм – избыточная продукция свободных радикалов [1, 3].

Система антиоксидантной защиты организма включает в себя несколько линий: первую составляют витамины-антиоксиданты. К неферментативному ее звену относятся витамины А, Е и С, препятствующие активации свободно-радикального окисления (СРО), повышение напряженности которого в организме человека отмечается в условиях северных

регионов [4]. Вторая линия АОС представлена ферментами: глутатионпероксидазой, супероксиддисмутазой, каталазой, оксиредуктазой и пр., в активный центр которых входят микроэлементы Se, Zn и др. Поэтому очевидный интерес вызывало исследование показателей ПОЛ, АОС, обеспеченности организма витаминами и биоэлементами, обладающими антиоксидантным спектром действия, у взрослого некоренного населения Ямало-Ненецкого автономного округа, составляющего его подавляющее большинство.

Цель исследования: изучить корреляционные связи между показателями окислительного метаболизма и обеспеченностью организма взрослых некоренных жителей Севера витаминами А, Е, С и биоэлементами селеном и цинком.

Материалы и методы исследования. Обследовано 86 жителей ЯНАО, более 10 лет живущих в условиях Севера. Из них 35 (40,7 %) мужчин и 51 (59,3 %) женщина. Средний возраст – $38,3 \pm 9,6$ года.

Во взятой утром натощак сыворотке крови устанавливали содержание продуктов ПОЛ: гидроперекисей липидов (ГПл) и тиобарбитуровой кислоты активных продуктов (ТБК-АП) при помощи тест-наборов (BCM Diagnostics, Германия; «АГАТ», Россия). Оценка показателей АОС включала определение общей антиокислительной активности (ОАА) и тиолового статуса (ТС) с применением тест-наборов (Cayman Chemical, Immundiagnostik AG, Германия).

Концентрацию в крови витаминов А и Е выявляли флуорометрическим методом («Флюорат 02-АБЛФ», Россия). Определение содержания аскорбиновой кислоты в крови осуществляли тест-наборами (Immundiagnostik AG, Германия). Полученные результаты сравнивали с физиологически адекватными значениями.

С целью изучения обеспеченности организма селеном (Se) и цинком (Zn) использовали определение их в волосах методами атомно-эмиссионной спектроскопии и масс-спектрометрии. В Центре биотической медицины (Москва) проводили подготовку биологического субстрата соответственно требованиям МУК 4.1.1482–03, МУК 4.1.1483–03 и определяли концентрацию биоэлементов на спектрометре Optima 2000 DV (PerkinElmer, США) и ELAN 9000 (PerkinElmer-SCIEX, Ка-

нада). Полученные значения сопоставляли с референтными значениями [10].

Настоящее исследование проводилось в строгом соответствии с требованиями биомедицинской этики.

Полученный цифровой материал был статистически обработан с применением программ MICROSOFT EXSEL и Statistica 13.0. Определение типа распределения осуществляли при помощи критерия Шапиро – Уилка. При параметрическом распределении количественных показателей использовали среднее арифметическое (M), среднеквадратичное отклонение (σ), минимальное (min) и максимальное (max) значения. В случае непараметрического распределения высчитывали Q25 и Q75. Для определения корреляционных взаимосвязей между изучаемыми показателями использовали коэффициент корреляции Спирмена. Достоверными считали различия при $p < 0,05$.

Результаты исследования. Доказано, что эколого-климатические условия Севера предъявляют высокие требования к сохранению гомеостаза человеческого организма и значимо воздействуют на его функционирование. Это в полной мере можно отнести к окислительно-восстановительному метаболизму, результаты исследования которого у взрослых некоренных жителей ЯНАО представлены в табл. 1.

Установлено, что средние величины ПОЛ – ГПл и ТБК-АП – оказались больше верхнего предела адекватных величин как по значению среднего арифметического (M), так и по величине медианы (Me).

При этом оптимальные величины ГПл и ТБК-АП были выявлены только у 59 (68,5 %) и 58 (67,4 %) обследованных лиц соответственно, в то время как почти у трети из них было обнаружено повышение этих показателей концентрации в сыворотке крови (табл. 2). Напротив, средние значения показателей АОС (ОАА и ТС) находились в амплитуде референтных величин, но граничили с нижним их пределом. Важно отметить, что средние значения витаминов-антиоксидантов А и С соответствовали физиологически оптимальным величинам, в то время как показатели содержания токоферола в крови были ниже минимально допустимого уровня.

У большей части обследованных лиц округа было установлено физиологически адек-

Физиология

ватное содержание витамина А в сыворотке крови, у 3 (3,5 %) пациентов – избыточное его содержание и только у 6 (7,0 %) пациентов обнаружен неглубокий его дефицит.

Совершенно по-другому выглядела картина обеспеченности токоферолом обследованных лиц из числа взрослого пришлого населения Севера: более чем у половины из обследованных лиц установлена адекватная концентрация данного витамина в крови, а у оставшихся 42 (48,8 %) пациентов был зарегистрирован его дефицит различной степени

выраженности. Примерно у 2/3 взрослых пришлых жителей ЯНАО было обнаружено оптимальное содержание аскорбиновой кислоты в крови, а у 1/3 – пониженное ее содержание умеренной степени (см. табл. 1, 2).

Средние значения концентрации жизненно важных микроэлементов Se и Zn в волосах обследованных лиц северной территории соответствовали физиологической норме, но находились значимо ближе к нижней ее границе. Оптимально обеспечены Se оказались только 49 (57,0 %) взрослых некоренных

Таблица 1
Table 1

Показатели окислительно-восстановительного метаболизма
взрослого некоренного населения Ямало-Ненецкого автономного округа
Redox metabolism of non-indigenous YNAD residents
(n = 86)

Показатель Parameter	Физиологически оптимальные значения Normal values	M ± σ	Me	min↔max
Показатели перекисного окисления липидов (ПОЛ), мкмоль/л Lipid peroxidation products, umol/l				
ГПл / LOOH	225–450	459,7 ± 45,1	452,8	389↔596
ТБК-АП / ТВА-РР	2,2–4,8	5,16 ± 0,37	5,09	3,8↔6,75
Показатели антиоксидантной системы (АОС) Antioxidant system (AOS)				
ОАА, ммоль/л / ТАА, mmol/l	0,5–2,0	0,94 ± 0,06	0,92	0,41↔1,23
ТС, мкмоль/л / TS, umol/l	430–660	489,1 ± 20,8	482,5	310↔524
Витамин А, мкг/мл Vitamin A, mcg/ml	0,3–0,8	0,72 ± 0,07	0,73	0,27↔0,82
Витамин Е, мкг/мл Vitamin E, mcg/ml	5–18	4,48 ± 0,56	0,45	3,29↔6,71
Витамин С, мкг/мл Vitamin C, mcg/ml	4–20	7,12 ± 0,83	7,44	3,35↔9,21
Биоэлемент / Bioelement	Референтные величины Reference values	M ± σ	Me	Q25↔ Q75
Se, мкг/г / Se, mcg/g	0,2–2,0	0,43 ± 0,02	0,45	0,22↔0,76
Zn, мкг/г / Zn, mcg/g	140–500	173 ± 14,6	176	128↔239

Таблица 2
Table 2

Распределение обследованных лиц по уровням биохимических показателей
у взрослого некоренного населения Ямало-Ненецкого автономного округа (абс. / %)
Biochemical profile of non-indigenous YNAD residents (abs. / %)
(n = 86)

Показатель / Parameter	Уровень / Level		
	оптимальный / normal	повышенный / increased	пониженный / reduced
ГПл / LOOH	59/68,5	27/31,4	–
ТБК-АП / ТВА-РР	58/67,4	28/32,6	–
ОАА / ТАА	58/67,4	–	28/32,6
ТС / TS	56/65,1	–	30/34,9
Витамин А / Vitamin A	77/89,5	3/3,5	6/7,0
Витамин Е / Vitamin E	44/51,2	–	42/48,8
Витамин С / Vitamin C	57/66,3	–	29/33,7
Se	49/57,0	–	37/43,0
Zn	66/76,7	2/2,3	18/21,0

жителей ЯНАО, в то время как у 37 (43,0 %) было выявлено недостаточное содержание элемента в образцах волос. Относительно лучше были обеспечены Zn обследованные лица северного региона: физиологически адекватные его значения характеризовали элементный статус 66 (76,7 %) взрослых пришлых жителей ЯНАО, в то время как в 2 (2,3 %) случаях был выявлен его избыток, а в 18 (21,0 %) – недостаток (см. табл. 1, 2). С учетом участия витаминов-антиоксидантов и биоэлементов Se и Zn в многокомпонентной системе антиоксидантной защиты организма были изучены взаимосвязи между параметрами ПОЛ и АОС, с одной стороны, и витаминами А, Е, С, Se, Zn – с другой стороны у взрослых пришлых жителей Севера (табл. 3). Первая линия антиоксидантной защиты организма человека представлена мобильными молекулами витаминов-антиоксидантов, что нашло свое отражение в прямых значительных корреляционных связях между ОАА и витаминами-антиоксидантами: витамин А ↔ ОАА ($r = +0,679$), витамин Е ↔ ОАА ($r = +0,706$), витамин С ↔ ОАА ($r = +0,523$) и витамин Е ↔ ТС ($r = +0,634$). Токоферол является главным антиоксидан-

том клеточных мембран: он действует эффективнее витамина С в защите последних от агрессивного воздействия свободных радикалов.

Известно, что среди множества природных антиоксидантов мембранно-стабилизирующая роль витамина Е считается наиболее выраженной [4, 13].

Физиологическое действие α -токоферола предполагает нейтрализацию пероксидного радикала путем передачи атома водорода на него с молекулы витамина Е. Это нашло подтверждение в наличии обратных значительных взаимоотношений между токоферолом и продуктами ПОЛ: витамин Е ↔ ГПл ($r = -0,659$), витамин Е ↔ ТБК-АП ($r = -0,468$) (см. табл. 3). Однако в результате этого α -токоферол утрачивает свои антиоксидантные свойства, для регенерации которых необходим витамин С [7]: витамин Е ↔ витамин С ($r = +0,529$).

Витамин А проявляет свойства антиоксиданта прямого действия благодаря наличию в молекуле сочлененной двойственной связи, которая обеспечивает поддержку прочности мембран клеток и блокирование инициации ПОЛ, что нашло свое отражение в обратных

Таблица 3
Table 3

Корреляционные связи между показателями окислительного метаболизма и обеспеченностью организма витаминами и биоэлементами с антиоксидантным спектром действия у взрослого некоренного населения Ямало-Ненецкого автономного округа
Correlations between oxidative metabolism and the concentrations of vitamins A, E, C, selenium and zinc in non-indigenous YNAD adults

Показатель Parameter	Коэффициент корреляции Correlation coefficient	P-level
Витамин А ↔ ОАА / Vitamin A ↔ TAA	+0,679	0,002
Витамин Е ↔ ОАА / Vitamin E ↔ TAA	+0,706	0,001
Витамин С ↔ ОАА / Vitamin C ↔ TAA	+0,523	0,039
Витамин Е ↔ ТС / Vitamin E ↔ TS	+0,634	0,003
Витамин Е ↔ ГПл / Vitamin E ↔ LOOH	-0,659	0,002
Витамин Е ↔ ТБК-АП / Vitamin E ↔ TBA-RP	-0,468	0,039
Витамин А ↔ ГПл / Vitamin A ↔ LOOH	-0,514	0,042
Витамин А ↔ ТБК-АП / Vitamin A ↔ TBA-RP	-0,587	0,029
Витамин Е ↔ витамин А / Vitamin E ↔ vitamin A	+0,541	0,038
Витамин Е ↔ витамин С / Vitamin E ↔ vitamin C	+0,529	0,042
Витамин Е ↔ Se / Vitamin E ↔ Se	+0,738	< 0,001
Se ↔ ОАА / Se ↔ TAA	+0,711	< 0,001
Se ↔ ТС / Se ↔ TS	+0,641	0,003
Se ↔ ГПл / Se ↔ LOOH	-0,582	0,031
Se ↔ ТБК-АП / Se ↔ TBA-RP	-0,519	0,040
Zn ↔ ОАА / Zn ↔ TAA	+0,671	0,002
Zn ↔ ТС / Zn ↔ TS	+0,578	0,031
Zn ↔ ГПл / Zn ↔ LOOH	-0,517	0,035
Zn ↔ ТБК-АП / Zn ↔ TBA-RP	-0,481	0,043
витамин А ↔ Zn / Vitamin A ↔ Zn	+0,578	0,027

взаимосвязях: витамин А ↔ ГПл ($r = -0,514$) и витамин А ↔ ТБК-АП ($r = -0,587$). Обращает на себя внимание синергизм действия двух жирорастворимых витаминов-антиоксидантов А и Е [1, 3]: витамин Е ↔ витамин А ($r = +0,541$).

Витамин С является низкомолекулярным водорастворимым антиоксидантом, содержащим в своей молекуле две фенольные группы. Это предопределяет участие аскорбиновой кислоты в окислительно-восстановительных процессах в качестве донора и акцептора водорода. Данный витамин уменьшает содержание свободных радикалов кислорода и восстанавливает не только активную форму витамина Е, но и окисленного глутатиона [2]. В АОС организма человека особенное место занимает глутатион-энзимный компонент, включающий в себя глутатион, глутатионпероксидазу, глутатион-S-трансферазу, глутатионредуктазу [6]. Антиоксидантный фермент глутатионпероксидаза имеет в своей молекуле 4 составляющие, которые содержат Se в ее активном центре [11].

Доказана тесная функциональная взаимосвязь главного жирорастворимого витамина-антиоксиданта Е и одного из самых значимых микроэлементов, входящего в состав антиоксидантных ферментов – Se [5, 14], действующих синергически в защите клеточных мембран от разрушения активными формами кислорода и липопероксидами, что нашло отражение в нашем исследовании в виде сильной прямой корреляционной связи: витамин Е ↔ Se ($r = +0,738$). Статус Se как мощнейшего антиоксиданта подтверждается прямыми значительными взаимосвязями с соответствующими показателями АОС: Se ↔ ОАА ($r = +0,711$), Se ↔ ТС ($r = +0,641$) и обратными – с показателями ПОЛ: Se ↔ ГПл ($r = -0,582$), Se ↔ ТБК-АП ($r = -0,519$) (см. табл. 3).

Помимо Se в состав ферментативного звена АОС входит Zn, являющийся составной частью ключевого антиоксидантного фермента супероксиддисмутазы [14]. Данный биоэлемент потенцирует стабилизацию цитоплазматических мембран, поврежденных пероксидными радикалами, и блокирует всасывание химических элементов, обладающих прооксидантным действием, что засвидетельствовано прямыми значимыми корреляционными связями между обеспеченностью организма обследованных лиц ЯНАО Zn и показателями ОАА, с одной стороны: Zn ↔ ОАА

($r = +0,671$), Zn ↔ ТС ($r = +0,578$) и обратными взаимосвязями с результатами исследования уровня продуктов ПОЛ – с другой: Zn ↔ ГПл ($r = -0,517$), Zn ↔ ТБК-АП ($r = -0,484$).

Аналогично витамину Е и Se, установлено тесное физиологическое взаимодействие между антиоксидантами: витамином А и эссенциальным микроэлементом Z, которые усиливают всасывание друг друга и потенцируют функциональную активность, что отражено выявленной в нашем исследовании прямой взаимосвязью: витамин А ↔ Zn – $r = +0,578$ (см. табл. 3).

Выводы:

1. У взрослого некоренного населения ЯНАО содержание ГПл и ТБК-АП оказалось выше максимальной физиологически допустимой границы, а почти у трети обследованных лиц установлен повышенный их уровень в сыворотке крови.

2. Показатели антиоксидантной активности: ОАА, ТС, витамин С, Se и Zn находились в диапазоне референтных значений, но ближе к нижнему их пределу, в то время как среднее значение концентрации витамина Е в сыворотке крови было меньше нижней границы нормы.

3. Пониженный уровень обеспеченности антиоксидантами различной степени выраженности был установлен в пределах 7–49 % наблюдений.

4. Выявленные нами значимые корреляционные взаимосвязи между показателями окислительно-восстановительного метаболизма указывают, во-первых, на прямую зависимость показателей системы антиоксидантной защиты организма от обеспеченности витаминами и биоэлементами, обладающими антиоксидантными свойствами, во-вторых, на допустимость компенсации антиоксидантных ресурсов организма человека посредством совершенствования пищевых рационов и дополнительного их приема в виде биологически активных добавок к пище.

Литература

1. Колесникова, Л.И. Свободнорадикальное окисление: взгляд патофизиолога / Л.И. Колесникова, М.А. Даренская, С.И. Колесников // Бюл. сибир. медицины. – 2017. – № 16 (4). – С. 6–29.

2. Корчина, Т.Я. Анализ глутатионового звена антиоксидантной системы защиты у

мужчин северного региона с различным уровнем антропогенной нагрузки / Т.Я. Корчина, В.И. Корчин // *Технологии живых систем.* – 2019. – Т. 16, № 2. – С. 44–51. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-9-831-834

3. Мартусевич, А.К. Антиоксидантная терапия: современное состояние, возможности и перспективы / А.К. Мартусевич, К.А. Карузин, А.С. Самойлов // *Биорадикалы и антиоксиданты.* – 2018. – Т. 5, № 1. – С. 5–23.

4. Потолицына, Н.Н. Витаминный статус жителей Европейского Севера России и его зависимость от географической широты / Н.Н. Потолицына, Е.Р. Бойко // *Журнал мед.-биол. исследований.* – 2018. – Т. 6, № 4. – С. 376–386.

5. Селеновый статус жителей Хабаровского края 2018 г. / Ю.Г. Ковальский, Н.А. Голубкина, Т.Т. Папазян и др. // *Микроэлементы в медицине.* – 2019. – Т. 20, № 3. – С. 45–53. DOI: 10.19112/2413-6174-2019-20-3-45-53

6. Толпыгина, О.А. Роль глутатиона в системе антиоксидантной защиты (обзор) // *Бюл. ВСНЦ СО РАМН.* – 2012. – Т. 84, № 2. – С. 178–180.

7. Ших, Е.В. Роль аскорбиновой кислоты и токоферола в профилактике и лечении заболеваний с точки зрения доказательной медицины / Е.В. Ших, А.А. Махова // *Терапевт. архив.* – 2015. – Т. 87, № 4. – С. 98–102.

8. Щербакова, А.С. Фактор климата в жизнедеятельности северян: объективные данные и субъективные оценки / А.С. Щербакова // *Экология человека.* – 2019. – № 7. – С. 24–32. DOI: 10.33396/1728-0869-2019-7-24-32.

9. Daanen, H.A.M. Human whole body cold adaptation / H.A.M. Daanen, W.D.V.M. Lichtenbelt // *Temperature.* 2016. – Vol. 3, no. 1. – P. 104–118.

10. Hair concentration of essential trace elements in adult non-exposed Russian population / A.V. Skalny, M.G. Skalnaya, A.A. Tinkov et al. // *Environmental monitoring and assessment.* – 2015. – Vol. 87 (11). – P. 1–8.

11. Halliwell B. Free radicals and antioxidants: updating a personal view / B. Halliwell // *Nutr. Rev.* – 2012. – Vol. 70 (5). – P. 257–265.

12. Nifontova, O.L. Anthropomorphic measurement of middle-school age children living in Northern territory / O.L. Nifontova, K.S. Konkova, A.V. Nagovitsin // *American Scientific Journal.* – 2017. – Vol. 15 (1). – P. 33–36.

13. Schmolz, L. Complexity of vitamin E metabolism / L. Schmolz // *World J Biol Chem.* – 2016. – Vol. 7 (1). – P. 14.

14. Selenium, Zink, Copper, and Total Antioxidant Status in the Serum of Patients with Chronic Tonsillitis / M. Michlska-Mosiej, K. Socha, J. Soroczynska et al. // *Biol. Trace Elem. Res.* – 2016. – Vol. 173 (1). – P. 30–34.

Бикбулатова Людмила Николаевна, заведующий лабораторным отделением, Салехардская окружная клиническая больница, 629001, г. Салехард, ул. Мира, 9. E-mail: bik-lud@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1711-6259>.

Корчин Владимир Иванович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой нормальной и патологической физиологии, Ханты-Мансийская государственная медицинская академия, 628011, г. Ханты-Мансийск, ул. Мира, 40. E-mail: vikhmgmi@mail.ru, ORCID: 0000-0002-1818-7550.

Корчина Татьяна Яковлевна, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры анестезиологии-реаниматологии, скорой медицинской помощи и клинической токсикологии, Ханты-Мансийская государственная медицинская академия, 628011, г. Ханты-Мансийск, ул. Мира, 40. E-mail: t.korchina@mail.ru, ORCID: 0000-0002-2000-4928.

Поступила в редакцию 30 сентября 2021 г.

CORRELATION BETWEEN OXIDATIVE METABOLISM AND MICRONUTRIENTS WITH ANTIOXIDANT ACTIVITY IN YAMALO-NENETS AUTONOMOUS DISTRICT ADULTS

L.N. Bikbulatova¹, bik-lud@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-1711-6259,

V.I. Korchin², vikhmgmi@mail.ru, ORCID: 0000-0002-1818-7550,

T.Ya. Korchina², t.korchina@mail.ru, ORCID: 0000-0002-2000-4928

¹Salekhard Regional Clinical Hospital, Salekhard, Russian Federation,

²Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, Russian Federation

Aim. The paper aims to identify the correlations between oxidative metabolism and the concentrations of vitamins A, E, C, selenium and zinc in non-indigenous adults of the Yamalo-Nenets Autonomous District (YNAD). **Materials and methods.** 86 non-indigenous YNAD residents were examined (35 males and 51 females, 38.3 ± 9.6 years). Blood lipid peroxidation products were identified with test kits: lipid hydroperoxides (LOOH), thiobarbituric acid-reactive products (TBA-RP) and antioxidant system (AOS) profile, including total antioxidant activity (TAA), thiol status (TS), vitamin C levels. Serum vitamins A and E were measured by the fluorometric method. Se and Zn contents in hair were determined by the atomic emission spectroscopy and mass spectrometry methods. **Results.** Increased levels of LOOH and TBA-RP were found in almost a third of cases. The average values of AOS components were closer to the lower limit of normal, while the vitamin E level was below it. The deficiency of AOS components of varying severity was found in 7–49 % of cases. Significant direct correlations were identified between vitamins (A, E, C) and trace elements (Se, Zn), on the one hand, and TAA and TS, on the other hand ($r = +0.711 \dots +0.523$). Moreover, inverse relationships were found between these indicators with LOOH and TBA-RP levels ($r = -0.659 \dots -0.458$). **Conclusion.** Significant correlations between LOOH and AOS values indicate: 1) a direct dependence of antioxidant defense on antioxidant vitamins and trace elements; 2) the prospects for improving antioxidant reserves through nutrition and the use of vitamins and trace elements in the form of food supplements.

Keywords: northern region, oxidative metabolism, antioxidant vitamins, selenium, zinc.

References

1. Kolesnikova L.I., Darenskaya M.A., Kolesnikov S.I. [Free Radical Oxidation. A Pathophysiological View]. *Byulleten' sibirskoy meditsiny* [Bulletin of Siberian Medicine], 2017, no. 16 (4), pp. 6–29. (in Russ.) DOI: 10.20538/1682-0363-2017-4-16-29
2. Korchina T.Ya., Korchin V.I. [Analysis of the Glutathione Link of the Antioxidant Defense System in Men of the Northern Region with Different Levels of Anthropogenic Load]. *Tekhnologii zhivyykh sistem* [Technologies of Living Systems], 2019, vol. 16, no. 2, pp. 44–51. (in Russ.) DOI: 10.18821/0016-9900-2018-9-831-834
3. Martusevich A.K., Karuzin K.A., Samoilov A.S. [Antioxidant Therapy. Current State, Opportunities and Prospects]. *Bioradikaly i antioksidanty* [Bioradicals and Antioxidants], 2018, vol. 5, no. 1, pp. 5–23. (in Russ.)
4. Potolitsyna N.N., Boyko E.R. [Vitamin Status of Residents of the European North of Russia and its Dependence on Geographic Latitude]. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy* [Journal of Biomedical Research], 2018, vol. 6, no. 4, pp. 376–386. (in Russ.) DOI: 10.17238/issn2542-1298.2018.6.4.376
5. Kovalsky Yu.G., Golubkina N.A., Papazyan T.T. et al. [Selenium Status of Residents of the Khabarovsk Territory 2018]. *Mikroelementy v meditsine* [Trace Elements in Medicine], 2019, vol. 20, no. 3, pp. 45–53. (in Russ.) DOI: 10.19112/2413-6174-2019-20-3-45-53
6. Tolpygina O.A. [The Role of Glutathione in the Antioxidant Defense System (Review)]. *Byulleten VSNTS SO RAMN* [Byulletin VSNTS SB RAMN], 2012, vol. 84, no. 2, pp. 178–180. (in Russ.)

7. Shikh E.V., Makhova A.A. [The Role of Ascorbic Acid and Tocopherol in the Prevention and Treatment of Diseases from the Point of View of Evidence-Based Medicine]. *Terapevticheskiy arkhiv* [Therapeutic Archive], 2015, vol. 87, no. 4, pp. 98–102. (in Russ.) DOI: 10.17116/terarkh201587498-102
8. Shcherbakova A.S. [Climate Factor in the Life of the Northerners. Objective data and Subjective Assessments]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology], 2019, no. 7, pp. 24–32. (in Russ.) DOI: 10.33396/1728-0869-2019-7-24-32
9. Daanen H.A.M., Lichtendelt W.D.V.M. Human whole Body Cold Adaptation. *Temperature*, 2016, vol. 3, no. 1, pp. 104–118. DOI: 10.1080/23328940.2015.1135688
10. Skalny A.V., Skal'naya M.G., Tinkov A.A. et al. Hair Concentration of Essential Trace Elements in Adult Non-Exposed Russian Population. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2015, vol. 87, no. 11, pp. 1–8. DOI: 10.1007/s10661-015-4903-x
11. Halliwell B. Free Radicals and Antioxidants: Updating a Personal View. *Nutr. Rev.*, 2012, vol. 70, no. 5, pp. 257–265. DOI: 10.1111/j.1753-4887.2012.00476.x
12. Nifontova O.L., Konkova K.S., Nagovitsin A.V. Anthropomorphic Measurement of Middle-School Age Children Living in Northern Territory. *American Scientific Journal*, 2017, vol. 15, no. 1, pp. 33–36.
13. Schmolz L. Complexity of Vitamin E Metabolism. *World J Biol Chem.*, 2016, vol. 7, no. 1, p. 14. DOI: 10.4331/wjbc.v7.i1.14
14. Michlska-Mosiej M., Socha K., Soroczynska J. et al. Selenium, Zink, Copper, and Total Antioxidant Status in the Serum of Patients with Chronic Tonsillitis. *Biol. Trace Elem. Res.*, 2016, vol. 173, no. 1, pp. 30–34. DOI: 10.1007/s12011-016-0634-2

Received 30 September 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Бикбулатова, Л.Н. Корреляционные связи между показателями окислительного метаболизма и микро-нутриентами с антиоксидантным спектром действия у взрослых некоренных жителей Ямало-Ненецкого автономного округа / Л.Н. Бикбулатова, В.И. Корчин, Т.Я. Корчина // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 14–21. DOI: 10.14529/hsm210402

FOR CITATION

Bikbulatova L.N., Korchin V.I., Korchina T.Ya. Correlation between Oxidative Metabolism and Micronutrients with Antioxidant Activity in Yamalo-Nenets Autonomous District Adults. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 4, pp. 14–21. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210402

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ДИАГНОСТИКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ КЁРЛИНГИСТОВ

А.Н. Корженевский, В.А. Клендар, Л.В. Тарасова, Г.В. Кургузов

Федеральный научный центр физической культуры и спорта, г. Москва, Россия

Цель. Использование комплексной диагностики для оценки функциональной подготовленности высококвалифицированных кёрлингистов. **Материалы и методы.** Исследование проводилось на предсоревновательном этапе подготовки высококвалифицированных кёрлингистов. В исследовании принимало участие по 20 спортсменов мужчин и женщин, квалификации не ниже мастера спорта. Оценивались функциональная работоспособность, аэробная производительность и предельные анаэробные возможности с использованием ступенчатого теста на велоэргометре. Определялась реактивность центральной нервной системы, её рецепторного аппарата, измерялись скорость двигательной реакции, ориентации в пространстве, оценивались дифференцировочные тесты. **Результаты.** Оценка резервных функций организма в тесте «до выраженного утомления», соответствующего уровню анаэробного порога, позволили оценить предельное вовлечение окислительной системы в процесс мышечной работы. Мощность выполняемой работы соответствовала гликолитической зоне, что свидетельствует о недостаточности энергетического потенциала высококвалифицированных кёрлингистов. У женщин-кёрлингисток меньшая мощность работы сопровождалась более эффективным уровнем функционирования газообмена при невысоком лактацидном проявлении. У мужчин более высокая мощность работы обеспечивалась более высоким уровнем лактацидной (окислительной) системы, что свидетельствует о высоких энергетических затратах. Показатели ориентации тела в пространстве у женщин имеют преимущество перед мужским составом кёрлингистов, что свидетельствует о недостатке тренированности специальной координации последних. **Заключение.** Использование комплексного контроля в тренировке квалифицированных кёрлингистов позволило оценить сильные и слабые стороны энергетического потенциала и координационных возможностей спортсменов. Оценка уровня физической подготовленности позволила определить их базовую основу тренированности и рост максимальных аэробных возможностей. Прирост МПК формирует увеличение аэробного метаболизма скелетных мышц, снижение реакции лактацидной функции, что формирует резерв координации как основного фона для проявления технического мастерства нервно-мышечной системы и предотвращает начальные признаки утомления организма спортсменов.

Ключевые слова: кёрлинг, тестирование, аэробная и анаэробная работоспособность, специальная координация, резервные функции.

Введение. Кёрлинг является игровым зимним видом спорта с отличающейся спецификой этой дисциплины. Спортсмены на специальной ледовой дорожке запускают специальный камень, который по прямой линии должен попасть в отмеченный на льду «дом». Сложность игры заключается в дифференциации усилий, прилагаемых для запуска камня, который с учетом скольжения должен оказаться на отмеченной территории. Тактика игры в кёрлинг отличается расчетом занимаемой позиции запущенного камня с тем условием, чтобы даже при смещении его противником он оказался в пределах очерченной зоны.

В процессе соревновательной игры спортсмены-кёрлингисты должны проявлять высо-

кий уровень координационно-двигательных усилий, пространственной ориентации, логики принятых решений, что является актуальным в требованиях качественной оценки общей и специальной выносливости [1, 4, 6].

Тактические задачи, решаемые в кёрлинге, указывают на взаимосвязанные задачи, решаемые как в игровых видах спорта, так и в видах единоборств, например, направление движения атаки относительно партнера или выхода за обусловленную зону [3].

Анализ спортивных выступлений сборной России по кёрлингу показал преимущество женской команды, которая на финале Кубка мира 2019 года дошла до четвертьфинала и в финальном поединке завоевала бронзу, в от-

личие от мужского состава, лучший результат которого показал девятое место. При этом в смешанных парах выход в четвертьфинал явился лучшим результатом наших спортсменов.

Анализ предсоревновательной подготовки спортсменов-кёрлингистов показал тенденцию к возрастанию интенсивности тренировочной нагрузки, связанной с общими требованиями к физической подготовке. На фоне решаемых технико-тактических задач сведения о функциональном уровне спортсменов, занимающихся кёрлингом, недостаточны, что определяет научный интерес к комплексной оценке состояния анализаторных систем организма и энергетического потенциала. Анализ состояния координационных систем организма, систем работоспособности объясняет качество сильных и слабых сторон подготовленности, что имеет практическое значение и позволяет системно подойти к планированию предсоревновательной подготовки спортсменов [2]. Комплексный подход конструирует базовую оценку тренированности как индивидуально каждого спортсмена, так и команды в целом, что позволяет выстроить вектор перспективного плана спортивной подготовки.

Организация и методы. Исследование проводилось на предсоревновательном этапе подготовки высококвалифицированных кёрлингистов, средний возраст которых составил $22,2 \pm 1,5$ года. В исследовании принимало участие 20 спортсменов-мужчин, и 20 спортсменок-женщин квалификации не ниже мастера спорта. Оценка физической работоспособности проводилась с использованием ступенчатого теста, который выполнялся на велоэргометре. В процессе тестирования была дана оценка функциональной работоспособности, аэробной производительности и анаэробных возможностей по показателям La крови в процессе восстановления. Дополнительно измерялась скорость двигательной реакции, ориентация в пространстве и оценивались дифференцировочные тесты.

Выполненное тестирование соотносилось с модельными показателями: на малом дозиметре ошибка в пределах нормы составляет 150–200 г; на кистевом дозиметре ошибка нормы составляет 500 г; допустимая ошибка в тесте ориентации тела в пространстве составляет 10 градусов. Оценка скорости простой двигательной реакции в норме соответствует 220–270 млс; скорости реакции выбора соответствует 300–360 млс. Оценка концентрации лактата в крови на 3-й минуте восстанов-

ления после нагрузки 10–12 ммоль/л, ЧСС на пике нагрузки – 180 уд./мин [5, 9].

Результаты. Оценка функционирования резервных функций организма спортсменов определялась в тесте со ступенчатой нагрузкой «до выраженного утомления», соответствующего уровню анаэробного порога, что позволяет оценить степень вовлечения окислительной системы в процесс мышечной деятельности. В процессе тестирования оценивались следующие параметры: мощность выполняемой нагрузки как энергетического показателя, минутный объем дыхания (МОД), минутное потребление кислорода (МПК), концентрация лактата (La), механическая эффективность (VO_2). Результаты тестирования позволили оценить лимитирующие факторы физической работоспособности.

Анализ показателей тестирования позволил отметить, что у мужчин-кёрлингистов мощность выполняемой нагрузки выше, чем у женщин-кёрлингисток ($223,0 \pm 2,1$ Вт и $164,7 \pm 2,8$ Вт соответственно), что сопровождается большим показателем МОД ($105,0 \pm 2,3$ л/мин) и МПК ($49,6 \pm 1,4$ мл/кг), чем у женщин – МОД ($85,0 \pm 1,9$ л/мин) и МПК ($42,5 \pm 1,3$ мл/кг). Активность функционирования лактацидной системы La в ответ на выполненную нагрузку у мужчин составила $9,5 \pm 0,9$ ммоль/л, а у женщин $7,0 \pm 0,8$ ммоль/л. При этом отмечено, что механическая эффективность выполненной работы (VO_2) у мужчин ниже, чем у женщин ($286,0 \pm 1,8$ и $301,0 \pm 1,5$ соответственно), на фоне рабочего ЧСС у мужчин $188,0 \pm 1,6$ и $185,0 \pm 1,4$ у женщин. Выполненные исследования свидетельствуют о том, что мощность выполняемой работы с дозированной нагрузкой соответствовала гликолитической зоне, при которой ЧСС выше 175 уд./мин, уровень La соответствует 7–12 ммоль/л, что свидетельствует о недостаточности энергетического потенциала высококвалифицированных кёрлингистов (табл. 1).

Отмечено, что у женщин-кёрлингисток относительно мужчин-кёрлингистов меньшая мощность работы сопровождалась более эффективным уровнем функционирования газообмена при невысоком лактацидном проявлении, что расценивается как компенсация уровня функционирования окислительной системы. У мужчин более высокая мощность работы относительно женщин обеспечивалась более высоким уровнем лактацидной (окислительной) системы на фоне практически одинаковой интенсивности выполняемой нагруз-

ки, что свидетельствует о высоких энергетических затратах при выполненной работе [12].

Показатели координационных способностей у мужчин-кёрлингистов ниже относительно тех же показателей у женщин. Ошибка дифференциации мышечных усилий на малом дозиметре у мужчин выше, чем у женщин ($172,0 \pm 1,1$ г и $150,0 \pm 1,2$ г соответственно); ошибка средних мышечных усилий у мужчин в 4,3 раза выше, чем у женщин ($650,0 \pm 2,8$ г и $151,0 \pm 0,9$ г соответственно). Ошибка в тесте ориентации тела в пространстве у мужчин достоверно выше, чем у женщин ($18,0 \pm 2,1$ град. и $10,0 \pm 0,2$ град. соответственно) (табл. 2).

Реакция психофункциональной системы у мужчин выше, чем у женщин. Так, простая двигательная реакция у мужчин составляет $248,0 \pm 2,1$ млск и $270,0 \pm 1,4$ млск – у женщин; сложная двигательная реакция у мужчин составляет $337,0 \pm 1,3$ млск, а у женщин $354,0 \pm 1,3$ млск.

Реакция психофункциональной системы у мужчин выше, чем у женщин. Так простая двигательная реакция у мужчин составляет $248,0 \pm 2,1$ млск и $270,0 \pm 1,4$ млск – у женщин; сложная двигательная реакция у мужчин составляет $337,0 \pm 1,3$ млск, а у женщин – $354,0 \pm 1,3$ млск.

Анализ координационных проб свидетельствует о том, что по сравнению с нормативным уровнем у женщин значения дифференцировочных тестов выше нормы, что свидетельствует о резервном функционировании координационной системы по сравнению с мужским составом кёрлингистов.

Показатели ориентации тела в пространстве у женщин имеют преимущество перед мужским составом кёрлингистов, что свидетельствует о недостатке тренированности специальной координации у последних.

Скорость простой и сложной реакции выбора у мужчин – в соответствии с нормой, а у женщин этот показатель снижен, что обусловлено недостаточным уровнем тренированности данного показателя.

В заключение можно сказать, что использование комплексного контроля в тренировке квалифицированных кёрлингистов позволило оценить сильные и слабые стороны энергетического потенциала и координации спортсменов. Оценка уровня физической подготовленности имеет для кёрлингистов большое значение, так как уровень значений этих показателей характеризует их базовую основу тренированности.

Выявлено, что мужчины по сравнению с женщинами характеризуются достоверно более высоким уровнем физической работоспособности аэробной и анаэробной производительности, что указывает на ориентацию модельных норм работоспособности спортсменов (мужчин и женщин) в аэробной зоне: уровень La – до 4 ммоль/л, ЧСС – до 150 уд./мин; в аэробно-анаэробной зоне (зона ПАНО): ЧСС – 150–170 уд./мин, La 4–7 ммоль/л; в гликолитической зоне: ЧСС выше 175 уд./мин, уровень La 7–12 и выше ммоль/л. Алактатная зона: при ЧСС 140–150 уд./мин La 4–6 ммоль/л.

Учет интенсивности физических нагрузок в соответствии с зонами относительной мощности по энергетическим критериям существенно повысит эффективность подготовки кёрлингистов. Наиболее энергоемким этапом соревновательной деятельности кёрлингистов является натирание поверхности игровой площадки, сопровождающееся повышением ЧСС до 170–190 уд./мин и энерготратами, соответствующими работе субмаксимальной мощности (до 450 Вт.) [6]. Мужчины-кёрлингисты, у которых энергетический потенциал выше, чем у женщин, могут осуществлять технико-технические действия в зоне субмаксимальной мощности в более комфортных условиях без снижения специальной работоспособности. У женщин-кёрлингисток, характеризующихся более низкими энергетическими возможностями, специальная работоспособность при интенсивных соревновательных нагрузках снижается в большей степени.

Так, базовой основой увеличения физической работоспособности является рост максимальных аэробных возможностей [7, 8, 10, 11]. Прирост МПК формирует увеличение аэробного метаболизма скелетных мышц, снижение реакции лактаcidной функции, что формирует резерв координации как основного фона для проявления технического мастерства нервно-мышечной системы и предотвращает начальные признаки утомления организма спортсменов.

Оценка комплекса показателей, характеризующих специальную координацию, указывает, что женщины-кёрлингистки характеризуются более высоким уровнем проявления дифференцированных способностей и ориентировочными способностями по сравнению с мужчинами, что объясняется физиологическими особенностями проявления женского организма.

Таблица 1
Table 1

Показатели физической работоспособности, аэробной и анаэробной производительности кёрлингистов
(n = 40, M ± m)
Physical, aerobic and anaerobic performances of curlers

Спортсмены Athletes	Показатель / Parameter					L _a , моль/л L _a , mol/l
	W, Вт W, Watt	МПК, мл/кг Minute oxygen consumption, ml/kg	МОД, л/мин Minute breath volume, l/min	VO ₂	ЧСС, макс. уд./мин Heart rate, max. bpm	
Мужчины Male athletes	223 ± 2,1	49,6 ± 1,4	105 ± 2,3	28,6 ± 1,8	188 ± 1,6	9,5 ± 0,9
Женщины Female athletes	164,7 ± 2,8	42,5 ± 1,3	85 ± 1,9	30,1 ± 1,5	185 ± 1,4	7,0 ± 0,8

Таблица 2
Table 2

Функциональное состояние центральной нервной системы кёрлингистов
(n = 40, M ± m)
The functional status of the central nervous system of curlers

Спортсмены Athletes	Показатель / Parameter				Реакция выбора, мсек Choice reaction, msec
	Дифференциация мышечных усилий Differentiation of muscle efforts		Ориентация тела в пространстве, градус, ошибка Space orientation, degree, error	Простая двигательная реакция, мсек Simple motor reaction, msec	
	Малых, г / Small, g	Средних, г / Average, g			
Мужчины Male athletes	172 ± 1,1	650 ± 2,8	18,0 ± 2,1	248 ± 2,1	337 ± 1,3
Женщины Female athletes	150 ± 1,2	151 ± 0,9	10,0 ± 0,2	270 ± 1,4	354 ± 1,3

Выводы

1. Использование комплексной диагностики в тренировке высококвалифицированных кёрлингистов способствует определению направленности тренировочного процесса на этапе предсоревновательной подготовки на основе оценки их функциональной работоспособности и определения уровня координационной подготовленности.

2. При подготовке женщин-кёрлингисток наряду с использованием большого объема специальных нагрузок необходимо уделять существенное внимание нагрузкам, повышающим базовые физические качества, аэробный и анаэробный потенциалы.

3. При тренировке мужчин-кёрлингистов наряду с использованием базовых нагрузок, повышающих физическую и функциональную подготовленность, необходимо существенно увеличить объем нагрузок общей и специальной координационной направленности.

4. Рациональное соотношение нагрузок общей и специальной направленности и интенсивности (аэробный, аэробно-анаэробный, гликолитический и алактатный режимы энергообеспечения) в циклах подготовки позволит повысить физическую, технико-тактическую и функциональную подготовленность высококвалифицированных кёрлингистов.

Литература

1. Андрианова, О.А. Техничко-тактическая подготовка кёрлингисток с учетом сенсомоторных и перцептивных характеристик / О.А. Андрианова // Ученые записки ун-та им. П.И. Лесгафта. – 2008. – № 9 (43). – С. 11–14.

2. Граевская, Н.Д. Спортивная медицина. Курс лекций и практические занятия / Н.Д. Граевская, Т.И. Долматова. – М.: Совет спорт, 2004. – 360 с.

3. Задворнов, К.Ю. Исследование процесса становления новых (нетрадиционных) видов спорта / К.Ю. Задворнов // Теория и практика физ. культуры. – 1999. – № 12. – С. 17–22.

4. Изотов, Е.А. Особенности использования идеомоторной тренировки в кёрлинге / Е.А. Изотов // Ученые записки ун-та им. П.И. Лесгафта. – 2012. – № 11 (93). – С. 35–38.

5. К разработке нового поколения программ по видам спорта / А.Н. Корженевский, Ю.В. Филиппова, Д.А. Соколов // 28-я Международная научно-практическая конференция по проблемам физического воспитания учащихся «Человек, здоровье, физическая культура и спорт в изменяющемся мире». – Коломна, 2018. – С. 317–320.

6. Мельников, Д.С. Определение энергозатрат спортсменов-кёрлингистов в процессе игровой деятельности / Д.С. Мельников // Вестник аспирантуры СПб ГАФК им. П.И. Лесгафта. – 1997. – № 3. – С. 63–66.

7. Набатникова, М.Я. Основы управления подготовкой юных спортсменов / М.Я. Набатникова. – М.: Физкультура и спорт, 1982. – 280 с.

8. Суслов, Ф.П. Бег на средние и длинные дистанции / Ф.П. Суслов, Ю.А. Попов, В.Н. Кулаков, С.А. Тихонов. – М.: Физкультура и спорт, 1982. – 176 с.

9. Тоноян, Х.А. Методологические аспекты разработки примерных программ спортивной подготовки по видам спорта на основании анализа существующих программ / Х.А. Тоноян, А.Н. Корженевский, В.А. Клендар // Ученые записки ун-та им. П.И. Лесгафта. – 2018. – № 10 (164). – С. 319–324.

10. Фарфель, В.С. Анализ рекордов скорости и выносливости / В.С. Фарфель. – М.: Физкультура и спорт, 1949. – 120 с.

11. Фарфель, В.С. Исследования по физиологии предельной мышечной работы и выносливости / В.С. Фарфель // Теория и практика физ. культуры. – 1946. – № 7. – С. 37–39.

12. Reliability and day-to-day variability of peak fat oxidation during treadmill ergometry / R. Souza Silveira, A. Carlsohn, G. Langen et al. // J Int Soc Sports Nutr. – 2016. – Vol. 13, no. 4. DOI: 10.1186/s12970-016-0115-1

Корженевский Александр Николаевич, кандидат педагогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории олимпийских циклических видов спорта, Федеральный научный центр физической культуры и спорта. 105005, г. Москва, Елизаветинский пер., д. 10, стр. 1. E-mail: korzhen-a@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9503-9690.

Клендар Владимир Анатольевич, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физической культуры и социальной адаптации детей-инвалидов, Федеральный научный центр физической культуры и спорта. 105005, г. Москва, Елизаветинский пер., д. 10, стр. 1. E-mail: bobz@rambler.ru, ORCID: 0000-0002-8180-6262.

Тарасова Любовь Викторовна, доктор педагогических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем комплексного сопровождения спортивной подготовки, Федеральный научный центр физической культуры и спорта. 105005, г. Москва, Елизаветинский пер., д. 10, стр. 1. E-mail: tarasova1708@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4020-7711.

Кургузов Георгий Васильевич, кандидат педагогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории олимпийских циклических видов спорта, Федеральный научный центр физической культуры и спорта. 105005, г. Москва, Елизаветинский пер., д. 10, стр. 1. E-mail: kurguzov-box@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0495-703X.

Поступила в редакцию 24 октября 2021 г.

DOI: 10.14529/hsm210403

ASSESSMENT OF FUNCTIONAL FITNESS IN HIGHLY TRAINED CURLERS

A.N. Korzhenevsky, korzhen-a@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9503-9690,

V.A. Klendar, bobz@rambler.ru, ORCID: 0000-0002-8180-6262,

L.V. Tarasova, tarasova1708@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4020-7711,

G.V. Kurguzov, kurguzov-box@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0495-703X

Federal Scientific Center of Physical Culture and Sports, Moscow, Russian Federation

Aim. The paper aims to demonstrate the use of comprehensive diagnostics for the assessment of functional fitness in highly trained curlers. **Materials and methods.** The study took place among highly trained curlers at the pre-competitive mesocycle. The study involved 20 male and female athletes with a sports rank not lower than the master of sports. Athletic status, aerobic performance, and anaerobic threshold were assessed with the step test on a bicycle ergometer. The reactivity of the central nervous system and its receptor apparatus was measured, as well as the speed of motor reaction and orientation in space, differentiation tests were performed. **Results.** The assessment of functional performance in the fatigue test at anaerobic threshold allowed us to assess the maximum involvement of the oxidative system in muscular performance. The power of the work performed corresponded to glycolytic activity, which indicated insufficient energy reserves of highly trained curlers. In female curlers, less power was accompanied by more efficient gas exchange and a relatively low lactic acid level. In male athletes, higher power was provided by higher performance of the lactic system, which indicated high energy consumption. Female athletes had better space orientation compared to male athletes, which indicated insufficient special coordination abilities of the latter. **Conclusion.** The use of comprehensive diagnostics for highly trained curlers allowed us to assess the strengths and weaknesses of their energy system and coordination abilities. The assessment of physical fitness provided the information about the basic fitness parameters of athletes and the growth of their maximum aerobic capacities. The increase

in maximum oxygen consumption results in an increase in aerobic metabolism and a decrease in the lactic acid function, which prevents the first symptoms of fatigue and forms coordination reserves as the foundation of neuromuscular performance.

Keywords: curling, testing, aerobic and anaerobic performance, special coordination.

References

1. Andrianova O.A. [Technical and Tactical Training of Female Curlers Taking into Account Sensorimotor and Perceptual Characteristics]. *Uchenyye zapiski universiteta imeni P.I. Lesgafta* [Scientific notes of the P.I. Lesgaft], 2008, no. 9 (43), pp. 11–14. (in Russ.)
2. Grayevskaya N.D., Dolmatova T.I. *Sportivnaya meditsina. Kurs lektsiy i prakticheskiye zanyatiya* [Sports Medicine]. Moscow, Soviet Sport Publ., 2004. 360 p.
3. Zadvornov K.Yu. [Research of the Process of Formation of New (Non-Traditional) Sports]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 1999, no. 12, pp. 17–22. (in Russ.)
4. Izotov E.A. [Features of Using Ideomotor Training in Curling]. *Uchenyye zapiski universiteta imeni P.I. Lesgafta* [Scientific notes of the P.I. Lesgaft], 2012, no. 11 (93), pp. 35–38. (in Russ.) DOI: 10.5930/issn.1994-4683.2012.11.93.p35-38
5. Korzhenevskiy A.N., Filippova Yu.V., Sokolov D.A. [Towards the Development of a New Generation of Sports Programs]. *28-ya Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya po problemam fizicheskogo vospitaniya uchashchikhsya "Chelovek, zdorov'ye, fizicheskaya kul'tura i sport v izmenyayushchemsya mire"* [28th International Scientific and Practical Conference on the Problems of Physical Education of Students Man, Health, Physical Culture and Sports in a Changing World], 2018, pp. 317–320. (in Russ.)
6. Mel'nikov D.S. [Determination of Energy Consumption of Sportsmen-Curlers in the Process of Game Activity]. *Vestnik aspirantury SPb GAFK imeni P.I. Lesgafta* [Bulletin of the Postgraduate Study of St. Petersburg State Academy of Physical Culture named after P.I. Lesgaft], 1997, no. 3, pp. 63–66. (in Russ.)
7. Nabatnikova M.Ya. *Osnovy upravleniya podgotovkoy yunikh sportmenov* [Fundamentals of Training Management for Young Athletes]. Moscow, Physical Culture and Sport Publ., 1982. 280 p.
8. Suslov F.P., Popov Yu.A., Kulakov V.N., Tikhonov S.A. *Beg na sredniye i dlinnyye distantsii* [Medium and Long Distance Running]. Moscow, Physical Culture and Sport Publ., 1982. 176 p.
9. Tonoyan Kh.A., Korzhenevskiy A.N., Klendar V.A. [Methodological Aspects of the Development of Exemplary Sports Training Programs for Sports Based on the Analysis of Existing Programs]. *Uchenyye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific notes of the P.F. Lesgaft], 2018, no. 10 (164), pp. 319–324. (in Russ.)
10. Farfel' V.S. *Analiz rekordov skorosti i vynoslivosti* [Analysis of Speed and Endurance Records]. Moscow, Physical Culture and Sport Publ., 1949. 120 p.
11. Farfel' V.S. [Research on the Physiology of Limiting Muscle Work and Endurance]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 1946, no. 7, pp. 37–39. (in Russ.)
12. Souza Silveira R., Carlsohn A., Langen G. et al. Reliability and day-to-day Variability of Peak Fat Oxidation During Treadmill Ergometry. *J Int Soc Sports Nutr.*, 2016, vol. 13, no. 4. DOI: 10.1186/s12970-016-0115-1

Received 24 October 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Применение комплексной диагностики для оценки функциональной подготовленности высококвалифицированных кёрлингистов / А.Н. Корженевский, В.А. Клендар, Л.В. Тарасова, Г.В. Кургузов // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 22–28. DOI: 10.14529/hsm210403

FOR CITATION

Korzhenevsky A.N., Klendar V.A., Tarasova L.V., Kurguzov G.V. Assessment of Functional Fitness in Highly Trained Curlers. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 4, pp. 22–28. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210403

ПЕРСониФИЦИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ПОВЫШЕНИЮ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ И ПСИХОФИЗИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ СПОРТСМЕНОВ-ГИРЕВИКОВ КОРРЕКЦИЕЙ СЕНСОРНЫХ И ВАЗОМОТОРНЫХ РАССТРОЙСТВ ЛОР-ОРГАНОВ

А.Х. Талибов¹, М.Ю. Коркмазов², М.А. Ленгина²,
А.А. Кривопапов³, Н.В. Гришаев⁴

¹Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, г. Санкт-Петербург, Россия,

²Южно-Уральский государственный медицинский университет, г. Челябинск, Россия,

³Санкт-Петербургский НИИ уха, горла, носа и речи, г. Санкт-Петербург, Россия,

⁴Военный учебно-научный центр Военно-Морского Флота «Военно-морская академия», г. Санкт-Петербург, Россия

Цель: по результатам изучения влияния сенсорных расстройств и вазомоторных нарушений ЛОР-органов на качество жизни спортсменов-гиревиков провести коррекцию и повысить психофизическую готовность к спортивным достижениям. **Материалы и методы.** При междисциплинарном взаимодействии исследователей различных кафедр четырех учебных заведений проведена оценка качества жизни и психофизической готовности спортсменов-гиревиков к достижению спортивных результатов. В исследовании приняли участие 24 человека из Санкт-Петербурга и 7 человек из Челябинска, занимающихся гиревым спортом; из них: мастера спорта – 14 человек; КМС – 8 человек и 1-й разряд – 9 человек, стаж занятий спортом – 5–12 лет. В комплекс исследований входило: оценка психического состояния спортсмена по опросникам SF-36 качества жизни, выявление личностной тревожности, эмоционального выгорания. При осмотрах выявляли оториноларингологические сенсорные и вазомоторные нарушения, которые разрешали оперативным либо медикаментозным лечением или выполнением комплекса корригирующих физических упражнений. По полученным в динамике результатам анализировали эффективность принятых мер и составляли персонифицированные рекомендации. **Результаты.** У спортсменов-гиревиков при чрезмерных физических нагрузках с высоким статическим и динамическим напряжением мышц часто наблюдаются сенсорные и вазомоторные нарушения. При игнорировании первых тревожных симптомов со стороны ЛОР-органов заболевание приобретает прогрессирующий характер течения, значительно ухудшая качество жизни спортсмена и отрицательно влияя на мотивацию к тренировочному процессу. Персонифицированный подход к каждому спортсмену с коррекцией выявленных отклонений во многом способствует достижению ими высоких спортивных результатов. **Заключение.** Оценка личностной тревожности спортсменов, их психического состояния и эмоционального выгорания с помощью субъективных методов является важным элементом этапного контроля специальной и общефизической подготовки. В дополнение объективные методы выявления оториноларингологических сенсорных и вазомоторных изменений и их коррекция позволяют проводить квалифицированный отбор спортсменов, наблюдать в динамике за психофизическим и физиологическим состоянием и повышать спортивные показатели.

Ключевые слова: подготовка, гиревики, качество жизни, эмоциональное состояние, сенсорные нарушения, тревожность, компьютерная стабилметрия.

Введение. В нормативных документах гиревой спорт определяется как один из циклических силовых видов спорта, где основным компонентом является подъем гирь различного веса. Как правило, подъем гирь осуществляется в положении стоя максимальное число раз и за определенный промежуток времени. Важным компонентом является информация, получаемая в процессе психофизи-

ческого контроля, которая может и должна быть использована для улучшения качества жизни в подготовке спортсменов как необходимое условие индивидуализации тренировочного процесса [5]. Главным фактором достижения высоких спортивных результатов при одинаковом уровне физической подготовленности спортсменов является способность управления стрессом или психологиче-

ская готовность. Причинами стресса (психического перенапряжения) у спортсменов являются: плотный тренировочный и соревновательный график с большими физическими нагрузками, особенности межличностных взаимоотношений с товарищами по команде [11]. Психологическая подготовка специфична и индивидуальна для каждого вида спорта, это необходимо учитывать при проведении психологического контроля [13].

Кроме того, спортсмены-гиревики при толчковых движениях и жиме гири используют физические возможности организма на грани здоровья. В этом контексте усугубить психоэмоциональное состояние спортсмена может возникновение таких сенсорных субъективных ощущений, как головокружение, нарушение координации и равновесия, звон в ушах, ощущение оглушенности и заложенности ушей [7, 12].

Формирование данного кохлео-вестибулярного синдрома обусловлено нарушением кровотока в позвоночных артериях и экстракраниальных шейных сосудах. Позвоночная артерия, находясь в костном канале, образованном отверстиями поперечных отростков шейных позвонков, является легко уязвимой при силовых упражнениях с центром тяжести, приходящимся на позвоночник спортсмена. Одним из главных триггерных факторов травматизации и сужения просвета сосудов являются миогенные компрессии. Например, спортсмены-гиревики, выполняя элемент поднятия груза, рефлекторно напрягают мышцы шеи и плечевого пояса и при длительном повышенном тоне указанных мышц происходит экстравазальное сдавление позвоночной артерии вместе с другими экстракраниальными сосудами венозного русла, что в итоге приводит к нарушению гидродинамики за счет уменьшения количества крови, притекающей в вертебробазиллярную систему, и затруднению оттока внутричерепной жидкости. В процессе междисциплинарного преподавания оториноларингологических сенсорных нарушений студентам этим моментам придается важное значение [15].

В стенке позвоночной артерии располагается периаартериальное нервное сплетение, которое иннервирует конечные сосуды базилярной артерии, оказывающей непосредственное влияние на гемодинамику рецепторов органа равновесия. Под действием мышечного давления на сосудистую стенку позвоноч-

ной артерии происходит активация шейного симпатического сплетения, которое еще в большей мере усугубляет ситуацию и, вызывая мышечный спазм, формирует порочный круг. Ранее мы описывали механизмы формирования вестибулярных расстройств в ответ на баллистическое сотрясение и отдачу оружия у спортсменов, занимающихся стендовой стрельбой [12].

Помимо сенсорных кохлео-вестибулярных реакций указанные процессы могут быть источником патологического влияния на рецепторно-сосудистые структуры полости носа, вызывая нейровегетативный вазомоторный ринит [3, 7].

Несомненно, здоровье спортсмена определяется основными видами функций организма человека, обусловленных жизнедеятельностью человека. В этом контексте особое значение приобретают основные виды функциональных расстройств организма человека, обусловленные перенесенными острыми заболеваниями носа и околоносовых пазух (ОНП) и сопровождающиеся иммунологическими нарушениями [8, 19]. При отсутствии должного внимания и принятия мер реабилитации происходит присоединение дисфункции слуховых труб, возникают экссудативные и гнойные воспалительные заболевания среднего уха [2, 6, 14]. Таким образом, кохлео-вестибулярные проблемы постепенно приводят, во-первых, к нарушениям психических функций (личностных особенностей, волевых и побудительных функций, эмоций и других психомоторных функций), во-вторых, к нарушениям сенсорных функций ЛОР-органов (слух, обоняние, вестибулярная функция и другие виды чувствительности). В таких ситуациях любое функциональное расстройство, например, обусловленное последствиями острых вирусных заболеваний, неминуемо проявляется сменой психоэмоционального состояния спортсмена, нарушениями сенсорных функций со стороны рецепторов ЛОР-органов, а степень их выраженности проявляется ограничениями в тренировочной и состязательной деятельности.

Исходя из вышесказанного, целью представленной работы явилось повышение психофизической готовности спортсменов-гиревиков к тренировкам и достижению спортивных результатов путем изучения диагностических критериев влияния сенсорных расстройств и вазомоторных нарушений ЛОР-

органов и разработки реабилитационных мероприятий.

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели на стыке различных кафедр четырех учебных заведений: Санкт-Петербургского Национального государственного университета физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, Южно-Уральского государственного медицинского университета, Санкт-Петербургского НИИ уха, горла, носа и речи и Санкт-Петербургского военного учебно-научного центра Военно-Морского Флота «Военно-морская академия» проведено медицинское исследование физиологического состояния и психофизической готовности 24 человек из Санкт-Петербурга и 7 человек из Челябинска, занимающихся гиревым спортом; из них: мастера спорта – 14 человек, КМС – 8 человек, 1-й разряд имели 9 человек; стаж занятий спортом – 5–12 лет.

В исследовании психических состояний спортсменов мы использовали методику определения субъективной оценки качества жизни, связанного со здоровьем SF-36 (русифицированная версия методики) [16]. Оценку личностной тревожности проводили по известным шкалам самооценки уровня тревожности Ч.Д. Спилбергера [17]. С использованием комплексного методологического опросника В. Бойко [1] исследовали степень и выраженность «эмоционального выгорания» спортсменов. В процессе выявления уровня развития спортсменов, их работоспособности, психического здоровья и приобретённых стереотипов эмоционального поведения мы пользовались позиционными документами Международного общества спортивной психологии [21].

Обязательным условием было оториноларингологическое и отоневрологическое исследование спортсменов. Для более полной объективной оценки состояния верхних дыхательных путей и уха в дополнение к отоскопии и риноскопии применяли риноманометрию, ольфактометрию, изучали риноцитогаммы; при выявлении отиатрических проблем проводили аудиометрию, тимпанометрию, акустическую рефлексометрию и т. д. [6, 16]. При выявлении каких-либо отклонений проводили медикаментозное и хирургическое лечение, назначали корректирующие комплексы физических упражнений. Так, четырем спортсменам была выполнена риносептопластика по поводу деформации носовой перегородки с подслизистой вазотомией и латеропо-

зицией нижних носовых раковин, два спортсмена перенесли лазерную коагуляцию нижних носовых раковин. Говоря о заболеваемости верхних дыхательных путей, необходимо отметить их важное социально-экономическое значение для общества [18]. Всем спортсменам при выявлении острых или обострении хронических заболеваний ОНП в дополнение к стандартному лечению применяли низкочастотную ультразвуковую (НУЗ) кавитационную терапию с использованием сертифицированного аппарата УЗОЛ-01 «Ч» КАВИТАР. НУЗ-терапию проводили ежедневно бесконтактным орошением, предварительно подогретым 0,9%-ным раствором NaCl с частотой 29 кГц, амплитудой 25 мкм и мощностью излучения 50 мВт. В динамике изучали локальные проявления окислительного стресса, изменения pH, содержание оксида азота, фагоцитарную активность и функциональные изменения нейтрофилов. Получаемые положительные эффекты НУЗ-кавитационной терапии, как и биорезонансных технологий, объясняются физическими преобразованиями в тканях с оказанием рассасывающего, обезболивающего, противовоспалительного, десенсибилизирующего и других эффектов [4, 9, 10]. В 5 случаях обнаружены явления тубоотита, сопровождающиеся частыми острыми средними отитами. В одном случае верифицирован хронический гнойный эпитимпанантральный средний отит; по результатам дополнительных лучевых и лабораторных методов исследования спортсмену было рекомендовано отказаться от этого вида спорта [2, 6, 14].

Для оценки основных показателей функции равновесия всем спортсменам-гиревикам была проведена компьютерная стабилметрия с применением портативной стабиллоплатформы Стабилан-01-2, а при необходимости проводили постурографию [20, 23].

Описательная (дескриптивная) статистика включала оценку среднего арифметического (M), средней ошибки среднего значения (m) – для признаков, имеющих непрерывное распределение. Для проверки статистических гипотез о различиях результатов рассчитывали средние арифметические значения двух независимых выборок – стандартного отклонения и количество выборок.

Результаты. В начале подготовительного этапа при помощи опросника SF-36 «Оценка качества жизни» нами оценивались физическое функционирование, эмоциональное со-

стояние, интенсивность боли и её влияние на физическую работоспособность у членов сборной команды ВУНЦВМФ. Физический компонент здоровья (Physical health – PH) и психологический компонент здоровья (Mental Health – MH) оценивался по 8 критериям, при этом показатель абсолютного здоровья соответствовал 100 баллам. Средние значения физического и психологического компонентов экспериментальной группы составляют: PH = $50,8 \pm 2$ балла, MH = $50,43 \pm 3$ балла. Состояние здоровья спортсменов, физическое функционирование (PF– Physical Functioning) имеют довольно высокие значения PF = 98 ± 1 балл, при этом низкие значения интенсивности боли BP = $58,6 \pm 7$ баллов (BP – Bodily pain) свидетельствуют о повышенной болевой чувствительности, что оказывает непосредственное влияние на оценку спортсменами своего физического состояния GH = $82,4 \pm 5$ балла (GH – General Health). Как следствие, снижается ролевое функционирование RP = $77,5 \pm 9$ баллов (RP – Role-Physical Functioning), обусловленное физическим состоянием.

Оценка психического здоровья спортсменов обнаруживает наличие депрессии, тревожных переживаний MH = $80,8 \pm 4$ балла

(MH – MentalHealth), которые в совокупности с низкими значениями жизненной активности VT = $77,5 \pm 3$ балла (VT – Vitality) оказывают влияние на показатели ролевого функционирования RE = $73,3 \pm 2$ балла (RE – Role-Emotional), низкие значения которых свидетельствуют о снижении уровня повседневной деятельности, обусловленного ухудшением эмоционального состояния гиревиков.

Средне групповые значения в начале периода подготовки свидетельствуют о снижении физического и психологического компонентов здоровья, обусловленном влиянием боли на физическую работоспособность, а также психологическим перенапряжением. Атлеты, имеющие показатели выше средних значений, демонстрировали более стабильную тренировочную деятельность на протяжении всего исследования, что подтверждено результатами контроля специальной и общефизической подготовки. Результаты оценки качества жизни учитывались нами при последующем планировании тренировочной деятельности группы спортсменов на протяжении всего эксперимента. На рис. 1 представлена система психологического контроля гиревиков.

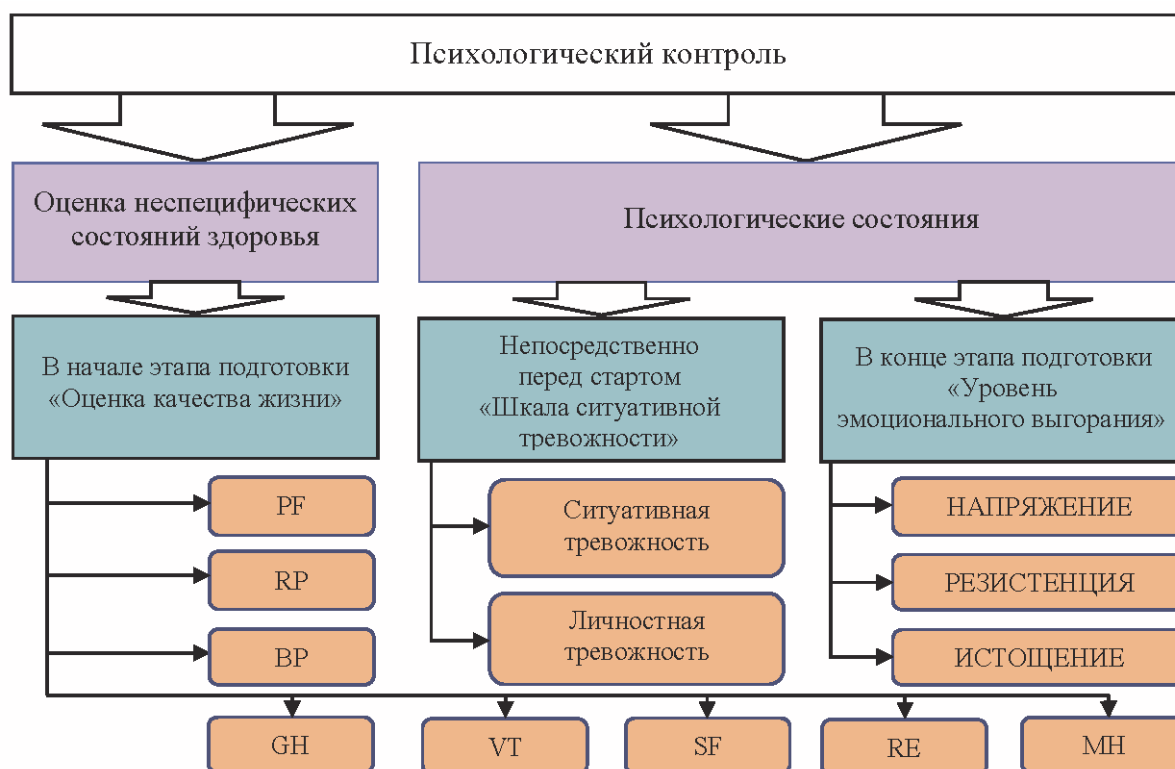


Рис. 1. Система психологического контроля как элемента этапного контроля
 Fig. 1. The system of psychological control as an element of a stage-by-stage analysis

В предсоревновательном периоде важной задачей является определение психофизиологических критериев, наиболее полно отражающих уровень подготовленности спортсмена при развитии утомления, с последующей оценкой готовности к соревнованиям.

Возрастающий уровень физической и психоэмоциональной нагрузки в соревновательном периоде подразумевает возрастающий уровень адаптационных изменений в организме спортсмена и повышения качества психофизиологического обеспечения тренировочной и соревновательной деятельности. Высокая тревожность в условиях соревновательного стресса отрицательно влияет на оценку спортсменами своих способностей. Тревожность свойственна всем людям, занимающимся спортом и ориентированным на достижение высоких спортивных результатов. При этом существует оптимальный уровень так называемой «полезной тревожности», персонализированный для каждого спортсмена и мобилизирующий его на выполнение поставленных перед ним задач и достижение наилучшего результата [13, 22].

Как указывалось выше, для определения и сравнения наиболее информативных характеристик психоэмоционального состояния в предсоревновательном периоде проведено анкетирование действующих спортсменов – участников первенства России 2021 г. среди юношей ($n = 21$) со стажем занятий гиревым спортом не менее трех лет. Определение уровня психоэмоционального состояния осуществлялось накануне чемпионата Военно-Морского Флота по гиревому спорту 2021 г.

Уровень личностной тревожности (ЛТ) характеризуется предрасположенностью спортсмена к тревоге и предполагает наличие у него тенденции воспринимать большой спектр угрожающих ситуаций, отвечая на них определённым состоянием [22]. В предстартовом состоянии уровень ЛТ у обследуемых составляет преимущественно низкий уровень тревожности (менее 35 баллов) у 43,7 % спортсменов, для 31,3 % спортсменов характерен умеренный уровень тревожности (менее 45 баллов), и 25 % спортсменов характеризуются высоким уровнем тревожности (более 60 баллов). Сравнительный анализ уровня ЛТ не выявляет достоверных отличий ($p > 0,05$) между спортсменами первого спортивного разряда (38 ± 3 балла) и спортсменами высокого уровня подготовки – КМС и МС ($38,4 \pm 4$ балла).

Ситуативная или реактивная тревожность (РТ) как состояние характеризуется субъективно переживаемыми эмоциями: напряжением, беспокойством, озабоченностью, нервозностью, возникает как эмоциональная реакция на стрессовую ситуацию и может быть различной по интенсивности и динамичности во времени. У обследуемых спортсменов среднего группового уровня РТ составляет 17 ± 3 балла, у 93,7 % – низкий уровень тревожности, у 6,2 % – высокий уровень тревожности. В личной беседе со спортсменами у 3 атлетов явно прослеживались признаки психологического перенапряжения, проявляющиеся в излишней двигательной активности и повышении интенсивности эмоций. Со слов тренеров, повышенная возбудимость обусловлена задачей выиграть первенство России в личном зачёте с улучшением личных достижений.

Уровень ЛТ и РТ членов сборной команды ВУНЦ ВМФ определялся, как мы уже отмечали, в предсоревновательном мезоцикле, накануне чемпионата Военно-Морского Флота, и составил $30,4 \pm 1$ и 13 ± 3 балла соответственно. Значения ЛТ и РТ достоверно ниже ($p < 0,05$) значений, показанных спортсменами – участниками первенства России среди юношей, что, на наш взгляд, является следствием своевременно выполненного анализа качества жизни по опроснику SF-36 и проведения корректирующих мероприятий с учётом полученных результатов.

По окончании исследования нами проведен анализ эмоционального выгорания спортсменов, членов сборной команды ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия», с целью выявления механизмов психологической защиты в форме полного или частичного исключения эмоций в ответ на избранные психотравмирующие воздействия. Анализ проводился на основании опросника В. Бойко «Эмоциональное выгорание» [1]. Длительное эмоциональное напряжение без должного восстановления способствует формированию синдрома эмоционального выгорания. В связи с этим мы считаем целесообразным проанализировать показатели синдрома эмоционального выгорания и возможность их использования при комплексном контроле спортивной подготовки гиревиков. Предложенная В. Бойко методика определения синдрома эмоционального выгорания обнаруживает отсутствие симптомов эмоционального истощения в фазе «НАПРЯЖЕНИЕ» ($15 \pm 4,7$ – «Фаза не сфор-

Физиология

мировалась»). В фазе «РЕЗИСТЕНЦИЯ» ($38,3 \pm 6,5$ – «Фаза в стадии формирования») – эмоциональное истощение, характеризующееся симптомами: неадекватным выборочным эмоциональным реагированием, эмоциональной замкнутостью и снижением коммуникативности, а также стремлением к сокращению времени на выполнение своих профессиональных обязанностей. Фаза «ИСТОЩЕНИЕ» не выявляет признаков психофизического переутомления ($25,3 \pm 5,6$ – «Фаза не сформировалась»). Полученные результаты позволяют предполагать накопление психоэмоционального, физического напряжения у спортсменов, но вместе с тем срыва в подготовке гиревиков не произошло и результаты соревнований это подтверждают [24].

На основании общеклинических, субъективных и объективных методов обследования изучали эффективность лечения, дополни-

тельно применяя балльную систему оценки состояния. Опросник состоял всего из трех пунктов: 3 балла – хороший эффект, 2 балла – удовлетворительный, 1 балл – отсутствие эффекта. По результатам опроса 25 (81,2 %) спортсменов общее состояние оценили как хорошее, 4 (14,2 %) – как удовлетворительное, в 2 случаях – как неудовлетворительное.

Как указывали выше, для подтверждения связи между выраженностью вестибулярного синдрома и наличием миогенного воздействия на позвоночную артерию мы проводили компьютерную стабилometriю с регистрацией основных показателей функции равновесия при повороте головы (рис. 2, табл. 1).

Как видно из рис. 2, у спортсменов обнаруживались значительные девиации тела, наиболее регистрируемые при повороте головы налево. Асимметрия по лабиринту подтверждалась следующими показателями:

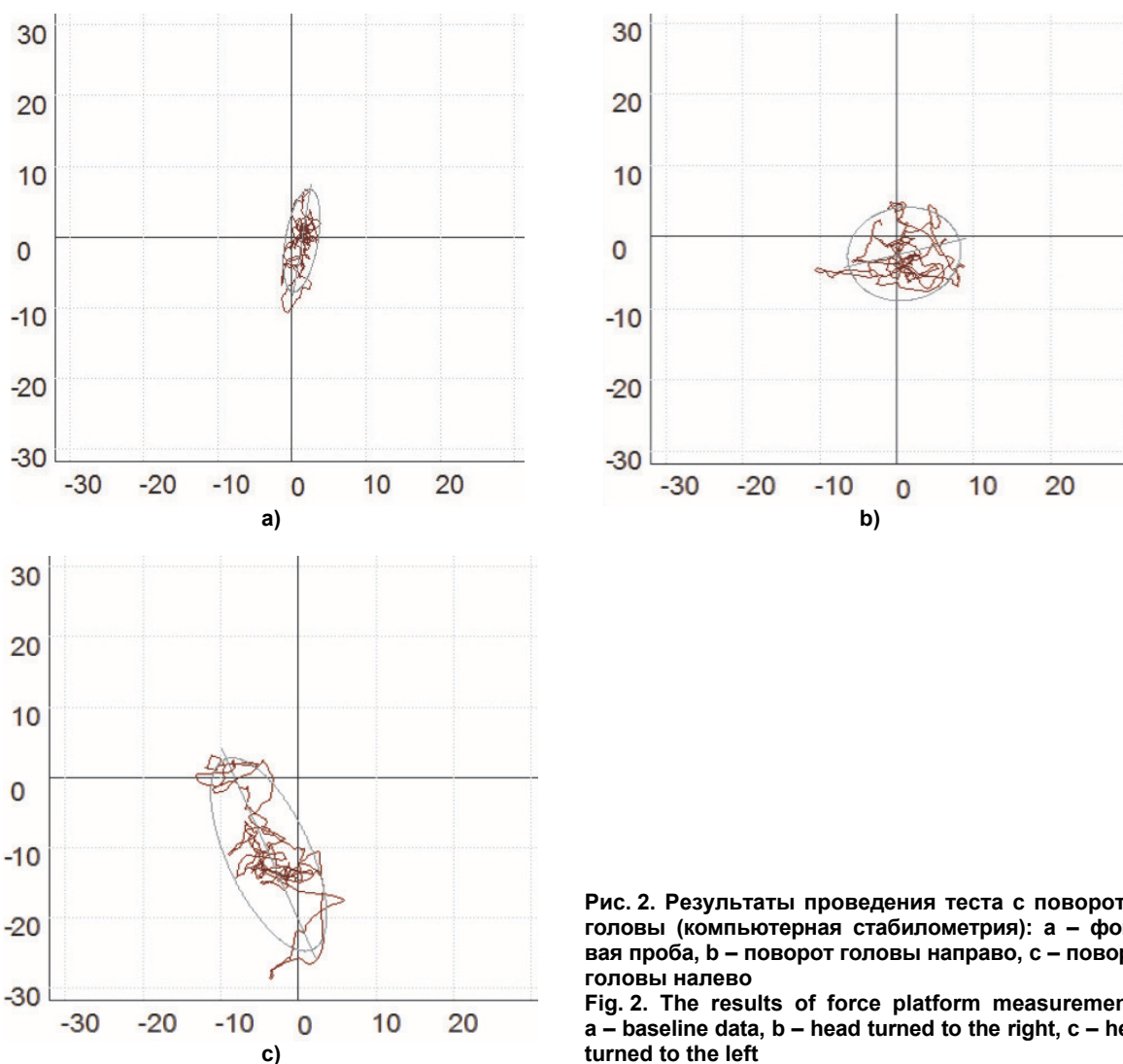


Рис. 2. Результаты проведения теста с поворотом головы (компьютерная стабилметрия): а – фоновая проба, б – поворот головы направо, в – поворот головы налево

Fig. 2. The results of force platform measurements: a – baseline data, b – head turned to the right, c – head turned to the left

Таблица 1
Table 1Среднее значение параметров компьютерной стабилометрии
Average values of force platform measurements

Параметры обследования Parameter	Обозначения Abbreviaton	Фоновая проба Baseline data	Голова направо Head turned to the right	Голова налево Head turned to the left
Смещение во фронтальной плоскости Displacement in the frontal plane	MO(x), мм/mm	1,35	0,99	-3,82
Смещение в сагиттальной плоскости Displacement in the sagittal plane	MO(y), мм/mm	-0,5	2,36	-10,98
Разброс во фронтальной плоскости Sway range in the frontal plane	Q(x), мм/mm	1,16	3,43	3,48
Разброс в сагиттальной плоскости Sway range in the sagittal plane	Q(y), мм/mm	3,39	3,04	6,4
Средний разброс Average range	R, мм/mm	2,91	3,98	5,82
Средняя скорость перемещения (ЦД) Average velocity (CoP)	V, мм/mm	8,58	12,83	15,19
Площадь эллипса Ellipse area	EIS, мм ² /mm ²	51,2	150,6	250,4
Длина траектории ЦД во фронтальной плоскости CoP trajectory in the frontal plane	LX, мм/mm	85,2	164,3	190,6
Длина траектории ЦД в сагиттальной плоскости CoP trajectory in the sagittal plane	LE, мм/mm	121,6	161	193,4
Длина в зависимости от площади Length to area ratio	LFS, мм	2,0511	1,6981	0,9891

смещением ЦД как во фронтальной плоскости в 2,11 раза по сравнению с воздействием пробы «Голова направо», так и смещением ЦД в сагиттальной плоскости, площадью эллипса и средней скоростью перемещения тела.

Сопоставление результатов выполненного исследования подтверждает корреляционную взаимосвязь между степенью выраженности миогенной компрессии и клиническим проявлением вестибулярного синдрома. При этом кохлео-вестибулярные симптомы развивались на стороне измененной позвоночной артерии (в сторону поворота головы). Учитывая показатели специфического теста компьютерной стабилометрии, нами разработан комплекс коррекционных физических упражнений для улучшения оттока внутричерепной жидкости посредством регуляции тонуса мышц шеи и плечевого пояса. Комплекс физических упражнений состоит из подготовительной, основной и заключительной частей. Упражнения вводной части являются разминочными перед основными элементами комплекса лечебных физических упражнений. Вторая часть предполагает умеренное возрастание интенсивности и сложности нагрузок. Завершающая часть упражнений плавно уменьшает физические нагрузки.

Комплекс лечебных профилактических физических упражнений для спортсменов-гиревиков

Вводная часть:

1. Исходное положение (И.п.): стоя, руки опущены, ноги на ширине плеч.

Техника выполнения: вдох: поднять плечи вверх, выдох: опустить вниз.

Рекомендации: выполнять в умеренном ритме 4–6 раз. Темп медленный.

2. И.п.: стоя, руки опущены, ноги на ширине плеч.

Техника выполнения: вдох: поднять руку вверх, выдох: вернуть в И.п.

Рекомендации: выполнять поочередно правой, затем левой рукой. Кисть собрана в кулак. Руку максимально вытягиваем вверх. Темп умеренный. 6 раз.

Основная часть

1. И.п.: стоя, ноги на ширине плеч, руки опущены вниз.

Техника выполнения: выполнять круговые вращения прямыми руками поочередно правой / левая рука с отводом руки назад.

Рекомендации: темп медленный. Дыхание произвольное. Кисть собрана в кулак. 6–8 раз.

2. И.п.: вдох: поднять обе руки вверх, выдох: вернуть в И.п.

Техника выполнения: вдох: поднять руку вверх, выход: вернуть в И.п.

Рекомендации: темп произвольный. Вдох производить через нос. Выдох – через рот. Выдох длиннее вдоха в два раза. 8–10 раз.

3. И.п.: стоя, ноги на ширине плеч, руки на поясе.

Техника выполнения: 1 – голову опускаем (вперед/ назад), 2 – И.п.

Рекомендации: темп умеренный. Дыхание ритмичное. Плечи опущены. 6–8 раз.

4. И.п.: стоя, ноги на ширине плеч, руки опущены вниз.

Техника выполнения: 1 – руки соединили на затылки, локти развели в стороны, 2 – локти вперед, надавить кистями на затылок, 3 – локти стороны, 4 – И.п.

Рекомендации: темп удобный. Дыхание ритмичное. Голова неподвижна. 4–6 раз.

5. И.п.: стоя, ноги на ширине плеч, руки опущены вниз.

Техника выполнения: 1 – руки соединили на лбу, тыльная сторона ладони на лбу, локти развели в стороны, 2 – локти отводим максимально назад, 3 – локти стороны, 4 – И.п. надавить кистями на лоб.

Рекомендации: темп удобный. Дыхание ритмичное. Голова неподвижна. 4–6 раз.

Завершающая часть

1. И.п.: стоя, ноги на ширине плеч, руки опущены вниз.

Техника выполнения: 1 – прямые руки поднимаются крестообразно вперед-вверх, над головой разводятся в стороны и опускаются. При этом голова на 1–2 вниз, на 3–4 вверх.

Рекомендации: Темп медленный. Глубокий вход и выдох. 6–8 раз.

2. И.п.: стоя, ноги на ширине плеч, руки опущены вниз.

Техника выполнения: 1 – руки опускаем вниз, туловище чуть наклонено вперед, параллельное движение руками вправо–влево, с резким выдохом на счет 2.

Рекомендации: темп ритмичный. Дыхание, ускоренное на выдохе. 6–8 раз.

Наглядная демонстрация значительного сокращения девиации и стабилизации положения тела у спортсменов, регистрируемых при поворотах головы, представлена на стабилотограммах (рис. 3).

Среднестатистические показатели значения параметров компьютерной стабилотрии

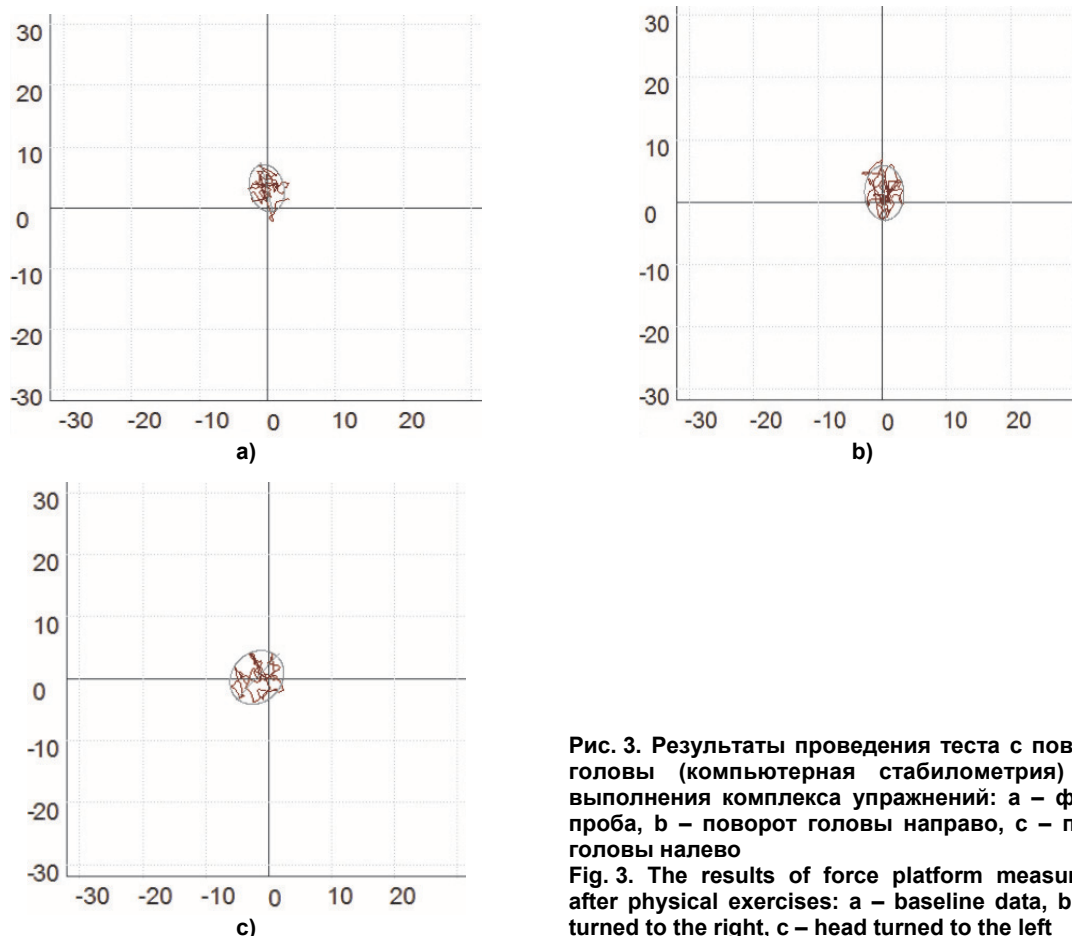


Рис. 3. Результаты проведения теста с поворотом головы (компьютерная стабилотрия) после выполнения комплекса упражнений: а – фоновая проба, б – поворот головы направо, с – поворот головы налево

Fig. 3. The results of force platform measurements after physical exercises: a – baseline data, b – head turned to the right, c – head turned to the left

Таблица 2
Table 2Среднее значение параметров компьютерной стабиллометрии после комплекса упражнений
Average values of force platform measurements after physical exercises

Параметры обследования Parameter	Обозначения Abbreviaton	Фоновая проба Baseline data	Голова направо Head turned to the right	Голова налево Head turned to the left
Смещение во фронтальной плоскости Displacement in the frontal plane	MO(x), мм/мм	0,12	0,29	-1,83
Смещение в сагиттальной плоскости Displacement in the sagittal plane	MO(y), мм/мм	3,26	1,48	0,18
Разброс во фронтальной плоскости Sway range in the frontal plane	Q(x), мм/мм	1,12	1,43	2,04
Разброс в сагиттальной плоскости Sway range in the sagittal plane	Q(y), мм/мм	1,41	2,04	2,13
Средний разброс Average range	R, мм/мм	1,87	2,18	2,63
Средняя скорость перемещения (ЦД) Average velocity (CoP)	V, мм/мм	5,42	6,15	4,12
Площадь эллипса Ellipse area	EIS, мм ² /мм ²	31,3	42,6	67,4
Длина траектории ЦД во фронтальной плоскости CoP trajectory in the frontal plane	LX, мм/мм	53,4	93,3	95,2
Длина траектории ЦД в сагиттальной плоскости CoP trajectory in the sagittal plane	LE, мм/мм	65,2	136,4	193,4
Длина в зависимости от площади Length to area ratio	LFS, мм	3,0322	3,2561	0,6971

после выполнения спортсменами комплекса упражнений уже через один месяц демонстрируют стабилизацию кохлео-вестибулярных дисфункций. Как видно из табл. 2, отмечается значительное улучшение наиболее важных показателей поддержания вертикальной позы (разброс ЦД, средняя скорость перемещения ЦД, смещение ЦД во фронтальной и в сагиттальной плоскостях).

Заключение. Спортсмены-гиревики при выполнении упражнений на тренировках или соревнованиях подвергаются чрезмерным статическим и динамическим нагрузкам. Вынужденное сгибание шейного отдела позвоночника и миогенные компрессии сосудов шеи приводят к гемодинамическим дисфункциям позвоночных и шейных артерий. При этом у спортсменов наблюдаются кохлео-вестибулярные нарушения, психоэмоциональные расстройства, тревожность, снижается качество жизни, здоровье, мотивация к тренировкам и соревнованиям. Сопоставление результатов выполненного исследования подтверждает корреляционную взаимосвязь между степенью выраженности миогенной компрессии и сенсорными оториноларингологическими проявлениями.

Психофизический контроль состояний как элемент этапного контроля позволяет выявлять психоэмоциональные особенности атлетов и своевременно проводить корректирующие и профилактические мероприятия, способствующие индивидуализации тренировочного процесса спортсмена. Предлагаемый метод позволяет выявить наиболее выраженные факторы психологического состояния спортсменов и выработать эффективную копинг-стратегию, предупреждая развитие психологического стресса. Своевременное выявление сенсорных и вазомоторных проблем ЛОР-органов, их медикаментозное лечение или хирургическое разрешение с использованием предложенного комплекса лечебной физической культуры позволит полноценно продолжить тренировки и повысить спортивные показатели.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Бойко, В.В. Синдром эмоционального выгорания в профессиональном общении / В.В. Бойко. – СПб.: Сударыня, 1999. – 32 с.

2. Варианты модификации костной ткани при хроническом среднем отите по данным световой и электронной микроскопии / И.Д. Дубинец, М.Ю. Коркмазов, А.И. Синицкий и др. // *Вестник оториноларингологии*. – 2019. – Т. 84, № 3. – С. 16–21. DOI: 10.17116/otorino20198403116
3. Влияние немедикаментозной терапии на сроки реабилитации и занятие стендовой стрельбой после перенесенных ринохирургических вмешательств / М.Ю. Коркмазов, А.М. Коркмазов, И.Д. Дубинец и др. // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2020. – Т. 20, № S1. – С. 136–144. DOI: 10.14529/hsm20s117
4. Гизингер, О.А. Состояние факторов антимикробной защиты назального секрета у пациентов, оперированных по поводу искривления носовой перегородки в ранний послеоперационный период / О.А. Гизингер, А.М. Коркмазов, М.Ю. Коркмазов // *Рос. иммунол. журнал*. – 2017. – Т. 11 (20), № 2. – С. 117–119.
5. Ильин, Е.П. Психомоторная организация человека / Е.П. Ильин. – СПб.: Питер, 2003. – 384 с.
6. Классификация структурных изменений костной ткани при хроническом гнойном среднем отите / М.Ю. Коркмазов, А.И. Крюков, И.Д. Дубинец и др. // *Вестник оториноларингологии*. – 2019. – Т. 84, № 1. – С. 12–17. DOI: 10.17116/otorino20198401112
7. Коркмазов, М.Ю. Необходимость дополнительных методов реабилитации больных с кохлео-вестибулярной дисфункцией / М.Ю. Коркмазов, М.А. Ленгина // *Вестник оториноларингологии*. – 2012. – № S5. – С. 76–77.
8. Коркмазов, М.Ю. Биохимические показатели характера оксидативного стресса в зависимости от проводимой послеоперационной терапии у пациентов, перенесших внутриносые хирургические вмешательства / М.Ю. Коркмазов, М.А. Ленгина, А.М. Коркмазов // *Вестник оториноларингологии*. – 2016. – Т. 81, № 5, прил. – С. 33–35.
9. Коркмазов, М.Ю. Биорезонанс. Основные принципы биорезонансной и электромагнитной терапии / М.Ю. Коркмазов // *Вестник оториноларингологии*. – 2008. – № 2. – С. 59–61.
10. Коркмазов, А.М. Методы коррекции функциональных нарушений фагоцитов и локальных проявлений окислительного стресса в слизистой оболочке полости носа с использованием ультразвуковой кавитации / А.М. Коркмазов, М.Ю. Коркмазов // *Рос. иммунол. журнал*. – 2018. – Т. 12 (21), № 3. – С. 325–328. DOI: 10.31857/S102872210002404-9
11. Мантрова, И.Н. Методическое руководство по психофизиологической и психологической диагностике / И.Н. Мантрова. – Иваново: ООО «Нейрософт», 2007. – 216 с.
12. Механизмы возникновения вестибулярных расстройств у спортсменов, занимающихся стендовой стрельбой, методы их выявления и коррекции / М.А. Ленгина, И.Д. Дубинец, А.М. Коркмазов и др. // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2021. – Т. 21, № 1. – С. 156–168. DOI: 10.14529/hsm210120
13. Моросанова, В.И. Диагностика саморегуляции человека / В.И. Моросанова, И.Н. Бондаренко. – М.: Когито-Центр, 2015. – 304 с.
14. Окислительная модификация белков ткани височной кости при хронических средних отитах / И.Д. Дубинец, А.И. Синицкий, М.Ю. Коркмазов и др. // *Казан. мед. журнал*. – 2019. – Т. 100, № 2. – С. 226–231. DOI: 10.17816/KMJ2019-226
15. Оптимизация педагогического процесса на кафедре оториноларингологии / М.Ю. Коркмазов, К.С. Зырянова, И.Д. Дубинец, Н.В. Корнова // *Вестник оториноларингологии*. – 2014. – № 1. – С. 82–85.
16. Смоленцева, В.Н. Средства психической саморегуляции и успешность их применения в практике спорта / В.Н. Смоленцева // *Вопросы функционал. подготовки в спорте высших достижений*. – 2014. – Т. 2. – С. 63–67.
17. Спилбергер, Ч.Д. Концептуальные и методологические проблемы исследования тревоги / Ч.Д. Спилбергер // *Тревога и тревожность: хрестоматия*. – СПб., 2001. – С. 88–103.
18. Шишева, А.К. Социально-экономические аспекты оптимизации госпитальной помощи больным с патологией носа и околоносовых пазух в условиях крупного промышленного города / А.К. Шишева, М.Ю. Коркмазов // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура»* – 2011. – № 26 (243). – С. 62–66.
19. Щетинин, С.А. Клинические проявления и дисфункции иммунного статуса у детей с хроническим аденоидитом и методы их коррекции с использованием озонотерапии / С.А. Щетинин, О.А. Гизингер, М.Ю. Коркмазов // *Рос. иммунол. журнал*. – 2015. – Т. 9 (18), № 3-1. – С. 255–257.

20. Donatelli, R. *Sports – specific rehabilitation* / R. Donatelli. – USA: Churchill Livingstone/Elsevier, 2007. – 336 p.

21. *International Society of Sport Psychology Position Stand: Athletes' Mental Health, Performance, and Development* / R. Schinke, G. Si, N. Stambulova, Z. Moore // *International Journal of Sport and Exercise Psychology*. – 2017. – Vol. 16, No. 1. – P. 5–28. DOI: 10.1080/1612197X.2017.1295557

22. Knyazev, G.G. *Motivation, emotion, and their inhibitory control mirrored in brain oscillations* / G.G. Knyazev // *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. – 2007. – Vol. 31. – P. 377–395.

23. Kuo, A.D. *An optimal state estimation model of sensory integration in human postural balance* / A.D. Kuo // *Journal of neural engineering*. – 2005. – Vol. 2, No. 3. – P. 235–349.

24. *Sport attainment and proprioception* / J. Han, J. Anson, G. Waddington, R. Adams // *International journal of Sports Science & Coaching*. – 2014. – Vol. 9, No. 1. – P. 159–170.

Талибов Абсет Хакиевич, доктор биологических наук, профессор, Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта. 190121, г. Санкт-Петербург, ул. Декабристов, д. 35. E-mail: t.abset@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-2005-1609.

Коркмазов Мусос Юсуфович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой оториноларингологии, Южно-Уральский государственный медицинский университет. 454092, г. Челябинск, ул. Воровского, д. 64. E-mail: Korkmazov74@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8103-192X.

Ленгина Мария Александровна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры оториноларингологии, Южно-Уральский государственный медицинский университет. 454092, г. Челябинск, ул. Воровского, д. 64. E-mail: Danilenko1910@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8103-192X.

Кривопапов Александр Александрович, доктор медицинских наук, старший научный сотрудник, Санкт-Петербургский НИИ уха, горла, носа и речи. 190013, г. Санкт-Петербург, ул. Бронницкая, д. 9. E-mail: Krivopalov@list.ru, ORCID: 0000-0002-6047-4924.

Гришаев Николай Валерьевич, старший преподаватель, Военный учебно-научный центр Военно-Морского Флота «Военно-морская академия». 197045, г. Санкт-Петербург, Ушаковская набережная, д. 17/1. E-mail: niksport80@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4091-1944.

Поступила в редакцию 12 сентября 2021 г.

DOI: 10.14529/hsm210404

PERSONALIZED APPROACH TO IMPROVING THE QUALITY OF LIFE AND PSYCHOPHYSICAL READINESS OF WEIGHTLIFTERS THROUGH THE CORRECTION OF SENSORY AND VASOMOTOR DISORDERS OF ENT ORGANS

A.Kh. Talibov¹, t.abset@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-2005-1609,

M.Yu. Korkmazov², Korkmazov74@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8642-0166,

M.A. Lengina², Danilenko1910@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8103-192X,

A.A. Krivopalov³, Krivopalov@list.ru, ORCID: 0000-0002-6047-4924,

N.V. Grishaev⁴, niksport80@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4091-1944

¹Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health, Saint Petersburg, Russian Federation,

²South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russian Federation,

³St. Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech, St. Petersburg, Russian Federation,

⁴Military Educational and Scientific Center of the Navy "Naval Academy", St. Petersburg, Russian Federation

The paper aims to improve psychophysical readiness to athletic achievements among weightlifters (kettlebell lifting) based on the analysis of the effect of sensory and vasomotor disorders of ENT organs on the quality of life. **Materials and methods.** Researchers from

different departments of four educational institutions performed the assessment of the quality of life and psychophysical readiness to athletic achievements among weightlifters. The study involved 24 weightlifters from St. Petersburg and 7 weightlifters from Chelyabinsk (14 Masters of Sports, 8 Candidates for Master of Sports, 9 athletes of the 1st category with 5–12 years of sports experience). The following methods were used for the study: the SF-36 health survey questionnaire, the identification of personal anxiety and emotional burnout. Physical examination revealed sensory and vasomotor disorders, which were treated surgically or medically or with the help of physical exercises. The results obtained provided data about the effectiveness of these measures and allowed to develop personalized recommendations for athletes. **Results.** Sensory and vasomotor disorders are often observed as a result of heavy physical exertion associated with muscle tension (both static and dynamic). If the first alarming symptoms are ignored, the disease progresses and affects both the quality of life and motivation for training. A personalized approach to each athlete with the correction of the abovementioned disorders improves athletic performance. **Conclusion.** The assessment of personal anxiety, mental state and emotional burnout with subjective methods is an important aspect of special and general physical training. Moreover, the objective methods for identifying and correcting sensory and vasomotor changes contribute to the selection of athletes and allow to monitor the dynamics of psychophysical and physiological parameters that affect athletic performance.

Keywords: *training, weightlifters, quality of life, emotional state, sensory disturbances, anxiety, computer stabilometry.*

References

1. Boyko V.V. *Sindrom emotsional'nogo vygoraniya v professional'nom obshchenii* [Burnout Syndrome in Professional Communication]. St. Petersburg, Madame Publ., 1999. 32 p. (in Russ.)
2. Dubinets I.D., Korkmazov M.Yu., Sinitsky A.I. et al. [Variants of Bone Tissue Modification in Chronic Otitis Media According to Light and Electron Microscopy]. *Vestnik otorinolaringologii* [Bulletin of Otorhinolaryngology], 2019, vol. 84, no. 3, pp. 16–21. (in Russ.) DOI: 10.17116/otorino20198403116
3. Korkmazov M.Yu., Korkmazov A.M., Dubinets I.D. et al. Influence of Non-Drug Therapy on Rehabilitation Time and Skeet Shooting after Rhinosurgical Interventions. *Human. Sport. Medicine*, 2020, vol. 20, no. S1, pp. 136–144. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm20s117
4. Gizinger O.A., Korkmazov A.M., Korkmazov M.Yu. [The State of the Factors of Antimicrobial Protection of the Nasal Secretion in Patients Operated on for the Curvature of the Nasal Septum in the Early Postoperative Period]. *Rossiyskiy immunologicheskiy zhurnal* [Russian Journal of Immunology], 2017, vol. 11 (20), no. 2, pp. 117–119. (in Russ.)
5. Il'in E.P. *Psikhomotornaya organizatsiya cheloveka* [Psychomotor Organization of a Person]. St. Petersburg, Peter Publ., 2003. 384 p.
6. Korkmazov M.Yu., Kryukov A.I., Dubinets I.D. et al. [Classification of Structural Changes in Bone Tissue in Chronic Purulent Otitis Media]. *Vestnik otorinolaringologii* [Bulletin of Otorhinolaryngology], 2019, vol. 84, no. 1, pp. 12–17. (in Russ.) DOI: 10.17116/otorino20198401112
7. Korkmazov M.Yu., Lengina M.A. [The Need for Additional Methods of Rehabilitation of Patients with Cochleo-Vestibular Dysfunction]. *Vestnik otorinolaringologii* [Bulletin of Otorhinolaryngology], 2012, no. S5, pp. 76–77. (in Russ.)
8. Korkmazov M.Yu., Lengina M.A., Korkmazov A.M. [Biochemical Parameters of the Nature of Oxidative Stress Depending on the Postoperative Therapy in Patients who Underwent Intra-Nasal Surgery]. *Vestnik otorinolaringologii* [Bulletin of Otorhinolaryngology], 2016, vol. 81, no. 5, pp. 33–35. (in Russ.)
9. Korkmazov M.Yu. [Bioresonance. Basic Principles of Bioresonance and Electromagnetic Therapy]. *Vestnik otorinolaringologii* [Bulletin of Otorhinolaryngology], 2008, no. 2, pp. 59–61. (in Russ.)
10. Korkmazov M.Yu., Korkmazov A.M. [Methods of Correction of Functional Disorders of Phagocytes and Local Manifestations of Oxidative Stress in the Mucous Membrane of the Nasal Cavity Using Ultrasound Cavitation]. *Rossiyskiy immunologicheskiy zhurnal* [Russian Journal of Immunology], 2018, vol. 12 (21), no. 3, pp. 325–328. (in Russ.) DOI: 10.31857/S102872210002404-9
11. Mantrova I.N. *Metodicheskoe rukovodstvo po psikhofiziologicheskoy i psikhologicheskoy diagnostike* [Methodological Guide to Psychophysiological and Psychological Diagnostics]. Ivanovo, Neyrosoft Publ., 2007. 216 p.

12. Lengina M.A., Dubinets I.D., Korkmazov A.M. et al. Mechanisms of Vestibular Disorders in Skeet Shooters, Their Detection and Correction. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 1, pp. 156–168. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210120
13. Morosanova V.I., Bondarenko I.N. *Diagnostika samoregulyatsii cheloveka* [Diagnostics of Human Self-Regulation]. Moscow, Kogito Publ., 2015. 304 p. (in Russ.)
14. Dubinets I.D., Sinitsky A.I., Korkmazov M.Yu. et al. [Oxidative Protein Modification of the Temporal Bone Tissue in Chronic Otitis Media]. *Kazanskiy medicinskiy zhurnal* [Kazan Medical Journal], 2019, vol. 100, no. 2, pp. 226–231. (in Russ.) DOI: 10.17816/KMJ2019-226
15. Korkmazov M.Yu., Zyryanova K.S., Dubinets I.D., Kornova N.V. [Optimization of the Pedagogical Process at the Department of Otorhinolaryngology]. *Vestnik otorinolaringologii* [Bulletin of Otorhinolaryngology], 2014, no. 1, pp. 82–85. (in Russ.)
16. Smolentseva V.N. [Means of Mental Self-Regulation and the Success of Their Application in the Practice of Sports]. *Voprosy funktsional'noy podgotovki v sporte vysshikh dostizheniy* [Questions of Functional Training in High-Performance Sports], 2014, vol. 2, pp. 63–67. (in Russ.)
17. Spielberger Ch.D. [Conceptual and Methodological Problems of Anxiety Research]. *Trevoga i trevozhnost': khrestomatiya* [Anxiety and Anxiety], 2001, pp. 88–103. (in Russ.)
18. Shisheva A.K., Korkmazov M.Yu. Socio-Economic Aspects of Optimizing Hospital Care for Patients with Pathology of the Nose and Paranasal Sinuses in a Large Industrial City. *Bulletin of South Ural State University. Series. Education, Healthcare, Physical Education*, 2011, no. 26 (243), pp. 62–66. (in Russ.)
19. Shchetinin S.A., Gizinger O.A., Korkmazov M.Yu. [Clinical Manifestations and Dysfunctions of the Immune Status in Children with Chronic Adenoiditis and Methods of Their Correction Using Ozone Therapy]. *Rossiyskiy immunologicheskiy zhurnal* [Russian Journal of Immunology], 2015, vol. 9 (18), no. 3–1, pp. 255–257. (in Russ.)
20. Donatelli R. *Sports – Specific Rehabilitation*. USA: Churchill Livingstone/Elsevier, 2007. 336 p.
21. Schinke R., Si G., Stambulova N., Moore Z. International Society of Sport Psychology Position Stand: Athletes' Mental Health, Performance, and Development. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 2017, vol. 16, no. 1, pp. 5–28. DOI: 10.1080/1612197X.2017.1295557
22. Knyazev G.G. Motivation, Emotion, and Their Inhibitory Control Mirrored in Brain Oscillations. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 2007, vol. 31, pp. 377–395. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2006.10.004
23. Kuo A.D. An Optimal State Estimation Model of Sensory Integration in Human Postural Balance. *Journal of Neural Engineering*, 2005, vol. 2, no. 3, pp. 235–349. DOI: 10.1088/1741-2560/2/3/S07
24. Han J., Anson J., Waddington G., Adams R. Sport Attainment and Proprioception. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 2014, vol. 9, no. 1, pp. 159–170. DOI: 10.1260/1747-9541.9.1.159

Received 12 September 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Персонализированный подход к повышению качества жизни и психофизической готовности спортсменов-гиревиков коррекцией сенсорных и вазомоторных расстройств ЛОР-органов / А.Х. Талибов, М.Ю. Кorkmazov, М.А. Ленгина и др. // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 29–41. DOI: 10.14529/hsm210404

FOR CITATION

Talibov A.Kh., Korkmazov M.Yu., Lengina M.A., Krivopalov A.A., Grishaev N.V. Personalized Approach to Improving the Quality of Life and Psychophysical Readiness of Weightlifters Through the Correction of Sensory and Vasomotor Disorders of ENT Organs. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 4, pp. 29–41. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210404

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КАК КРИТЕРИИ СПОРТИВНОГО ОТБОРА В ЕДИНОБОРСТВАХ

Р.Э. Сиразетдинов¹, М.А. Негашева¹, Э.А. Бондарева²

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия,

²Федеральный научно-клинический центр физико-химической медицины
Федерального медико-биологического агентства России, г. Москва, Россия

Цель исследования: экспресс-оценка морфологических особенностей и дифференциальная диагностика комплекса показателей телосложения, способствующих достижению высокой спортивной квалификации и спортивной успешности в единоборствах. **Материалы и методы.** Изучены показатели телосложения (более 20 соматических размеров и индексов) в трех группах мужчин (n = 247) в возрасте от 18 лет до 31 года: спортсмены (n = 48), профессионально занимающиеся единоборствами (преимущественно разные виды борьбы), имеющие разряд от кандидата в мастера спорта и выше; вторая и третья группы (условно «контрольные») – студенты, не занимающиеся спортом (n = 97), и курсанты, имеющие хорошие физические кондиции (n = 102). Применены дисперсионный и множественный дискриминантный анализы в программе Statistica 10.0. **Результаты.** Выявлен устойчивый комплекс морфологических особенностей, способствующих достижению высокой спортивной квалификации и спортивной успешности в единоборствах: максимальной крепости (по индексу Ливи) развитие грудной клетки; ярко выраженная широкоплечность; низкие значения индекса: длина ноги/длина тела и высокие показатели отношения: длина руки/длина тела; минимальное развитие подкожного жираотложения на корпусе и конечностях. **Заключение.** Разработана оригинальная математическая модель дифференциальной диагностики – объективного отнесения одного или нескольких индивидов из общего массива обследованных (в том числе не занимающихся спортом и представителей с хорошим физическим развитием) по комплексу морфологических признаков к группе спортсменов-единоборцев. Полученные результаты позволяют рекомендовать предложенную модель экспресс-оценки морфологических особенностей, способствующих достижению высокой квалификации и спортивной успешности в единоборствах, для апробации на более ранних возрастных группах в качестве дополнительного формализованного критерия спортивного отбора.

Ключевые слова: морфологические особенности, спортивный отбор, единоборства, дискриминантные функции.

Введение. Морфофункциональные особенности и их изменчивость в процессе занятий разными видами спорта привлекают пристальное внимание исследователей [1, 6, 13], изучающих факторы успешности в отечественном и мировом профессиональном спорте, особенно в спорте высоких достижений [4, 10, 15]. Любой вид спорта характеризуется определенным комплексом морфофункциональных качеств, используемых в спортивном отборе [8, 9, 11, 13], которые способствуют достижению высоких спортивных результатов и наиболее отчетливо проявляются на уровне спортсменов высокой спортивной квалификации. **Цель исследования** – экспресс-оценка морфологических особенностей и дифференциальная диагностика (на основе применения множественного дискриминантного анализа) комплекса показателей телосложения, способствующих достижению высокой спортивной квалификации и спортивной успешности в единоборствах.

Материалы и методы. В работе использованы материалы комплексного морфологического обследования трех групп молодых мужчин (n = 247) в возрасте от 18 лет до 31 года преимущественно русской национальности, проживающих на протяжении многих лет в Москве. Первая группа – спортсмены (n = 48), профессионально занимающиеся единоборствами (разные виды борьбы) и достигшие высокой спортивной квалификации (имеющие разряд от кандидата в мастера спорта и выше). Вторая и третья группы являются «контрольными»: студенты разных московских вузов, не занимающиеся спортом (n = 97), и курсанты Академии государственной противопожарной службы МЧС РФ, имеющие хорошее общее физическое развитие (n = 102). Группы контроля и обследованных спортсменов максимально близки (аналогичны) по возрасту, этнической принадлежности и распределению представителей с разными весовыми категориями, что обеспе-

чивает объективность и достоверность полученных результатов исследования. Программа обследования включала измерение более 20 показателей телосложения: длина и масса тела; длина корпуса и конечностей; ширина плеч и таза; ширина локтя, запястья, колена и лодыжек; обхваты и жировые складки на туловище и конечностях [7]. Все материалы собраны с соблюдением правил биоэтики (экспертное заключение комиссии МГУ по биоэтике, протокол № 88-о от 22.02.2018), подписанием протоколов информированного согласия и деперсонифицированием данных.

Для определения морфологических особенностей были рассчитаны индексы, характеризующие развитие грудной клетки (индекс Ливи = обхват груди в спокойном состоянии/длина тела); широкоплечность (ширина плеч/длина тела, ширина таза/ширина плеч); относительную длину конечностей (длина

руки/длина тела, длина ноги/длина тела). Тип телосложения (оценка баллов эндо-, мезо- и эктоморфии) определялся по схеме Хит – Картера [14]: показатель эндоморфии отражает степень развития жировой ткани; мезоморфия описывает степень развития опорно-двигательного аппарата; эктоморфия косвенно отражает увеличение площади поверхности тела и существенно зависит от ростового отношения. Для статистической обработки полученных данных использованы методы дисперсионного и множественного дискриминантного анализов в пакете программ Statistica 10.0 [3, 5].

Результаты. По результатам сравнительного анализа показателей телосложения в обследованных группах мужчин выявлен устойчивый комплекс морфологических особенностей, характерных для спортсменов, занимающихся единоборствами (табл. 1):

Таблица 1
Table 1

Морфологические характеристики в обследованных группах (M ± m)
Morphological characteristics of the groups (M ± m)

Показатели телосложения Morphological characteristics	Группа спортсменов- единоборцев Athletes (n = 48)	1-я контрольная группа, студенты 1st control group, students (n = 97)	2-я контрольная группа, курсанты 2nd control group, cadets (n = 102)
Длина тела, см Height, cm	174,88 ± 0,94***	177,91 ± 0,58	178,21 ± 0,65
Обхват груди, см Chest circumference, cm	95,15 ± 0,88	93,63 ± 0,68	94,54 ± 0,63
Индекс Ливи, % Chest to height ratio, %	54,45 ± 0,45*	52,66 ± 0,40	53,07 ± 0,33
Ширина таза/ширина плеч, % Pelvic width/shoulder width, %	69,30 ± 0,60**	69,37 ± 0,39	71,49 ± 0,43
Длина руки/длина тела, % Arm length/height, %	44,82 ± 0,19***	44,19 ± 0,12	43,44 ± 0,12
Длина ноги/длина тела, % Leg length/height, %	56,52 ± 0,26**	56,92 ± 0,14	57,17 ± 0,11
Ширина локтя/длина тела, % Elbow width/height, %	3,92 ± 0,07**	4,02 ± 0,02	4,04 ± 0,02
Ширина колена/длина тела, % Knee width/height, %	5,71 ± 0,06***	5,56 ± 0,02	5,59 ± 0,02
Жир.скл. под лопаткой, мм Subscapular skinfold, mm	9,47 ± 0,52*	13,17 ± 0,76	9,73 ± 0,30
Жир.скл. на животе, мм Abdominal skinfold, mm	8,76 ± 0,59*	16,96 ± 1,06	11,18 ± 0,48
Жир.скл. на трицепсе, мм Triceps skinfold, mm	5,43 ± 0,43***	10,50 ± 0,59	8,73 ± 0,27
Жир.скл. на голени, мм Calf skinfold, mm	5,86 ± 0,48***	9,81 ± 0,44	9,75 ± 0,28

Примечание: * – p < 0,05 изменения достоверны относительно 1-й контрольной группы; ** – p < 0,05 изменения достоверны относительно 2-й контрольной группы.

Note: * – p < 0.05 significant differences with respect to the 1st control group; ** – p < 0.05 significant differences with respect to the 2nd control group.

1) максимальной крепости (по индексу Ливи) развитие грудной клетки вместе с ярко выраженной широкоплечестью (низкие значения индекса: ширина таза/ширина плеч); 2) относительно короткие ноги (низкие значения индекса: длина ноги/длина тела), при этом показатель массивности скелета нижних конечностей (ширина колена/длина тела) имеет наиболее высокие значения, что обеспечивает хорошую устойчивость спортсмена на ринге; 3) удлиненные руки (высокие значения: длина руки/длина тела) с одновременно пониженной массивностью скелета верхних конечностей (ширина локтя/длина тела), сочетание указанных признаков способствует увеличению размаха движений и более высокой скорости ударов верхних конечностей; 4) минимальное развитие жираотложения. Полученный комплекс соматотипологических особенностей сопоставим с результатами исследований других авторов и, по всей вероятности, способствует профессиональной успешности в этом виде спорта [2, 9, 11, 12, 16].

На следующем этапе исследования для

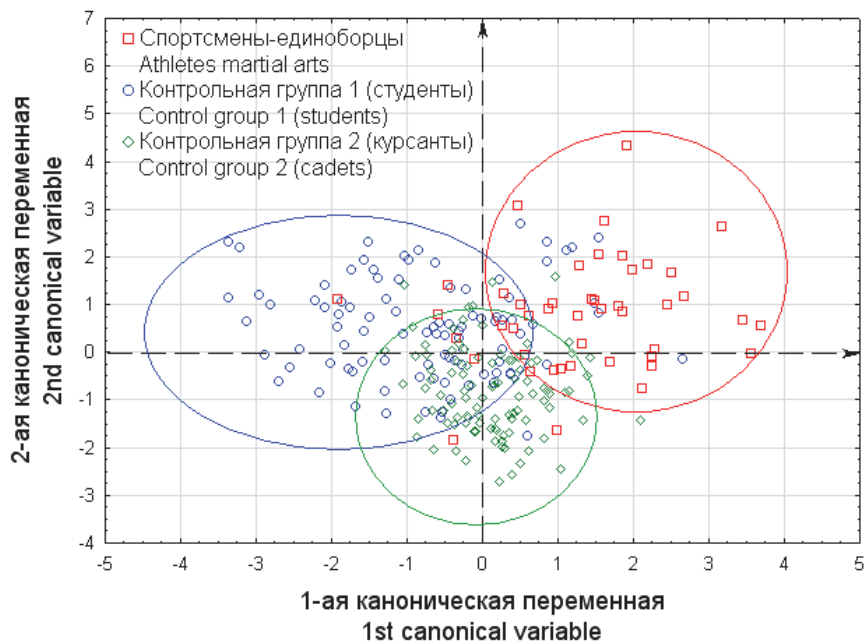
решения задач спортивного отбора – объективного отнесения одного или нескольких индивидов по комплексу морфологических признаков к группе единоборцев из контрольных групп молодых мужчин (как вообще не занимающихся спортом, так и с хорошей общей физической подготовкой) – был проведен множественный дискриминантный анализ (МДА): на базе исходных показателей телосложения получены новые переменные (дискриминантные функции), которые обладают оптимальным свойством разделять максимально хорошо друг от друга рассматриваемые совокупности индивидов (спортсменов-единоборцев с контрольными группами). Число дискриминантных функций (ДФ) равно числу выборок, и каждой обследованной группе соответствует своя ДФ (табл. 2).

Для определения принадлежности респондента к группе спортсменов-единоборцев или контрольным группам с использованием коэффициентов ДФ из табл. 2 рассчитываются значения всех трех ДФ по индивидуальным данным показателей телосложения, например:

Таблица 2
Table 2

Коэффициенты дискриминантных функций для классификации респондентов по комплексу морфологических признаков на группы
Discriminant coefficients for the classification of subjects by morphological characteristics

Морфологические показатели телосложения Morphological characteristics	Группа спортсменов-единоборцев Athletes	1-я контрольная группа 1st control group	2-я контрольная группа 2nd control group
	Коэффициенты дискриминантных функций (ДФ) Discriminant coefficients (DF)		
	ДФ(1) / DF (1)	ДФ(2) / DF (2)	ДФ(3) / DF (3)
Индекс Ливи (разв. грудной клетки) Chest to height ratio	18,38	18,11	18,70
Ширина таза/ширина плеч Pelvic width/ shoulder width	3,05	2,96	3,12
Длина руки/длина тела Arm length/height	18,30	17,99	17,17
Длина ноги/длина тела Leg length/height	28,07	28,15	28,40
Ширина локтя/длина тела Elbow width/height	175,87	177,99	180,06
Ширина колена/длина тела Knee width/height	194,12	193,35	195,78
Показатель эндоморфии [14] Endomorphy	0,61	2,44	1,46
Показатель мезоморфии [14] Mesomorphy	-52,73	-52,63	-53,39
Показатель эктоморфии [14] Ectomorphy	42,75	44,01	44,90
Константа Constant	2619,45	2602,09	2640,13



Расположение индивидуальных значений канонических переменных
у респондентов из разных групп
Location of individual values of canonical variables in different groups

$ДФ(1) = 18,38 \times \text{индекс Ливи} + 3,05 \times$
 $\times (\text{ширина таза/ширина плеч}) + 18,30 \times (\text{длина}$
 $\text{руки/длина тела}) + 28,07 \times (\text{длина ноги/длина}$
 $\text{тела}) + 175,87 \times (\text{ширина локтя/длина тела}) +$
 $+ 194,12 \times (\text{ширина колена/длина тела}) + 0,61 \times$
 $\times \text{показатель эндоморфии} - 52,73 \times \text{показа}$
 $\text{тель мезоморфии} + 42,75 \times \text{показатель экто}$
 $\text{морфии} - 2619,45;$

$ДФ(2) = 18,11 \times \text{индекс Ливи} + 2,96 \times$
 $\times (\text{ширина таза/ширина плеч}) + \dots + 44,01 \times$
 $\times \text{показатель эктоморфии} - 2602,09;$

$ДФ(3)$ соответственно.

Респондент относится к той группе, для которой найдена наибольшая величина ДФ. Так, например, если из всех значений ДФ наибольшая величина свойственна $ДФ(1)$, то респондент относится к группе единоборцев. Такому человеку можно порекомендовать специализироваться в этом виде спорта, поскольку его индивидуальные особенности телосложения предрасполагают к достижению высокой спортивной квалификации и являются дополнительным фактором профессиональной успешности в единоборствах.

Наибольшее значение, полученное для $ДФ(2)$, свидетельствует о принадлежности индивида к широкой выборке лиц, не занимающихся спортом. Если наибольшая величина получена для $ДФ(3)$, то такого респондента следует отнести к группе мужчин с хорошим общим физическим развитием, которое

тем не менее не предрасполагает к спортивной успешности в единоборствах.

Точность классификации по группам составляет 72 % ($p < 0,000$). Перспективы применения разработанной математической модели заключаются в том, что предложенный набор ДФ при массовом или индивидуальном обследовании молодежного контингента позволяет отнести любого респондента по значениям морфологических показателей либо к группе спортсменов, которые по особенностям телосложения предрасположены к достижению высокой спортивной успешности в единоборствах, либо к представителям условно «контрольных групп». Для увеличения точности дискриминации можно использовать результаты МДА, проведенного не по трем, а по двум группам (спортсмены-единоборцы и контрольная группа мужчин, не занимающихся спортом). В этом случае точность дискриминации возрастает до 83 % ($p < 0,000$).

На заключительном этапе исследования в рамках МДА получены канонические переменные ($\lambda_1 = 0,415$, $p < 0,000$; $\lambda_2 = 0,653$, $p < 0,001$), расположение индивидуальных значений которых для всех обследованных представлено на рисунке, наглядно иллюстрирующем отчетливое разделение на группы по комплексу морфологических особенностей.

Заключение. Выявлен устойчивый комплекс морфологических особенностей, спо-

собствующих достижению высокой спортивной квалификации и спортивной успешности в единоборствах. В процессе многолетних тренировочных занятий у спортсменов, достигших высокой квалификации, формируются следующие особенности телосложения: максимальной крепости (по индексу Ливи) развитие грудной клетки; ярко выраженная широкоплечность; низкие значения индекса: длина ноги/длина тела и высокие показатели отношения: длина руки/длина тела; минимальное развитие подкожного жираотложения.

На основе множественного дискриминантного анализа разработана оригинальная математическая модель дифференциальной диагностики – объективного отнесения одного или нескольких индивидов из общего массива обследованных (в том числе не занимающихся спортом, а также с хорошим физическим развитием) по комплексу морфологических признаков к группе спортсменов-единоборцев. Полученные результаты позволяют рекомендовать предложенную модель экспресс-оценки морфологических особенностей, способствующих достижению высокой квалификации и спортивной успешности в единоборствах, для апробации на более ранних возрастных группах в качестве дополнительного формализованного критерия спортивного отбора.

Литература

1. Алексеева, В.А. Морфофункциональная характеристика подростков и юношей, занимающихся единоборствами / В.А. Алексеева, А.Б. Гурьева, Е.Н. Николаева // *Человек. Спорт. Медицина.* – 2020. – Т. 20, № 2. – С. 38–46. DOI: 10.14529/hsm200205
2. Антропометрические и функциональные показатели спортсменов, занимающихся спортивными единоборствами в греко-римском стиле / Е.В. Харламов, Н.М. Попова, И.Н. Жучкова и др. // *Спортивная медицина: наука и практика.* – 2019. – Т. 9, № 1. – С. 28–32. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.28
3. Боровиков, В.П. *Statistica. Искусство анализа данных на компьютере* / В.П. Боровиков. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
4. Бориц, М.К. Доминирующие соматотипы и компонентный состав массы тела высококвалифицированных борцов различных весовых категорий / М.К. Бориц, Д.С. Пфейфер // *Прикладная спортивная наука.* – 2016. – № 2 (4). – С. 59–64.
5. Дерябин, В.Е. *Курс лекций по многомерной биометрии для антропологов* / В.Е. Дерябин. – М.: МГУ, 2008. – 332 с.
6. Корягина, Ю.В. Морфологические особенности спортсменов как результат адаптации к занятиям разными силовыми видами спорта / Ю.В. Корягина, С.В. Матук // *Омский науч. вестн.* – 2010. – № 4 (89). – С. 140–142.
7. Мартиросов, Э.Г. *Применение антропологических методов в спорте, спортивной медицине и фитнесе* / Э.Г. Мартиросов, С.Г. Руднев, Д.В. Николаев. – М.: Физ. культура, 2010. – 120 с.
8. Полевицков, М.М. *Методика спортивного отбора для занятий единоборствами* / М.М. Полевицков, В.В. Роженцов // *Международ. журнал приклад. и фундамент. исследований.* – 2015. – № 9–2. – С. 352–355.
9. Ткачук, М.Г. *Спортивный отбор в самбо с учетом морфофункциональных показателей и индивидуальной тренируемости* / М.Г. Ткачук, А.Г. Левицкий, А.А. Соболев // *Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта.* – 2016. – № 3 (133). – С. 236–239. DOI: 10.5930/issn.1994-4683.2016.03.133.p236-239
10. *Anthropometric characteristics of top-class Olympic race walkers* / J. Gomez-Ezeiza, N. Tam, J. Torres-Unda et al. // *J. Sports Med. Phys. Fitness.* – 2019. – Vol. 59 (3). – P. 429–433. DOI: 10.23736/S0022-4707.18.08363-9
11. *Anthropometric profile and anaerobic capacity of martial arts and combat sports athletes* / Z. Bujak, D. Gierczuk, E. Hubner-Wozniak, S. Saulite // *Ido Movement for Culture. Journal of Martial Arts Anthropology.* – 2016. – Vol. 16, No. 2 (2016). – P. 55–59. DOI: 10.14589/ido.16.2.7
12. *Body composition, somatotype, and physical fitness of mixed martial arts athletes* / B.F. Marinho, B. Follmer, J.V.D. Conti Esteves, L.V. Andreato // *Sport Sciences for Health.* – 2016. – Vol. 12, No. 2. – P. 157–165. DOI: 10.1007/s11332-016-0270-4
13. *Body physique and dominant somatotype in elite and low-profile athletes with different specializations* / B. Gutnik, A. Zuoza, I. Zuozienė et al. // *Medicina (Kaunas).* – 2015. – Vol. 51 (4). – P. 247–252. DOI: 10.1016/j.medici.2015.07.003
14. Carter, J.E.L. *The Heath-Carter anthropometric somatotype: instruction manual* / J.E.L. Carter. – 2002. – <http://www.somatotype.org/Heath-CarterManual.pdf> (дата обращения: 24.07.2020).
15. *Effects of long-term training specificity*

on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports / M. Izquierdo, K. Häkkinen, J.J. Gonzalez-Badillo et al. // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 2002. Vol. 87 (3). – P. 264–271. DOI: 10.1007/s00421-002-0628-y

16. Kirk, C. Does anthropometry influence technical factors in competitive mixed martial arts? / C. Kirk // *Human Movement.* – 2018. – Vol. 19, No. 2. – P. 46–59. DOI: 10.5114/hm.2018.74059

Сиразетдинов Ринат Эльфатович, аспирант кафедры антропологии биологического факультета, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова. 119234, г. Москва, Ленинские горы, д. 1. E-mail: lomacheg@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0817-1966.

Негашева Марина Анатольевна, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры антропологии биологического факультета, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова. 119234, г. Москва, Ленинские горы, д. 1. E-mail: negasheva@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7572-4316.

Бондарева Эльвира Александровна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Федеральный научно-клинический центр физико-химической медицины Федерального медико-биологического агентства России. 119435, г. Москва, ул. Малая Пироговская, д. 1а. E-mail: bondareva.e@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3321-7575.

Поступила в редакцию 15 октября 2021 г.

DOI: 10.14529/hsm210405

MORPHOLOGICAL FEATURES AS A CRITERIA FOR SPORTS SELECTION IN COMBAT SPORTS

R.E. Sirazetdinov¹, lomacheg@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0817-1966,

M.A. Negasheva¹, negasheva@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7572-4316,

E.A. Bondareva², bondareva.e@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3321-7575

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation,

²Federal Research and Clinical Center of Physical and Chemical Medicine,
Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russian Federation

Aim. The aim of this study is a rapid assessment of morphological characteristics and differential diagnostics of anthropometric characteristics that contribute to better athletic performance in combat sports. **Materials and methods.** The morphofunctional measurements were obtained in three groups of men (n = 247) aged from 18 to 31 years: professional athletes (n = 48, Master of Sport and above); non-athletic students (n = 97) and physically fit cadets (n = 102). The one-way ANOVA and multiple discriminant analyses were used in the Statistica 10.0 package. **Results.** Constant morphological characteristics were found that contributed to athletic performance in combat sports: a well-developed chest; broad shoulders; a low leg to body ratio; a high arm to body ratio; minimal subcutaneous fat (body and limbs). **Conclusion.** An original mathematical model of differential diagnostics has been developed, which can be used for the objective assessment of both athletes and non-athletes according to a set of morphological characteristics. The results obtained show that the proposed model of rapid assessment should be verified at earlier age groups as an additional formalized criterion for sports selection.

Keywords: morphological features, sports selection, combat sports, discriminant functions.

References

1. Alekseeva V.A., Guryeva A.B., Nikolaeva E.N. Morphofunctional Characteristics of Adolescents and Young Males in Combat Sports. *Human. Sport. Medicine*, 2020, vol. 20, no. 2, pp. 38–46. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm200205

2. Kharlamov E.V., Popova N.M., Zhuchkova I.N. et al. [Anthropometric and Functional Indicators of Athletes Involved in Martial Arts in the Greco-Roman Style]. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* [Sports Medicine. Science and Practice], 2019, vol. 9, no. 1, pp. 28–32. (in Russ.) DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.28
3. Borovikov V.P. *Statistica. Iskustvo analiza dannykh na komp'yutere* [Statistica. The Art of Data Analysis on a Computer]. St. Petersburg, Peter Publ., 2003. 688 p.
4. Borshch M.K., Pfeyfer D.S. [Dominant Somatotypes and Component Composition of the Body Mass of Highly Qualified Wrestlers of Various Weight Categories]. *Prikladnaya sportivnaya nauka* [Applied Sports Science], 2016, no. 2 (4), pp. 59–64. (in Russ.)
5. Deryabin V.E. *Kurs lektsiy po mnogomernoy biometrii dlya antropologov* [Course of Lectures on Multidimensional Biometrics for Anthropologists]. Moscow, MGU Publ., 2008. 332 p.
6. Koryagina Yu.V., Matuk S.V. [Morphological Features of Athletes as a Result of Adaptation to Different Strength Sports]. *Omskiy nauchnyy vestnik* [Omsk Scientific Bulletin], 2010, no. 4 (89), pp. 140–142. (in Russ.)
7. Martirosov E.G., Rudnev S.G., Nikolaev D.V. *Primenenie antropologicheskikh metodov v sporte, sportivnoy meditsine i fitнесе. Uchebnoe posobie* [Application of Anthropological Methods in Sports, Sports Medicine and Fitness]. Moscow, Physical Culture Publ., 2010. 120 p.
8. Polevshchikov M.M., Rozhentsov V.V. [Methodology of Sports Selection for Martial Arts]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Basic Research], 2015, no. 9–2, pp. 352–355. (in Russ.)
9. Tkachuk M.G., Levitskiy A.G., Sobolev A.A. [Sports Selection in Sambo According to Morphological and Functional Indicators and Individual Trainability]. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta* [Scientific notes of the University P.F. Lesgaft], 2016, no. 3 (133), pp. 236–239. (in Russ.) DOI: 10.5930/issn.1994-4683.2016.03.133.p236-239
10. Gomez-Ezeiza J., Tam N., Torres-Unda J. et al. Anthropometric Characteristics of Topclass Olympic Race Walkers. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 2019, vol. 59 (3), pp. 429–433. DOI: 10.23736/S0022-4707.18.08363-9
11. Bujak Z., Gierczuk D., Hubner-Wozniak E., Saulite S. Anthropometric Profile and Anaerobic Capacity of Martial Arts and Combat Sports Athletes. *Ido Movement for Culture. Journal of Martial Arts Anthropology*, 2016, vol. 16, no. 2 (2016), pp. 55–59. DOI: 10.14589/ido.16.2.7
12. Marinho B.F., Follmer B., Conti Esteves J.V.D., Andreato L.V. Body Composition, Somatotype, and Physical Fitness of Mixed Martial Arts Athletes. *Sport Sciences for Health*, 2016, vol. 12, no. 2, pp. 157–165. DOI: 10.1007/s11332-016-0270-4
13. Gutnik B., Zuoza A., Zuozienė I. et al. Body Physique and Dominant Somatotype in Elite and Low-Profile Athletes with Different Specializations. *Medicina (Kaunas)*, 2015, vol. 51 (4), pp. 247–252. DOI: 10.1016/j.medic.2015.07.003
14. Carter J.E.L. *The Heath-Carter Anthropometric Somatotype: Instruction Manual*, 2002. Available at: <http://www.somatotype.org/Heath-CarterManual.pdf>. (accessed 24.07.2020).
15. Izquierdo M., Häkkinen K., Gonzalez-Badillo J.J. et al. Effects of Long-Term Training Specificity on Maximal Strength and Power of the Upper and Lower Extremities in Athletes from Different Sports. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 2002, vol. 87 (3), pp. 264–271. DOI: 10.1007/s00421-002-0628-y
16. Kirk C. Does Anthropometry Influence Technical Factors in Competitive Mixed Martial Arts? *Human Movement*, 2018, vol. 19, no. 2, pp. 46–59. DOI: 10.5114/hm.2018.74059

Received 15 October 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Сиразетдинов, Р.Э. Морфологические особенности как критерии спортивного отбора в единоборствах / Р.Э. Сиразетдинов, М.А. Негашева, Э.А. Бондарева // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 42–48. DOI: 10.14529/hsm210405

FOR CITATION

Sirazetdinov R.E., Negasheva M.A., Bondareva E.A. Morphological Features as a Criteria for Sports Selection in Combat Sports. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 4, pp. 42–48. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210405

EFFECT OF PHYSICAL ACTIVITY AND HAEMOGLOBIN LEVELS ON CARDIORESPIRATION

E.S. Kriswanto, *erwin_sk@uny.ac.id*, ORCID: 0000-0002-6421-808X,
J. Sunardi, *jaka_sunardi@uny.ac.id*, ORCID: 0000-0002-6369-1932,
I.P.T.P. Sari, *indah_prasty@uny.ac.id*, ORCID: 0000-0003-4266-1299,
F. Suharjana, *f_suharjana@uny.ac.id*, ORCID: 0000-0002-4491-7262
 Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

This study **aims** to determine: 1) the effect of physical activity on cardiorespiration, 2) the effect of haemoglobin levels on cardiorespiration, 3) the effect of physical activity and haemoglobin levels on cardio respiration, and 4) the contribution of physical activity and haemoglobin levels to cardiorespiration. The research **method** used is a survey method. The respondents of this study were 194 students of the Department of Sport Education, Faculty of Sports Science, Yogyakarta State University (FIK UNY) who were taken randomly. The data used are respondents' cardiorespiratory rate, physical activity, and hemoglobin levels, which are measured using instruments such as multi-stage tests, Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ), and hemoglobin haemometer. The data analysis technique used a regression test. The **results** showed that at a significance value of $0.001 < 0.05$, there was a significant effect between physical activity and cardiorespiration, haemoglobin levels with cardiorespiration, and physical activity with haemoglobin levels. Physical activity or haemoglobin levels affect cardiac respiration by 83%. This study **concluded** that cardiorespiration is strongly influenced by physical activity and haemoglobin levels.

Keywords: *cardiorespiration, health, haemoglobin, haemoglobin levels, physical activity.*

Introduction. Physical activities carried out in a planned and programmed manner will impact the health of the body. Physical activity is the body's movement within a certain time produced by the skeletal muscles so that energy is expended from the body [12, 26]. Everyone has different goals when doing physical activities. Physical activity, if done properly, can increase the degree of vibrant health to prevent disease. Physical activity is related to psychological satisfaction and self-determined motivation [24].

Cardiac muscles can develop due to the influence of physical activity. A fit person's heart and lungs will supply more blood and oxygen to their body tissues, so they do not need to work too hard compared to people whose heart and lung systems are not fit. Exercise significantly increased absolute and relative cardiorespiration [15]. This is also consistent with the research results of Balagué et al. [5] and Pollock et al. [21] that improving the interpretation of cardiorespiration exercise is highly recommended in health care.

Another critical component that supports health is haemoglobin. In the haemoglobin in the blood, iron is a crucial element [8]. Haemoglobin

in the blood binds to Oxygen and acts as a “delivery” mechanism for Oxygen [10, 22]. Lack of blood haemoglobin, blood distribution, or the ability to pump the heart can be increased through exercise [18, 23]. Internal haemoglobin can be greatly affected by physical activity because it will produce much oxygen when there is muscle movement, increasing VO2 Max.

The observation shows that the Department of Sports Education's average student, FIK UNY, tends to be heavy. Apart from studying, students also continue to do physical activities, especially sports, according to their sport. This strenuous physical activity must be supported by good physical fitness so that physical activity does not quickly provoke fatigue and a decrease in haemoglobin occurs. Decreased haemoglobin will cause anaemia. Someone who has anaemia, of course, when doing activities, will quickly experience fatigue. This study aims to analyze the effect of physical activity on cardio respiration, the influence of haemoglobin levels on cardio respiration, the effect of physical activity and haemoglobin levels on cardio respiration, and whether there is a contribution of physical activity, and haemoglobin levels to cardiorespiration.

Materials and Methods. This research is a correlational study using a survey method. This research design can be described in Fig. 1.

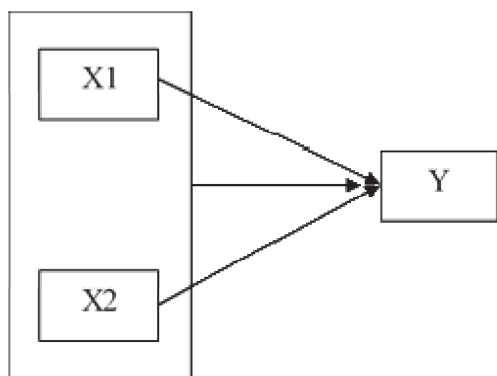


Fig. 1. Research Design: X1 – physical activity; X2 – haemoglobin level; Y – cardiorespiration

This study's research subjects were students of the Faculty of Sport Sciences, Yogyakarta State University. This study used a random sampling technique, namely, by taking a random sample. The samples taken were 194 students. This study has three variables consisting of 1 dependent variable and 2 independent variables. The dependent variable is cardiorespiration (Y), while the independent variable includes physical activity (X1) and haemoglobin level (X2). Operationally these variables can be defined as follows:

1. Cardiorespiration is the ability of the heart and lung capacity to perform activities measured using a multi-stage test.

2. Physical activity is the activity of sports education students starting from waking up to sleeping again in one day for seven days, as measured by using a questionnaire from the Physical Activity Questionnaire for Older Children (PAQ-C).

3. Haemoglobin level is a measure of the respiratory pigment in red blood cell granules, which function as oxygen carriers, measured using a haemoglobin diaspect haemoglobin T.

Instruments of this study are:

1. Cardiorespiration measurements were performed using a multi-stage test.

2. Physical activity measurements were carried out using the Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ).

3. Measurement of haemoglobin levels, measured using a hemometer diaspect Haemoglobin T.

Data processing was performed using the SPSS Statistics 24 program with the following steps:

1. Normality Test with Kolmogorov Smirnov.
2. Linearity test.

3. The hypothesis test is analyzed using a simple linear regression equation. A single correlation test or a simple linear regression equation using the Pearson product-moment correlation. The simple linear regression equation is used to test the first and second hypotheses, while the third hypothesis uses multiple regression.

Results. The included research data is a summary of the reduction data (difference), post-test (after) and pre-test (before). The explanation of the data can be seen in each of the following discussions:

Physical Activity of FIK UNY students. Physical activity data of FIK UNY students with a sample of 194 students had an average of 7.19; a standard deviation of 2.79; a maximum score of 9; a minimum score of 1.

Haemoglobin Levels of FIK UNY Students. Analysis results found that the Haemoglobin Level data of FIK UNY students with a sample of 194 students had an average of 13.33; the standard deviation of 1.34; a maximum score of 16; a minimum score of 1.

Cardiorespiration of FIK UNY Students. Based on the research analysis, it was found that the Cardiorespiration data of FIK UNY students with a sample of 194 students had an average of 35.80; a standard deviation of 6.84; a maximum score of 55.28; a minimum score of 22.06.

Hypothesis Test. The normality test uses the Kolmogorov-Smirnov Test. The calculation results can be seen in Table 1.

The Kolmogorov – Smirnov normality test using SPSS in table 1 is a significant value of Asymp. Sig (2-tailed) of 0.902, which means that the value is greater than 0.05. It can be concluded that the data are usually distributed; thus, the assumptions or requirements for normality in the regression model have been met.

The linearity test uses deviation from linearity at the level of significance (α) = 0.05. If $\text{Sig} < \alpha$ means it is not linear, the rule applies if $\text{Sig} > \alpha$ means linear. The calculation of the haemoglobin levels linearity test with cardiorespiration obtained $\text{Sig} > \alpha$ ($0.935 > 0.05$), which means that the haemoglobin level data is linear to the cardiorespiration (Table 2).

The calculation of the linearity test of the haemoglobin level with cardiorespiration obtained $\text{Sig} > \alpha$ ($0.02 > 0.05$) means that the physical activity data is linear to the cardiorespiration (Table 3).

The results of the linearity test of physical activity data with haemoglobin levels $Sig > \alpha$ ($0.01 > 0.05$) means that the physical activity data is linear to the haemoglobin levels (Table 4).

Based on the output of the Regression Test, it is known that the significance value (Sig.) of $0.001 < 0.05$ probability, so it can be concluded that H_0 is rejected and H_a is accepted, which means that there is an effect of physical activity (X2) on cardiorespiration (Y).

Based on Table 5, it is known that the significance value (Sig.) of $0.01 < 0.05$ probability, so it can be concluded that H_0 is rejected and H_a is accepted, which means that there is an effect of haemoglobin (X1) on cardiorespiration (Y). Physical activity can be walking, running, jumping, or others [16]. Walking in place or jumping jacks is a physical activity that, when done regularly, can increase heart rate and cardiorespiration endurance (after warming up but

Table 1

Normality test results		Unstandardized residual
N		194
Normal parameters ^a	Mean	0
	Std. Deviation	3.716994
Most extreme differences	Absolute	0.041
	Positive	0.039
	Negative	-0.041
Kolmogorov – Smirnov Z		0.569
Asymp. Sig. (2-tailed)		0.902
a. Test distribution is normal		

Table 2

Linearity test of haemoglobin levels by cardiorespiration								
			Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.	
HB * Cardio- respiration	Between groups	(Combined)	155.444	74	2.101	1.32	0.089	
		Linearity	71.768	1	71.768	45.081	0.005	
	Within groups	Deviation from linearity	83.677	73	1.146	0.72	0.935	
				189.442	119	1.592		
	Total			344.887	193			

Table 3

Linearity test of haemoglobin levels by cardiorespiration								
			Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.	
Physical activity * Cardio- respiration	Between groups	(Combined)	1390.052	74	18.784	20.718	0,01	
		Linearity	939.25	1	939.25	1.036	0.073	
		Deviation from linearity	450.802	73	6.175	6.811	0.02	
	Within groups			107.892	119	0.907		
	Total			1497.943	193			

Table 4

Linearity test of physical activity data with haemoglobin levels								
			Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.	
Physical activity * HB	Between groups	(Combined)	227.266	5	45.453	6.725	000	
		Linearity	82.611	1	82.611	12.222	0.06	
		Deviation from linearity	144.655	4	36.164	5.351	0.01	
	Within groups			1270.677	188	6.759		
	Total			1497.943	193			

before cooling down) [6, 25]. Training-induced cardiovascular adaptation increases metabolic efficiency, whereas neuromuscular adaptation increases mechanical efficiency [3, 9, 17]. This is also supported by Ahmad & Rosli [1], Wang [27] and Zufrianingrum [29] that physical activities such as doing aerobics affect oxygen activity in the body so that oxygen flows throughout the body through the bloodstream. Regular physical activity can improve cardiovascular function. Improved cardiovascular function with physical activity has been associated with exercise-induced positive changes in metabolic disorders and risk factors associated with atherosclerosis [4]. Physical activity that a person does can affect the cardiorespiration system. The study results Haapala & Lintu (2018) show an association between cardiometabolic risk with physical activity and cardiorespiration fitness. It is in line with the statement above that movement skills (object control competence) and the ability to be positively involved in playing games (gaming competence) are equally important as a correlation between physical activity and cardiorespiration fitness [19]. Finally, physical activity that is carried out regularly can affect increasing cardiorespiration.

Based on Table 6, it is known that the significance value (Sig.) of 0.01 is smaller than < 0.05 probability, so it can be concluded that H_0 is rejected and H_a is accepted, which means that there is an effect of haemoglobin (X1) and physical activity (X2) on cardiorespiration (Y). Haemoglobin contains iron. If it is deficient in iron, it will cause anaemia, causing weakness and fatigue. Lack of haemoglobin in the blood can

result in a lack of oxygen circulated to the body and brain cells; this causes exhaustion and fatigue. Iron is required for the formation of haemoglobin and myoglobin and the enzymes involved in energy production. Lack of iron can be a problem for sports or activities, especially for menstruating women. Iron deficiency occurs in three stages: (1) iron depletion or low levels of iron stores; (2) iron deficiency erythrocytes, which is an impaired ability to produce red blood cells; and (3) iron deficiency anaemia or low haemoglobin levels ($< 12 \text{ g} \cdot \text{dL} - 1$ for women and $< 13 \text{ g} \cdot \text{dL} - 1$ for men) [20]. The decrease in haemoglobin will certainly reduce blood's ability to carry the closing volume. However, the increased flow compensates for this due to decreased viscosity [7]. The ability of haemoglobin to bind to hydrogen (H^+) ions generated during the transport of carbon dioxide and the ability of pulmonary ventilation to and remove carbon dioxide are crucial for maintaining acid-base balance [20]. When doing physical activity, there is an increase in high metabolic activity. The production of acids (hydrogen ions, lactic acid) is increasing so that it can cause a decrease in pH, which results in a decrease in haemoglobin. Cardiorespiration is very dependent on oxygen transport; due to decreased oxygen transport, it will also reduce the cardiorespiration work capacity [2]. Lower haemoglobin levels mean lower oxygen transport. When doing physical activity will increase the oxygen demand of the human body. The relationship between haemoglobin concentration and cardiorespiration fitness shows that VO_2max has the strongest relationship with the blood's oxygen-carrying capacity [14].

Table 5

Effect of physical activity on cardiorespiration

Model	Unstandardized coefficients		Standardized coefficients	t	Sig.	
	B	Std. Error	Beta			
1	(Constant)	21.827	0.834		26.183	0.01
	Physical activity	1.943	0.108	0.792	17.966	0.001
a. Dependent variable: cardiorespiration						

Table 6

Effect of Haemoglobin Levels on Cardiorespiration

Model	Unstandardized coefficients		Standardized coefficients	t	Sig.	
	B	Std. Error	Beta			
1	(Constant)	4.705	4.399		1.069	0.286
	HB	2.333	0.328	0.456	7.103	0.01
a. Dependent variable: cardiorespiration						

Table 7

Effect of Physical Activity and Haemoglobin Levels on Cardiorespiration

Model		Unstandardized coefficients		Standardized coefficients	t	Sig.
		B	Std. error	Beta		
1	(Constant)	3.519	2.696		1.305	0.193
	Physical activity	1.778	0.099	0.725	17.903	0.01
	HB	1.462	0.207	0.286	7.065	0.01
a. Dependent variable: cardiorespiration						

Table 8

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. error of the estimate
1	.839 ^a	0.704	.701	3.73640
a. Predictors: (constant), HB, physic activity				
b. Dependent variable: cardiorespiration				

To determine the magnitude of the effect of physical activity (X1) and cardiorespiration haemoglobin (X2) levels in a simple linear regression analysis (Table 7), we can refer to R Square or R2's value in the SPSS output in the Model Summary section (Table 8). Physically active individuals, especially women, have iron requirements that are greater than the average. Strenuous exercise requires a higher than the recommended intake of iron because small amounts of iron are lost through sweat, urine, and stool. A small impact can also cause mechanical trauma during jogging, damaging red blood cells [28]. Physical activity affects cardiovascular function, including 1) increasing blood flow to active skeletal muscle, 2) increasing blood flow to the myocardium, 3) increasing the dissociation of oxyhaemoglobin, 4) sweating, which plays a role in temperature regulation, and 5) reducing occurrence of abnormal rhythm in the conduction system of the heart (dysrhythmias), which can cause abnormal heart function [20]. Oxygen is used to change food substrates, converting carbohydrates and fats through aerobic metabolism into adenosine triphosphate (ATP). These compounds provide energy for physical activity, bodily functions, and the maintenance of constant internal balance. During physical activity, it takes more ATP to perform activities. As a result, the lungs and heart send more oxygen to all muscle cells to supply the body's energy. During physical activity, a person with high cardiorespiration resistance can deliver the required oxygen to the tissues with relative ease. The cardiorespiration system is the heart, lungs, and blood vessels' ability to be used during the body's metabolic processes

both at rest and during activity. Good cardiorespiration fitness causes an increase in the ability to work at high intensity for a long time to achieve fatigue [11, 13].

These results indicate that the R Square value is 0.839, which means that 83.9% of the influence of haemoglobin (X1) and physical activity (X1) on cardiorespiration (Y).

Conclusions. From the findings, it can be concluded that cardiorespiration activity is influenced by physical activity and haemoglobin levels by 83%.

References

1. Ahmad M.F., Rosli M.A.A. Effects of Aerobic Dance on Cardiovascular Level and Body Weight among Women. *International Journal of Sport an Health Science*, 2015, vol. 9 (12).
2. Anggraeni L., Wirjatmadi R. Status Hemoglobin, Kebiasaan Merokok dan Daya Tahan Kardiorespirasi (Vo2 Max) pada Atlet Unit Kegiatan Mahasiswa Bola. *E-Journal. Unair. Ac. Id*, 2019, vol. 14 (1), pp. 27–34. DOI: 10.204736/mgi.v14i1.14-27-34
3. Argunova Y.A., Trubnikova O.A., Mamonova A.S. et al. The Influence of Three-Week Aerobic Exercise Program on Neurodynamic Parameters of Patients Underwent Coronary Bypass Grafting. *Russian Journal of Cardiology*, 2016, vol. 130 (2), pp. 30–36. DOI: 10.15829/1560-4071-2016-2-30-36
4. Atashak S., Peeri M., Azarbayjani. Obesity-Related Cardiovascular Risk Factors after Long-Term Resistance Training and Ginger Supplementation. *Journal of Sports Science & Medicine*, 2011, vol. 10 (4), p. 685.

5. Balagué N., González J., Javierre C. et al. Cardiorespiratory Coordination After Training and Detraining. A Principal Component Analysis Approach. *Frontiers in Physiology*, 2016. DOI: 10.3389/fphys.2016.00035
6. Brewer H., Jalongo M.R. Physical Activity and Health Promotion in the Early Years: Effective. *Springer*, 2018, vol. 14. DOI: 10.1007/978-3-319-76006-3
7. Ganong W. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran* (22nd ed.), 2008.
8. Hoeger W.W.K., Hoeger S.A. *Principles and Labs for Physical Fitness*. Cengage Learning, 2013.
9. Jacquet L., Vancaenegem O., Pasquet A. et al. Exercise Capacity in Patients Supported With Rotary Blood Pumps Is Improved by a Spontaneous Increase of Pump Flow at Constant Pump Speed and by a Rise in Native Cardiac Output. *Artificial Organs*, 2011, vol. 35 (7), pp. 682–690. DOI: 10.1111/j.1525-1594.2011.01227.x
10. Kong J., Wolcott E., Wang Z. et al. Research Reveals the Benefits of Meditation. *Journal of Pain*, 2009, vol. 18 (2).
11. Kriswanto E.S., Setijono H., Mintarto E. The Effect of Cardiorespiratory Fitness and Fatigue Level on Learning Ability of Movement Coordination. *Cakrawala Pendidikan*, 2019, vol. 38 (2), pp. 320–329. DOI: 10.21831/cp.v38i2.24565
12. Laili N., Tanoto W., Karya S., Kediri H. Analisis Hubungan Tingkat Aktifitas Fisik Terhadap Kejadian Resiko Jatuh pada Pasien Fraktur di RSUD Mardi Waluyo Blitar. *Jurnal Ilmiah Keperawatan Stikes Hang Tuah Surabaya*, 2019, vol. 14 (2), pp. 119–130.
13. Langlois F., Vu T.T.M., Chassé K. et al. Benefits of Physical Exercise Training on Cognition and Quality of Life in Frail Older Adults. *Journals of Gerontology - Series B Psychological Sciences and Social Sciences*, 2013, vol. 68 (3), pp. 400–404. DOI: 10.1093/geronb/gbs069
14. Leoprayogo B., Rika Haryono I., Tjhay F. Correlation Between Hemoglobin Concentration and Cardiorespiratory Fitness in Adolescent Sportsmen. *Althea Medical Journal*, 2020, vol. 7 (2), pp. 61–64. DOI: 10.15850/amj.v7n2.1847
15. Lin X., Zhang X., Guo J. et al. Effects of Exercise Training on Cardiorespiratory Fitness and Biomarkers of Cardiometabolic Health: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of the American Heart Association*, 2015, vol. 4 (7). DOI: 10.1161/JAHA.115.002014
16. Liu-Ambrose T., Khan K.M., Eng J.J. et al. Balance Confidence Improves with Resistance or Agility Training: Increase is Not Correlated with Objective Changes in Fall Risk and Physical Abilities. *Gerontology*, 2004, vol. 50 (6), pp. 373–382. DOI: 10.1159/000080175
17. MacKay-Lyons M.J., Hewlett J. Exercise Capacity and Cardiovascular Adaptations to Aerobic Training Early After Stroke. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 2005, vol. 12 (1), pp. 31–44. DOI: 10.1310/RDQM-JTGL-WHAA-XYBW
18. Marzolini S., Robertson A.D., Oh P. et al. Aerobic Training and Mobilization Early Post-stroke: Cautions and Considerations. *Frontiers in Neurology*, 2019, vol. 10. DOI: 10.3389/fneur.2019.01187
19. Miller A., Eather N., Duncan M., Lubans D.R. Associations of Object Control Motor Skill Proficiency, Game Play Competence, Physical Activity and Cardiorespiratory Fitness Among Primary School Children. *Journal of Sports Sciences*, 2019, vol. 37 (2), pp. 173–179. DOI: 10.1080/02640414.2018.1488384
20. Plowman S., Smith D. *Exercise Physiology for Health Fitness and Performance*, 2013.
21. Pollock M.L., Franklin B.A., Balady G.J. et al. Resistance Exercise in Individuals with and Without Cardiovascular Disease: Benefits, Rationale, Safety, and Prescription: An Advisory from the Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention, Council on Clinical Cardiology, American Heart Association. *Circulation*, 2000, vol. 101 (7), pp. 828–833. DOI: 10.1161/01.CIR.101.7.828
22. Powers S., Howley E. Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performances. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1995, vol. 27 (3), p. 466. DOI: 10.1249/00005768-199503000-00027
23. Salamonsen R.F., Pellegrino V., Fraser J.F. et al. Exercise Studies in Patients with Rotary Blood Pumps: Cause, Effects, and Implications for Starling-Like Control of Changes in Pump Flow. *Artificial Organs*, 2013, vol. 37 (8), pp. 695–703. DOI: 10.1111/aor.12070
24. Stuntz C.P., Smith C., Vensel K. Is the Relationship Between Lifestyle Factors and Physical Activity Mediated by Psychological Needs and Motivation? *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 2017, vol. 15 (3), pp. 291–305. DOI: 10.1080/1612197X.2015.1079923
25. Thompson Coon J., Boddy K., Stein K.

et al. Does Participating in Physical Activity in Outdoor Natural Environments have a Greater Effect on Physical and Mental Wellbeing than Physical Activity Indoors? A Systematic Review. *Environmental Science and Technology*, 2011, vol. 45 (5), pp. 1761–1772. DOI: 10.1021/es102947t

26. Tompuri T.T. Metabolic Equivalents of Task are Confounded by Adiposity, which Disturbs Objective Measurement of Physical Activity. *Frontiers in Physiology*, 2015. DOI: 10.3389/fphys.2015.00226

27. Wang C. Improving Health Among

Elementary School Children: A Comparison of Aerobic and Mind-Body Exercise. Dissertation Abstracts International Section A: Humanities and Social Sciences, 74(3-A(E)), 2013.

28. Wener W.K.H., Sharon A.H. Principles and Labs for Fitness and Wellness (13th ed.). Cengage Learning, 2016.

29. Zufrianingrum H. Hubungan antara Kardar Hemoglobin dan Kapasitas Vital Paru dengan Daya Tahan Kardiorespirasi Siswa yang Mengikuti Ekstrakurikuler Bolabasket di SMP Negeri 1 Jetis Kabupaten Bantul. *Pendidikan Jasmani Kesehatan Dan Rekreasi*, 2016, vol. 1(1).

Received 17 October 2021

УДК 796.093.44

DOI: 10.14529/hsm210406

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ И УРОВНЯ ГЕМОГЛОБИНА НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ

Э.С. Крисванто, Дж. Сунарди, И.П.Т.П. Сари, Ф. Сухарйана

Государственный университет Джокьякарты, г. Джокьякарта, Индонезия

Цель настоящего исследования: определить влияние физической активности на кардиореспираторную систему; определить влияние содержания гемоглобина в крови на кардиореспираторную систему; определить совместное влияние физической активности и содержания гемоглобина в крови на кардиореспираторную систему; определить вклад физической активности и содержания гемоглобина в крови в функционирование кардиореспираторной системы. **Материалы и методы.** Основным методом исследования стал метод опроса. В исследовании приняли участие 194 студента кафедры спортивного воспитания (факультет спортивных наук, Государственный университет Джокьякарты), выбранные случайным образом. В исследовании использовались показатели функционирования кардиореспираторной системы студентов (многоэтапное тестирование), данные физической активности (опросник уровня физической активности – GPAQ) и показатели содержания гемоглобина в крови (гемометр). Полученные данные были обработаны с использованием инструментов регрессионного анализа. **Результаты исследования.** Результаты исследования показали статистически значимую корреляцию между показателями функционирования кардиореспираторной системы и уровнем физической активности, между показателями содержания гемоглобина в крови и функционированием кардиореспираторной системы, а также между уровнем физической активности и содержанием гемоглобина в крови. Вклад физической активности и содержания гемоглобина в крови в функционирование кардиореспираторной системы установлен на уровне 83 %. **Заключение.** По итогам исследования сделан вывод о том, что физическая активность и содержание гемоглобина в крови оказывают существенное влияние на функционирование кардиореспираторной системы.

Ключевые слова: кардиореспираторная система, здоровье, гемоглобин, уровень гемоглобина, физическая активность.

Эрвин Сетио Крисванто, доктор медицинских наук, преподаватель кафедры спортивных наук, Государственный университет Джокьякарты. Ул. Коломбо № 1, Слеман, г. Джокьякарта, округ Каранг Маланг Катуртунгал Депок. E-mail: erwin_sk@uny.ac.id, ORCID: 0000-0002-6421-808X.

Джака Сунарни, доктор спортивных наук, кафедра спортивных наук, Государственный университет Джокьякарты. Ул. Коломбо № 1, Слеман, г. Джокьякарта, округ Каранг Маланг Катуртунгал Депок. E-mail: jaka_sunardi@uny.ac.id, ORCID: 0000-0002-6369-1932.

Индах П.Т.П. Сари, преподаватель, кафедра спортивных наук, Государственный университет Джокьякарты. Ул. Коломбо № 1, Слеман, г. Джокьякарта, округ Каранг Маланг Катуртунгал Депок. E-mail: indah_prasty@uny.ac.id, ORCID: 0000-0003-4266-1299.

Фредерикус Сухарьяна, преподаватель, кафедра спортивных наук, Государственный университет Джокьякарты. Ул. Коломбо № 1, Слеман, г. Джокьякарта, округ Каранг Маланг Катуртунгал Депок. E-mail: f_suharjana@uny.ac.id, ORCID: 0000-0002-4491-7262.

Поступила в редакцию 17 октября 2021 г.

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Effect of Physical Activity and Haemoglobin Levels on Cardiorespiration / E.S. Kriswanto, J. Sunardi, I.P.T.P. Sari, F. Suharjana // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 49–56. DOI: 10.14529/hsm210406

FOR CITATION

Kriswanto E.S., Sunardi J., Sari I.P.T.P., Suharjana F. Effect of Physical Activity and Haemoglobin Levels on Cardiorespiration. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 4, pp. 49–56. DOI: 10.14529/hsm210406

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА СПОРТСМЕНОВ СПОРТИВНЫХ СБОРНЫХ КОМАНД РОССИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫРАЖЕННОСТИ НЕВРОТИЧЕСКОЙ СИМПТОМАТИКИ

М.С. Севостьянова^{1,2}

¹Федеральный сибирский научно-клинический центр

Федерального медико-биологического агентства, г. Красноярск, Россия,

²Красноярский государственный медицинский университет

имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, Россия

Цель: изучение взаимосвязи показателей variability сердечного ритма (ВСР) и невротической симптоматики у высококвалифицированных спортсменов. **Материалы и методы.** Сравнивались временные и спектральные показатели ВСР действующих спортсменов спортивных сборных команд России (мужчины, $n = 70$) с различной выраженностью невротической симптоматики на общеподготовительном этапе годового тренировочного цикла. Применялись клиничко-психологические методы (наблюдение, интервью), методы психодиагностического тестирования (клинический опросник для выявления и оценки невротических состояний К. Яхина, Д. Менделевича), вариационная кардиоинтервалография для оценки ВСР, методы математической статистики (коэффициент корреляции рангов Ч. Спирмена и U-критерий Манна – Уитни – Уилкоксона). **Результаты.** Средние показатели LF и VLF в подгруппе спортсменов с выраженной невротической симптоматикой составили $2189,63 \pm 788,08$ мс² и $2268,63 \pm 703,2$ мс², что значительно превышает их абсолютные значения у здоровых людей в покое, а также достоверно (статистически) выше средних значений этих же показателей в подгруппе спортсменов без невротических симптомов, что указывает на более выраженное функциональное напряжение регуляторных систем, перетренированность и, как следствие, высокий риск срыва адаптации у первых. Корреляционный анализ спектральных характеристик ВСР и шкал опросника обнаружил характерную на этапе интенсивных тренировок тенденцию к нарастанию обсессивно-фобической симптоматики параллельно с нивелированием симптомов невротической депрессии, тревоги и астенизации. **Заключение.** Невротические реакции высококвалифицированных спортсменов строго дифференцированы в зависимости от этапа спортивной подготовки. «Невроз перетренированности» характеризуется выраженной обсессивно-фобической симптоматикой и может рассматриваться как специфический индикатор напряжения функциональных резервов организма и срыва адаптации в период активных тренировок. Важнейшей задачей психологического сопровождения на данном этапе является выявление спортсменов «группы риска» по усугублению описанных невротических реакций. Для этого необходима разработка валидных, «негромоздких» и доступных для самостоятельного применения спортсменами и тренерами в ходе тренировочного процесса шкал экспресс-диагностики обсессивно-фобических состояний.

Ключевые слова: *variability сердечного ритма, функциональные резервы организма, перетренированность, невротические реакции, обсессивно-фобическая симптоматика, невроз перетренированности.*

Введение. Метод оценки variability сердечного ритма (ВСР) входит в «золотой» стандарт проведения медико-психодиагностического тестирования на этапе углубленного медицинского обследования спортсменов спортивных сборных команд России. Метод является современным, доступным и общепринятым способом оценки функционального состояния регуляторных механизмов, подхо-

дящим для исследования как типов вегетативной регуляции, так и ранней диагностики патологических состояний, связанных с физическими и умственными перегрузками и снижением резервов адаптации, что объясняет столь высокую его популярность при проведении всевозможных медицинских и психофизиологических исследований спортсменов на разных этапах годового спортивного цик-

ла [2, 4, 6]. Кроме этого, показатели ВСП важны для объективной диагностики тренировочной выносливости, являясь маркерами утомления и перетренированности [11]. Изучение ВСП у спортсменов приобретает особую актуальность еще и потому, что по существующим данным риск внезапной смерти (ВС) у спортсменов в 3 раза выше по сравнению с неспортсменами [4, 9, 13, 14]. Чем выше вариабельность, тем устойчивее система регуляции к воздействию внешних и внутренних стресс-факторов, именно поэтому вмешательства, направленные на повышение вариабельности сердечного ритма, носят протекторный характер в отношении ВС [3, 10].

Существенной проблемой является то, что, рассматривая отдельные значения показателей ВСП как индикаторы стресса, мы лишь можем предположить, каким образом они будут проявлять себя на уровне субъективных переживаний самого спортсмена (жалоб). Многолетний опыт проведения психодиагностического и психофизиологического тестирования в рамках углубленного медицинского обследования спортсменов спортивных сборных команд РФ показал, что спортсмены даже с критическим функциональным состоянием не обнаруживают у себя симптомов усталости и нервно-психического напряжения. Очевиден тот факт, что снижение функциональных резервов организма может минимально или вообще никак не отражаться на текущем самочувствии атлетов, для которых сверхнагрузки являются привычной нормой жизни, а значит, своевременная диагностика срывов адаптации становится затруднительной.

Цель исследования: изучение взаимосвязи показателей ВСП с выраженностью невротической симптоматики.

Материалы и методы. Выборку исследования составили 70 высококвалифицированных спортсменов (мужчин), входящих в основной состав спортивных сборных команд России по сложно-координационным и игровым видам спорта. Средний возраст испытуемых составил $23,7 \pm 3,5$ года. Обследование проводилось на общеподготовительном этапе годового тренировочного цикла (этап характеризуется высокой интенсивностью тренировок – 2 раза/день, 6 дней в неделю, «по нарастающей»).

Для решения исследовательских задач были использованы следующие методы:

1) клинико-психологические методы (наблюдение, структурированное интервью); 2) психодиагностическое тестирование (опросник для выявления и оценки невротических состояний К. Яхина, Д. Менделевича); 3) вариационная кардиоинтервалометрия (ВКМ) для определения функционального состояния ВНС методом оценки ВСП; 4) методы математической статистики (корреляционный анализ с использованием коэффициента корреляции рангов Ч. Спирмена и U-критерий Манна – Уитни – Уилкоксона). Обработка результатов производилась с помощью пакета статистических программ STATISTICA 10.0. Plus.

На первом этапе исследования в каждой из подгрупп было проведено структурированное интервью, психологическое тестирование и вариационная кардиоинтервалометрия с применением устройства психофизиологического тестирования УПФТ-1/30 – «Психофизиолог». ВКМ проводилась с соблюдением рекомендованных условий и порядка обследования [12]. Временной и частотный анализ параметров вариабельности сердечного ритма для дальнейшей статистической обработки совокупности данных осуществлялся в соответствии с российскими методическими рекомендациями [1].

Далее выборка была разделена на две подгруппы. Первую (подгруппа № 1) составили лица, у которых невротическая симптоматика не диагностировалась, вторая (подгруппа № 2) была представлена испытуемыми с выраженной невротической симптоматикой, имеющими жалобы, указывающие на наличие дисфункциональных состояний тренировки (переутомление, монотония, хроническая усталость).

Результаты. Среднее значение показателя уровня функционального состояния в подгруппе № 1 составило $3,45 \pm 1,0$, в подгруппе № 2 – $3,34 \pm 0,8$. Распределение спортсменов по уровню функционального состояния представлено в табл. 1. Несмотря на то, что межгрупповой сравнительный анализ показателя LSR не обнаружил статистически достоверных различий ($U = 712,5$), из табл. 1 видно, что в подгруппе 1 число спортсменов с функциональным состоянием, близким к оптимальному, и оптимальным существенно превышает таковое в подгруппе 2.

Сравнительный анализ показателей временного и спектрального анализа ВСП представлен в табл. 2

Таблица 1
Table 1Распределение спортсменов по уровню функционального состояния
The distribution of athletes depending on their functional state

Уровень и вербальная характеристика функционального состояния (LSR) Level and verbal description of functional state	Количество респондентов в подгруппе 1, % Number of respondents in Group 1, %	Количество респондентов в подгруппе 2, % Number of respondents in Group 2, %
0 – критическое/critical	0	0
1 – негативное/negative	5,7	0
2 – предельно-допустимое/maximum allowable	5,7	14,2
3 – допустимое/allowable	28,5	54,2
4 – близкое к оптимальному/close to optimal	45,7	22,8
5 – оптимальное/optimal	11,4	8,7

Таблица 2
Table 2Временные и спектральные характеристики variability сердечного ритма у спортсменов с различной выраженностью невротической симптоматики
Time domain and spectral HRV indicators among athletes with different severity of neurotic symptoms

Показатель Parameter	Средние значения показателя в подгруппе 1 Mean values in Group 1	Средние значения показателя в подгруппе 2 Mean values in group 2	Средние абсолютные значения у здоровых людей в покое Mean absolute values in healthy people at rest	Наличие статистически достоверных отличий (значение U-критерия) Statistical significance (U test)
SDNN (мс / ms)	51,7 ± 6,3	58,7 ± 7,4	19 ≤ SD _{опт} ≤ 41	U = 809,0*
ИН (усл. ед. / с. у.)	92,4 ± 12,4	71,9 ± 9,9	70 ≤ ИН ≤ 150	U = 782,5**
TP (мс ² / ms ²)	5035 ± 2287,0	6429 ± 2828,8	3446 ± 1018	U = 791,0**
LF (мс ² / ms ²)	1818,94 ± 485,0	2189,63 ± 788,08	1170 ± 416	U = 883,0*
HF (мс ² / ms ²)	1497,34 ± 554,65	1952,2 ± 428,0	975 ± 203	U = 635,0
VLF (мс ² / ms ²)	1719,0 ± 1001,0	2268,63 ± 703,2	765 ± 410	U = 707,0
HF% (РДВ %)	46,8 ± 7,0	42,5 ± 6,7	35,79 ± 14,74	U = 539,0
LF% (РМВ1%)	53,1 ± 6,8	57,4 ± 6,5	33,68 ± 9,04	U = 686,0
LF/HF	1,52 ± 0,25	2,29 ± 0,88	0,7–1,5	U = 770,0**
LSR	3,45 ± 1,0	3,34 ± 0,8		U = 712,5

Примечание: * – достоверные различия (p ≤ 0,01); ** – достоверные различия (p ≤ 0,05).

Note: * – differences are significant at (p ≤ 0.01); ** – differences are significant at (p ≤ 0.05).

Средний показатель СКО в обеих подгруппах укладывается в диапазон средних абсолютных значений у здоровых людей в покое, а также соответствует средним значениям, полученным ранее на выборке спортсменов [4]. На данном этапе подготовки в обеих подгруппах также наблюдается выраженное увеличение общей мощности спектра (TP), что свидетельствует о росте тренированности спортсменов и не противоречит данным других исследований [7]. В свою очередь, отмечаемое в интенсивном тренировочном процессе нарастание LF и VLF указывает на выраженную перетренированность, что свидетельствует о напряжении адаптационных механизмов и характерно при выполнении неадекватных физических нагрузок [5, 8]. Показатели TP и LF достоверно выше в под-

группе спортсменов с выраженной невротической симптоматикой и жалобами на переутомление. Завышение показателя относительного значения мощности волн низкой частоты (LF %) по сравнению со средним также указывает на повышенную активность кардиостимулирующего и вазоконстрикторного симпатических центров продолговатого мозга. Средние значения ИН в обеих подгруппах укладываются в значения, присущие здоровым людям в состоянии покоя (50–100 у. е.), в подгруппе 1 показатель свидетельствует о состоянии организма, находящегося в зоне адаптации к стрессовой ситуации (90–160 у. е.), в подгруппе 2 – вне стрессовой ситуации (30–90 у. е.).

Значения показателя LF/HF, определяющего вагосимпатический баланс, обнаружи-

Взаимосвязь показателей variability сердечного ритма с невротической симптоматикой
The correlation between heart rate variability and neurotic symptoms

Показатели ВСР HRV indicators	Невротическая симптоматика Neurotic symptoms					
	Тревожная Anxiety	Депрессивная Depression	Астенического симптомо- комплекса Asthenization	Конвер- сионная Conversion	Обсессивно- фобическая Obsession and phobia	Вегетативного симптомо- комплекса Autonomization
SDNN (мс / ms)		-0,350**	-0,497*		0,046*	
ИИ (усл. ед. / с. у.)	0,322**		-0,357**		0,346**	
TP (мс ² / ms ²)					-0,616*	
LF (мс ² / ms ²)					-0,621*	
HF (мс ² / ms ²)						
LF%	0,359**					
HF%	-0,359**					
VLF (мс ² / ms ²)		0,333**	0,608*	0,323*	-0,547*	
LF/HF	0,340**					

Примечание: * – уровень значимости $p \leq 0,01$; ** – уровень значимости $p \leq 0,05$.

Note: * – differences are significant at ($p \leq 0.01$); ** – differences are significant at ($p \leq 0.05$).

вают статистически достоверные различия в исследуемых подгруппах с характерным для спортсменов с невротической симптоматикой повышением коэффициента, указывающим на активацию симпатической нервной системы ($LF/HF_{cp} = 2,29 \pm 0,88$). Превалирование симпатического звена регуляции свидетельствует о том, что организм спортсмена работает в условиях внутреннего стрессорного напряжения. А, как известно, постоянное функционирование организма на протяжении длительного периода времени в таких условиях может привести к формированию необратимых органических нарушений [5].

Дальнейший корреляционный анализ проводился с целью выявления взаимосвязей между временными и спектральными показателями ВСР с выраженностью тревожной, депрессивной, астенической, вегетативной, обсессивно-фобической и конверсионной симптоматики (корреляты невротической симптоматики на физиологическом уровне). Результаты проведенного корреляционного анализа приведены в табл. 3.

Обнаруженные многочисленные, разнообразные по своей сути корреляционные связи указывают на особый характер взаимосвязи показателей функционального состояния организма и психоэмоционального фона у спортсменов на общеподготовительном этапе годичного тренировочного цикла, характеризующегося максимально высокой интенсивностью тренировок, что, в свою очередь, оправдывает комплексный подход к коррекции

невротических состояний у данного контингента (психофизиологическая реабилитация, психотерапия, физиотерапия и т. д.).

Нарастание невротической симптоматики в данном случае носит не случайный характер, а является специфическим индикатором функционального перенапряжения регуляторных систем и, как следствие, перетренированности. Обращает на себя внимание тот факт, что риск срыва адаптации (чрезмерное повышение LF, VLF) сопровождается усугублением обсессивно-фобической симптоматики, в то время как тревожная, конверсионная симптоматика, симптомы невротической депрессии и проявления астенического симптомокомплекса нивелируются. Активация симпатической нервной системы (рост индекса LF/HF) также происходит на фоне сглаживания тревожной симптоматики.

Заключение. С учетом того, что в целом распространенность невротических расстройств среди мужчин-спортсменов спортивных сборных команд России достигает 7 %, а у 23,7 % имеются факторы риска развития и усугубления маркеров невротических состояний (из них обсессивно-фобическая симптоматика – у 47,5 %, тревожная – у 27,1 %, невротическая депрессия – у 19,6 % астенический симптомокомплекс у 17,6 %), своевременная и адресная коррекция психоэмоционального фона в условиях сверхинтенсивных тренировок и на пике спортивной формы становится приоритетной задачей психологического сопровождения спортсмена на данном

этапе [15]. Полученные данные о различном «вкладе» разнообразных невротических симптомов в когнитивно-аффективную составляющую состояния функционального перенапряжения регуляторных систем и перетренированности позволяют говорить о наличии специфического «невроза перетренированности». В то время как привычное мнение о вероятном нарастании у спортсменов симптомов стресса и признаков невротизации (невроза как такового) на общеподготовительном этапе годичного тренировочного цикла скорее ошибочно. Именно поэтому наблюдаемого снижения тревожной и депрессивной симптоматики и отсутствия признаков астенизации в условиях интенсивных тренировок на фоне функционального перенапряжения еще недостаточно, чтобы исключить спортсмена из группы риска по развитию дисфункциональных невротических реакций и состояний. Важно учитывать и то, что типичный «невроз перетренированности» будет, в первую очередь, проявляться наличием обсессивно-фобической симптоматики (навязчивых воспоминаний, сомнений, страхов, неуверенности в поступках, решениях и т. д.). Существенной проблемой остается и то, что на сегодняшний день отсутствуют специальные скрининговые, валидные и «негромоздкие» (удобные в применении и обработке) шкалы (тесты) для быстрой диагностики обсессивно-фобической симптоматики (как, например, шкалы HADS, Спилбергера – Ханина, Цунга и т. д.), что обосновывает крайнюю необходимость разработки методик для экспресс-диагностики данного симптомокомплекса, которые бы учитывали специфику самой спортивной деятельности, откладывающей «отпечаток» на содержание мыслей и переживаний спортсменов в процессе профессиогенеза.

Литература

1. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов, Л.В. Чирейкин и др. // Вестник аритмологии. – 2001. – № 24. – С. 65–82.
2. Баевский, Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – М.: Медицина, 1997. – 325 с.
3. Бокерия, Л.А. Variability сердечного ритма: методы измерения, интерпретация, клиническое использование / Л.А. Бокерия, О.Л. Бокерия, И.В. Волковская // *Анналы аритмологии*. – 2009. – Т. 6, № 4. – С. 21–32.
4. Гаврилова, Е.А. Спорт, стресс, variability: моногр. / Е.А. Гаврилова. – М.: Спорт, 2015. – 168 с.
5. Изменения variability 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. Коломиец, О.И. Variability ритма сердца при адаптации к физическим нагрузкам различной направленности / О.И. Коломиец, Е.В. Быков // *Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта*. – 2014. – № 12 (118). – С. 98–103.
7. Кудря, О.Н. Оценка функционального состояния и физической подготовленности спортсменов по показателям variability сердечного ритма / О.Н. Кудря // *Вестник Новосибир. гос. пед. ун-та*. – 2014. – № 1 (17). – С. 185–196.
8. Методические аспекты анализа временных и спектральных показателей variability сердечного ритма (обзор литературы) / Г.Н. Ходырев, С.В. Хлыбова, В.И. Цыркин, С.Л. Дмитриева // *Вятский мед. вестник*. – 2011. – № 3–4. – С. 60–70.
9. Национальные рекомендации по определению риска и профилактике внезапной сердечной смерти / Е.В. Шляхто, Г.П. Арутюнов, Ю.Н. Беленков, С.А. Бойцов // *Кардиология: новости, мнения, обучение*. – 2019. – Т. 7, № 1. – С. 64–88.
10. Никулина, А.В. Изменчивость variability сердечного ритма как отражение реализации физиологических механизмов адаптации организма / А.В. Никулина, В.А. Козлов, А.А. Шуканов // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2017. – Т. 17, № 4. – С. 14–20.
11. Особенности психофизиологической адаптации учащихся 11–16 лет к учебным и физическим нагрузкам, детерминированные типами их вегетативной регуляции / В.В. Горелик, В.С. Беляев, С.Н. Филиппова, Б.Н. Чумаков // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2018. – Т. 18, № 1. – С. 20–32.
12. Устройство психофизиологического тестирования УПФТ-1/30 – «Психофизиолог»: метод. справ. – Таганрог: НПКФ «Медиком МТД», 2015. – 116 с.
13. Occupational physical activity, metabolic and risk of death from all causes and cardio-

vascular disease in the HUNT 2 cohort study / B. Moe, P.J. Mork, A. Holtermann, T.I. Nilsen // *Occup Environ Med.* – 2013. – Vol. 70, no. 2. – P. 86–90. DOI: 10.1136/oemed-2012-100734

14. Schmied C. Sudden cardiac death in athletes / C. Schmied, M. Borjesson // *Journal of Internal Medicine.* – 2014. – Vol. 275, no. 2. – P. 93–103. DOI: 10.1111/joim.12184

15. Sevostyanova, M. Studying of profes-

sional success of Russian national teams athletes belonging to different groups of mental health and psychological adaptation / M. Sevostyanova // Savchenkov Yu., Loginova I., Baturin G., Chernov M., Fatkulina N., Gessmann H.-W., Soinova L. (Eds.) III International Scientific and Practical Conference “Psychological Health of the Person: Life Resource and Life Potential”. – Krasnoyarsk: Verso. – 2016. – P. 185–194.

Севостьянова Мария Сергеевна, кандидат психологических наук, заведующий кабинетом психолога, медицинский психолог высшей квалификационной категории, Федеральный сибирский научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства. 660037, г. Красноярск, ул. Коломенская, д. 26; преподаватель кафедры клинической психологии и психотерапии с курсом ПО, Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого. 660022, г. Красноярск, ул. Партизана Железняка, д. 1. E-mail: SevostyanovaMS@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-5084-0460.

Поступила в редакцию 5 октября 2021 г.

DOI: 10.14529/hsm210407

CORRELATIONS BETWEEN HEART RATE VARIABILITY AND NEUROTIC SYMPTOMS IN ATHLETES FROM RUSSIAN NATIONAL TEAMS

M.S. Sevostianova^{1,2}, SevostyanovaMS@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-5084-0460

¹Federal Siberian Research Clinical Centre under the Federal Medical Biological Agency of Russia, Krasnoyarsk, Russian Federation,

²Professor V.F. Voyno-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University, Krasnoyarsk, Russian Federation

Aim. The paper aims to identify the correlation between heart rate variability (HRV) indicators and neurotic symptoms in highly trained athletes. **Materials and methods.** The comparison between time domain and spectral HRV indicators was performed in athletes from Russian national teams (males, n = 70) with different severity of neurotic symptoms in the annual training cycle. Clinical and psychological methods (observation, interview), psychological testing (identification and assessment of neurotic states by K. Yakhin and D. Mendelevich), cardiac intervals measurement and statistical methods (Spearman rank correlation coefficient, Mann-Whitney U-test) were used for the purpose of the study. **Results.** Mean LF and VLF values in athletes with severe neurotic symptoms were $2189.3 \pm 788.08 \text{ ms}^2$ and $2268.63 \pm 703.2 \text{ ms}^2$ respectively, which significantly exceeds absolute values in healthy people at rest and mean values in athletes without neurotic disorders. This indicates a more pronounced functional stress of regulatory systems, overtraining, and an increased risk of adaptation disorders. The correlation analysis between spectral HRV indicators and questionnaire scales identified a specific tendency to increased obsessive and phobic symptoms associated with the compensation of neurotic symptoms, anxiety and asthenization. **Conclusion.** Neurotic reactions in highly trained athletes are strictly differentiated depending on the stage of sports training. Neurosis associated with overtraining is characterized by pronounced obsessive and phobic symptoms and can be considered as a specific indicator of functional stress and adaptation disorders during intensive training. The most important task of psychological assistance is to identify athletes at risk. This requires the development of valid and easy to use tools for a rapid assessment of obsessive and phobic symptoms.

Keywords: heart rate variability, functional reserves, overtraining, neurotic reactions, obsessive and phobic symptoms, neurosis.

References

1. Baevskiy R.M., Ivanov G.G., Chireykin L.V. et al. [Analysis of Heart Rate Variability when Using Various Electrocardiographic Systems (Guidelines)]. *Vestnik aritmologii* [Bulletin of Arrhythmology], 2001, no. 24, pp. 65–82. (in Russ.)
2. Baevskiy R.M., Berseneva A.P. *Ocenka adaptacionnykh vozmozhnostey organizma i risk razvitiya zabolevaniy* [Assessment of the Adaptive Capabilities of the Body and the Risk of Developing Diseases]. Moscow, Medicine Publ., 1997. 235 p.
3. Bokeriya L.A., Bokeriya O.L., Volkovskaya I.V. Heart Rate Variability. Measurement Methods, Interpretation, Clinical Use]. *Vestnik aritmologii* [Bulletin of Arrhythmology], 2009, vol. 6, no. 4, pp. 21–32. (in Russ.)
4. Gavrilova E.A. *Sport, stress, variabell'nost': monografiya* [Sport, Stress, Variability]. Moscow, Sport Publ., 2015. 168 p.
5. Samikulin P.N., Gryaznyh 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 Males with Different Training Specifics. *Human. Sport. Medicine*, 2018, vol. 18, no. 1, pp. 33–45. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm180103
6. Kolomic O.I., Bykov E.V. [Heart Rate Variability when Adapting to Physical Activity of Various Kinds]. *Uchenye zapiski Universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific notes of the University named after P.F. Lesgaft], 2014, no. 12 (118), pp. 98–103. (in Russ.)
7. Kudrya O.N. [Assessment of the Functional State and Physical Fitness of Athletes in Terms of Heart Rate Variability]. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta* [Bulletin of the Novosibirsk State Pedagogical University], 2014, no. 1 (17), pp. 185–196. (in Russ.)
8. Hodyrev G.N., Hlybova S.V., Cyrkin V.I., Dmitrieva S.L. [Methodological Aspects of the Analysis of Temporal and Spectral Indicators of Heart Rate Variability (Literature Review)]. *Vyatskiy meditsinskiy vestnik* [Vyatka Medical Bulletin], 2011, no. 3–4, pp. 60–70. (in Russ.)
9. Shlyahot E.V., Arutyunov G.P., Belenkov Yu.N., Boycov S.A. [National Guidelines for Risk Determination and Prevention of Sudden Cardiac Death]. *Kardiologiya: novosti, mneniya, obucheniye* [Cardiology. News, Opinions, Training], 2019, vol. 7, no. 1, pp. 64–88. (in Russ.)
10. Nikulina A.V., Kozlov V.A., Shukanov A.A. Changes in Heart Rate Variability as a Reflection of Implemented Physiological Mechanisms of Adaptation. *Human. Sport. Medicine*, 2017, vol. 17, no. 4, pp. 14–20. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm170402
11. Gorelik V.V., Belyaev V.S., Filippova S.N., Chumakov B.N. Peculiarities of the Psychophysiological Adaptation of Pupils Aged 11–16 to Educational and Physical Loads, Determined by the Types of Their Vegetative Regulation. *Human. Sport. Medicine*, 2018, vol. 18, no. 1, pp. 20–32. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm180102
12. Device for Psychophysiological Testing UPFT–1/30 – Psychophysiological. Methodological Guide. Taganrog, NPKF Medicom MTD Publ., 2015. 116 p.
13. Moe B., Mork P.J., Holtermann A., Nilsen T.I. Occupational Physical Activity, Metabolic and Risk of Death From All Causes and Cardiovascular Disease in the HUNT 2 Cohort Study. *Occup Environ Med*, 2013, vol. 70, pp. 86–90. DOI: 10.1136/oemed-2012-100734
14. Schmied C., Borjesson M. Sudden Cardiac Death in Athletes. *Journal of Internal Medicine*, 2014, vol. 20, no. 2, pp. 93–103. DOI: 10.1111/joim.12184
15. Sevostyanova M. Studying of Professional Success of Russian National Teams Athletes Belonging to Different Groups of Mental Health and Psychological Adaptation. Savchenkov Yu., Loginova I. et al. (Eds.) *III International Scientific and Practical Conference Psychological Health of the Person. Life Resource and Life Potential*, 2016, pp. 185–194. DOI: 10.20333/2541-9315-2017-185-194

Received 5 October 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Севостьянова, М.С. Характеристики variability сердечного ритма спортсменов спортивных сборных команд России в зависимости от выраженности невротической симптоматики / М.С. Севостьянова // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 57–63. DOI: 10.14529/hsm210407

FOR CITATION

Sevostyanova M.S. Correlations Between Heart Rate Variability and Neurotic Symptoms in Athletes from Russian National Teams. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 4, pp. 57–63. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210407

ПОВЫШЕНИЕ АДАПТИВНЫХ СВОЙСТВ ОРГАНИЗМА ПРИ ЗАНЯТИЯХ АКВАТРЕНИНГОМ В ЮНОШЕСКОМ ВОЗРАСТЕ

*В.И. Павлова¹, О.А. Гизингер², А.А. Семченко¹,
Н.В. Мамылина¹, Д.А. Сарайкин¹*

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

²Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия

Цель исследования – оценить влияние занятий аквааэробикой на адаптивные свойства организма студентов, состояние мозгового кровообращения и параметры компонентного состава тела. **Материалы и методы.** В исследовании принимали участие 40 студенток, средний возраст $17 \pm 0,45$ года. Для оценки мозгового кровообращения во фронтально-мастоидальном отведении использовали реоанализатор «Мицар-РЕО». Морфологию построения тотальной типологии и функциональной изменчивости лабильных компонентов состава тела обследуемых студенток изучали путем измерения массы тела и определения морфологических параметров с использованием профессиональных весов-анализаторов Tanita BC-418MA. **Результаты.** В ходе исследования установлены особенности реакции мозговой гемодинамики и компонентных показателей тела у студенток в динамике учебного процесса при занятиях аквааэробикой. Определена степень выраженности изменений сосудистого тонуса, свидетельствующего об уровне кровоснабжения головного мозга. Показано постепенное улучшение кровотока и пульсового кровенаполнения в сосудах каротидного бассейна головного мозга, улучшение мозгового кровообращения, снижение тонуса сосудов головного мозга, повышение их эластичности, венозного оттока у студенток в течение девяти месяцев занятий аквааэробикой. Выявлены особенности компонентного состава тела студенток, имеющих различные режимы мышечных нагрузок. Установлено отсутствие выраженных изменений содержания общей воды тела по сравнению с физиологической нормой. Наибольшие значения основного обмена отмечаются у студенток при занятиях аквааэробикой. В основной группе к концу исследования установлено снижение жировой массы тела и увеличение безжировой. **Заключение.** Результаты проведенного исследования позволили выявить особенности мозговой гемодинамики и компонентного состава тела у обучающихся в динамике учебного года и показать высокую эффективность занятий аквааэробикой как компонентом дополнительной физической активности в аспекте повышения адаптивных возможностей организма в условиях повышенных эмоциональных перегрузок, возникающих в процессе обучения. Эффекты аэробного аквааэробного тренинга рассматриваются в качестве адаптивного ресурса, который опосредованно влияет на достижение оптимального баланса между показателями компонентного состава тела и параметрами мозговой гемодинамики у обучающихся, что является физиологической основой для эффективной умственной и физической деятельности.

Ключевые слова: аквааэробика, аквааэробика, мозговая гемодинамика, компонентный состав тела.

Введение. Оздоровительная аквааэробика является одной из новых инновационных технологий, сочетающей комплекс специальных упражнений с элементами хореографии в водной среде под ритмичное музыкальное сопровождение, имеющей релаксирующий и оздоравливающий эффекты на организм [4, 9, 10]. Занятия аквааэробикой, являющейся одним из направлений фитнеса, совершенствуют уровень физических кондиций, укрепляют самочувствие, сердечно-сосудистую и дыхательную системы, гармонизируют физическое

развитие, способствуют формированию профессиональных компетенций. Занятия продолжительностью 45 минут включали разминку, основную и заключительную части, а также комплексы упражнений силового, сложнокоординационного, прыжкового характера, на вытяжение позвоночника, улучшение осанки, на гибкость и расслабление. Двигательная активность в условиях водной среды является одним из эффективных средств повышения уровня физической подготовленности и функциональных возможно-

стей организма студентов [4]. Выполнение упражнений в воде развивает практически все мышцы тела, способствует улучшению подвижности в суставах, притоку венозной крови к сердцу, изменяя тонус периферических кровеносных сосудов. Вода путем воздействия на рецепторы тела оказывает положительное влияние на нервные центры, тонизирует нервную систему, улучшает эмоциональное состояние и повышает работоспособность человека. По мнению Е.О. Рыбаковой (2015), применение фитнес-технологий на сегодняшний день актуализировано в физическом воспитании образовательных учреждений, в оздоровлении взрослого населения [9]. Адаптация организма студентов к новым экологическим, климатогеографическим и психосоциальным факторам среды обитания включает механизмы приспособления функциональных систем, сопровождаемые затратой энергии и морфофункциональными перестройками [5, 6, 9–11]. В студенческом возрасте завершается биологическое созревание, морфофункциональные показатели достигают своих дефинитивных размеров. Одним из наиболее чувствительных индикаторов гомеостатических перестроек в организме является система крови и мозгового кровообращения, которые быстро реагируют на действие экстремальных факторов, играя значительную роль в процессе развития краткосрочной и долговременной адаптации [1, 5, 7, 8, 11]. Эмоциональные стрессорные воздействия, которые имеют место у студентов первого курса в динамике учебного года, во время экзаменационных сессий вызывают количественные и качественные изменения в состоянии мозговой гемодинамики. Исследований влияния оздоровительных аквааэробик на показатели мозгового кровообращения, а также динамику лабильных компонентов массы тела у студентов первого курса обучения в настоящее время недостаточно, что говорит о научной актуальности данного направления [5, 7, 8, 11, 13].

Цель исследования – оценить влияние занятий аквааэробикой на адаптивные свойства организма студентов, состояние мозгового кровообращения и параметры компонентного состава тела.

Материалы и методы. Исследование проводили с участием 40 студенток первого курса в возрасте 17–18 лет Южно-Уральского государственного гуманитарно-педагогического университета в начале учебного года

(фоновый уровень), через пять месяцев занятий (в конце зимней экзаменационной сессии), через девять месяцев занятий (в конце летней экзаменационной сессии). Студенты, участвующие в исследовании, были здоровы, не предъявляли жалоб на момент обследования, без соматической патологии, с нормальным уровнем артериального давления, без патологических изменений ЭКГ, с нормальной массой тела. После получения информированного согласия на исследование все студенты были разделены на две группы по 20 человек: основную и контрольную. Студенты контрольной группы занимались два раза в неделю физической культурой по программе вуза. Студентам основной группы помимо занятий физической культурой была предложена дополнительная программа по аквааэробике, реализуемая в бассейне два раза в неделю по 45 минут.

Изучение реоэнцефалографических показателей проводили с помощью реоанализатора «Мицар-РЕО», используя фронто-мастоидальное отведение, позволяющее судить о бассейне внутренних сонных артерий. Нами были проанализированы следующие расчетные показатели РЭГ: реографический индекс (РИ), характеризующий пульсовое кровенаполнение сосудов; коэффициент эластичности сосудистой стенки (модуль упругости); диастолический индекс (артериальный) (ДИ); диастолический индекс (артериальный) (ДаИ), характеризующий состояние венозного оттока.

Для оценки морфологии построения тотальной типологии и функциональной изменчивости лабильных компонентов состава тела обследуемых студенток проводили измерение массы тела и определение морфологических параметров с использованием профессиональных весов-анализаторов Tanita BC-418MA (Япония, рег. уд. № ФС 022a2006/3226–06 от 29.05.2006 г.). Биоимпедансное обследование проводилось на базе научно-исследовательского центра спортивной науки ИСТиС ЮУрГУ (НИУ) в утренние часы (7.00–10.00) до первого приема пищи в полисегментном режиме.

Статистическая обработка результатов исследования проводилась с использованием лицензионных прикладных программ Microsoft Office Excel 2016 и Statistica 6.1. О достоверности различий средних величин судили по критерию Стьюдента (t). Рассчитывали среднее (X) и ошибку средней (m), различия считались достоверными при $p < 0,05$.

Результаты исследования. Занятия различными формами мышечной деятельности способствуют изменению тонуса кровеносных сосудов организма в целом и мозговой гемодинамики в частности. Показатели реоэнцефалографических исследований (фронтально-мастоидальное (FM) отведение) у девушек изучаемых групп в динамике учебного года представлены на рисунке.

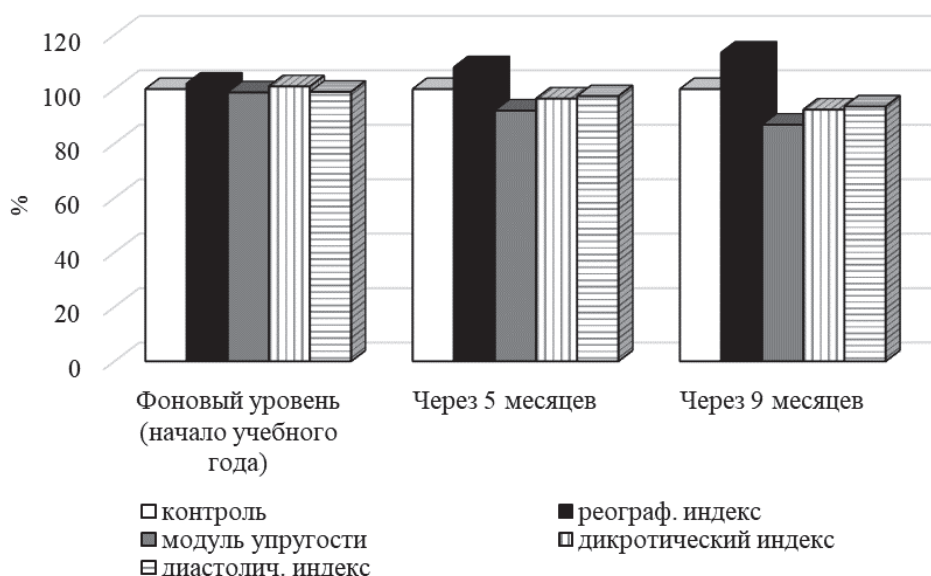
Значения реографического индекса у девушек основной и контрольной групп при фоновом исследовании (в начале учебного года) находились в пределах показателей нормы. Через пять и девять месяцев от начала учебного года у девушек основной группы реографический индекс увеличился на 14,7 % ($p < 0,05$) и 24,8 % ($p < 0,05$) соответственно по сравнению с фоновыми значениями. Это свидетельствует о постепенном улучшении кровотока и пульсового кровенаполнения в сосудах каротидного бассейна головного мозга девушек основной группы в течение девяти месяцев занятий аквааэробикой.

Аналогичная, но менее выраженная динамика показателей реографического индекса наблюдалась у девушек контрольной группы. Через пять и девять месяцев от начала учебного года у девушек контрольной группы реографический индекс увеличился на 7,0 % ($p < 0,05$) и 10,9 % ($p < 0,05$) соответственно по сравнению с фоновыми значениями. Таким образом, в течение учебного года у девушек контрольной группы наблюдалась более

выраженная гиповолемиа кровеносных сосудов каротидного бассейна головного мозга по сравнению с девушками основной группы. В частности, через пять и девять месяцев от начала учебного года показатели реографического индекса у девушек основной группы превышали данные контрольной группы соответственно на 8,0 % ($p < 0,05$) и 13,4 % ($p < 0,05$), находясь в границах референсных значений на протяжении всех сроков исследования.

Выявленная динамика показателей реографического индекса свидетельствует о лучшем кровенаполнении сосудов каротидного бассейна головного мозга у девушек основной группы в течение учебного года в результате занятий аквааэробикой.

Через пять и девять месяцев занятий аквааэробикой у девушек основной группы коэффициент эластичности сосудистой стенки (модуль упругости) достоверно изменился по сравнению с фоновыми значениями. У девушек контрольной группы в эти периоды значения модуля упругости превышали фоновый уровень соответственно на 5,3 % и 13,0 % ($p < 0,05$), свидетельствуя о снижении эластичности сосудов каротидного бассейна головного мозга. Это подтверждается уменьшением показателей модуля упругости сосудов головного мозга у девушек основной группы по сравнению с контрольной через пять и девять месяцев от начала учебного года соответственно на 7,8 % и 13,1 % ($p < 0,05$).



Показатели реоэнцефалографических исследований (фронтально-мастоидальное отведение) у студенток в динамике учебного года

Rheoencephalographic data (frontal mastoid area) in female students during the academic year

Значения модуля упругости у девушек контрольной группы к концу учебного года превышали нормативные показатели на 6,1 % ($p < 0,05$), свидетельствуя о гипертонусе сосудов головного мозга.

Через пять и девять месяцев занятий в вузе у девушек основной группы дициротический индекс сосудов головного мозга был выше фоновых значений соответственно на 5,9 % и 7,8 % ($p < 0,05$). У девушек контрольной группы значения данного показателя превышали фоновые в эти периоды соответственно на 10,7 % ($p < 0,05$) и 17,6 % ($p < 0,05$), что свидетельствует о повышенном тонусе и сопротивлении сосудов микроциркуляторного русла головного мозга в динамике учебного года. Через девять месяцев учебных занятий величина дициротического индекса сосудов головного мозга у девушек основной группы была на 7,8 % ($p < 0,05$) ниже значений контрольной группы, что указывает на снижение тонуса стенок сосудов микроциркуляторного русла каротидного бассейна головного мозга под влиянием занятий аквааэробикой.

Величины диастолического индекса у девушек обеих групп во все сроки исследования находились в пределах референтных значений. В динамике учебного года у девушек основной группы диастолический индекс сосудов головного мозга достоверно не отличался от фоновых значений, у девушек контрольной группы – превышал на 3,8 % после зимней экзаменационной сессии и на 5,5 % – после летней. Последнее обстоятельство указывает на имеющее место незначительное затруднение венозного оттока в сосудистом бассейне сонных артерий головного мозга у девушек контрольной группы, имеющих незначительный уровень двигательной активности. К концу учебного года у девушек основной группы диастолический индекс сосудов головного мозга был на 6,4 % ниже показателей контрольной группы ($p < 0,05$).

Анализ показателей реоэнцефалографических исследований во фронто-мастоидальном отведении свидетельствует о повышенном тонусе сосудов в каротидном бассейне головного мозга у девушек контрольной группы в динамике учебного года по сравнению с девушками, занимающимися дополнительно аквааэробикой.

В связи с вышеобозначенным целесообразно исследовать в качестве индикаторных параметры мозговой гемодинамики у студен-

ток, находящихся на различных этапах учебного процесса в вузе. Систематические и умеренные занятия аквааэробикой во второй половине дня, превышающие объем физических нагрузок, запланированных по учебной программе в вузе, способствуют улучшению мозгового кровообращения, снижению тонуса сосудов головного мозга, повышению их эластичности, венозного оттока.

Одним из вариантов оценки адаптивной реакции организма студенток на мышечную нагрузку выступает анализ динамики лабильных компонентов массы тела [2, 10, 13].

В таблице представлены результаты среднегрупповой динамики отдельных компонентов массы тела у студенток, имеющих различные режимы мышечных нагрузок, в динамике учебного года.

Из анализа таблицы мы видим, что существуют достоверные отличия между компонентами показателями тела обследуемых студенток, имеющих различные режимы мышечных нагрузок.

Индекс массы тела (ИМТ), выступающий в настоящее время критерием ожирения в эпидемиологической практике [3], у обследуемых студенток находился в диапазоне нормальных значений. В контрольной группе отмечалось увеличение показателей ИМТ к концу зимней экзаменационной сессии ($p < 0,05$) и недостоверное (на 4 %) снижение по завершению летней экзаменационной сессии. Подобная тенденция изменений показателя ИМТ наблюдалась и в основной группе, однако говорить об устойчивом росте ИМТ в выборке студенток 17–18 лет, занимающихся аквааэробикой, не представляется возможным.

Анализируя показатели общей воды тела, в основной группе установили отсутствие выраженных изменений содержания жидкости по сравнению с физиологической нормой. В контрольной группе на этапе завершения летней сессии выявлено снижение уровня гидратации организма ($p < 0,05$), что, вероятно, обусловлено избыточным приемом энергетиков и кофеиносодержащих напитков студентками при подготовке к сдаче экзаменов. Регулярные тренировки в воде студенток основной группы позволили компенсировать развитие подобной дегидратации за счет рационального распределения приемов питьевой воды в режиме плавательной подготовки [3].

Наибольшие значения основного обмена отмечаются у студенток при занятиях аква-

Биоимпедансный анализ состава тела студенток в динамике учебного года ($X \pm m$)
Bioimpedance analysis of body composition during the academic year ($X \pm m$)

Показатели / Parameters		Этап / Stage		
		Фон Baseline	Зимняя сессия Winter term	Летняя сессия Summer term
ИМТ, кг/м ²	ОГ/MG (n = 20)	18,3 ± 0,8	19,6 ± 0,1	19 ± 0,5
BMI, kg/m ²	КГ/CG (n = 20)	17 ± 0,9	19,1 ± 0,1*	18,3 ± 0,9
ОВТ, л	ОГ/MG (n = 20)	27,7 ± 0,4	28,6 ± 0,5	26,5 ± 0,3
Total body water, l	КГ/CG (n = 20)	28,2 ± 0,4	28,1 ± 0,4	24,8 ± 0,5*
ОО, ккал/сут	ОГ/MG (n = 20)	1337,2 ± 63,7	1497,6 ± 37,74*	1671,4 ± 58,04*
Basal metabolism, kcal/day	КГ/CG (n = 20)	1369,3 ± 56,2	1448,7 ± 69,19	1283,5 ± 46,11*
ЖМТ, %	ОГ/MG (n = 20)	20,1 ± 1,1	20,8 ± 0,8	18,2 ± 0,68*
Body fat mass, %	КГ/CG (n = 20)	19,8 ± 0,8	22 ± 1,05*	23,4 ± 1,1
БМТ, кг	ОГ/MG (n = 20)	38,9 ± 1,94	41,2 ± 1,9	45,7 ± 1,76*
Fat free mass, kg	КГ/CG (n = 20)	41,5 ± 1,7	40,6 ± 2,68	42,4 ± 2,17

Примечание: ОГ – основная группа; КГ – контрольная группа; ИМТ – индекс массы тела; ОВТ – общая вода тела; ОО – основной обмен; ЖМТ – жировая масса тела; БМТ – безжировая масса тела; * – $p < 0,05$ – степень статистически значимых различий между сравниваемыми этапами.

Note: MG – main group, CG – control group, BMI – body mass index, * – $p < 0.05$ – statistical significance between terms.

аэробикой. На протяжении всего исследования данный показатель в основной группе тенденциозно повышался: на 11,9 % – к концу зимней сессии (при $p < 0,05$) и на 11,6 % – к концу летней сессии (при $p < 0,05$). В контрольной группе, напротив, выявлено снижение основного обмена к периоду завершения летней экзаменационной сессии ($p < 0,05$). Механизм таких разнонаправленных изменений величины основного обмена в группах студенток связан с изменением мышечного тонуса в течение учебного года и влиянием фактора плавательной тренировки.

В основной группе к концу исследования отмечалось снижение жировой массы тела ($p < 0,05$) и увеличение безжировой массы тела ($p < 0,05$). Подобная картина в условиях занятий аквааэробикой адекватна повышению умственной и физической работоспособности студенток на фоне снижения энергозатрат на единицу работы. Повышение среднего уровня безжировой массы и снижение среднего уровня жировой массы тела от одной экзаменационной сессии к другой отражает высокий уровень анаболической и катаболической активности, расширение адаптационного резерва и повышение энергетического потенциала.

Жировая масса тела у студенток контрольной группы к концу исследования увеличилась ($p < 0,05$), а в показателях безжировой массы тела не отмечалось достоверных изменений. В исследованиях А.С. Ушакова,

А.В. Ненашевой с соавт. (2015) показано, что данный вариант соотношения динамики жировой массы тела и безжировой свидетельствует о недостаточности мышечных нагрузок, что указывает на необходимость увеличения объема тренировочной работы с высокой долей аэробного компонента, в качестве которой для студенческой молодежи может выступать дополнительная физическая нагрузка в форме аквааэробики [5]. Кроме того, выявленный темп увеличения жировой массы у студенток в ситуации развития экзаменационного стресса без коррекции режима мышечных нагрузок может ассоциироваться с метаболическими факторами риска, такими как увеличенное содержание кортизола, поведенческими и психосоциальными факторами (депрессивные состояния, курение, употребление алкоголя и энергетических напитков) [5, 10, 12].

Заключение. Дополнительные занятия аквааэробикой в системе образовательного процесса по физической культуре в вузе способствуют изменению тонуса кровеносных сосудов организма студенток и мозговой гемодинамики. Аквафитнес оказывает стресс-протекторное действие на организм девушек, мобилизуя адаптационные ресурсы их организма, повышая стрессоустойчивость во время экзаменационных сессий. Доказано постепенное улучшение кровотока и пульсового кровенаполнения в сосудах каротидного бассейна головного мозга, снижение тонуса стенок сосудов микроциркуляторного русла

у девушек основной группы под влиянием занятий аквааэробикой.

Выявленная нами в течение учебного года у девушек контрольной группы более выраженная гиповолемиа кровеносных сосудов каротидного бассейна головного мозга по сравнению с девушками основной группы может свидетельствовать о напряжении механизмов адаптации при влиянии различных физиологических и стрессовых факторов, снижении компенсаторных возможностей организма. Это подтверждается снижением эластичности сосудов каротидного бассейна головного мозга, имеющем место при их гипертенузе, который наблюдался у девушек контрольной группы в динамике учебного года. У девушек контрольной группы в конце учебного года наблюдался повышенный тонус сосудов головного мозга, что свидетельствует о более высоком уровне эмоционального напряжения по сравнению с девушками, занимающимися по предложенной нами программе. Имеющая место у девушек контрольной группы гиповолемиа сосудов головного мозга являлась, на наш взгляд, компенсаторной реакцией мозгового кровообращения в ответ на психоэмоциональное напряжение во время учебного процесса и экзаменационных сессий.

Аналогичные результаты были получены В.Н. Федоровым (2014), исследовавшим мозговое кровообращение у студентов 18–19 лет, который подтвердил, что умственная нагрузка на фоне переутомления вызывает уменьшение кровенаполнения мозговых сосудов, умеренное нарушение венозного оттока, указывая на напряжение адаптационно-компенсаторных механизмов регуляции мозговой гемодинамики [11, 13].

Нами выявлены статистически значимые различия между компонентными показателями тела студенток исследованных групп, имеющих различные режимы мышечных нагрузок. В основной группе установлено отсутствие выраженных изменений содержания общей воды тела по сравнению с физиологической нормой на фоне достоверного снижения уровня гидратации организма у девушек контрольной группы на этапе завершения летней сессии. Регулярные занятия аквааэробикой компенсируют возможную дегидратацию организма за счет рационального распределения приемов питьевой воды в режиме тренировочного процесса. Кроме того, занятия аквааэробикой способствуют устойчиво-

му повышению основного обмена организма студенток благодаря адекватному перераспределению мышечного тонуса в условиях водной среды, что важно в период экзаменационных сессий. Немаловажное значение имеет выявленное нами снижение жировой массы тела и увеличение безжировой массы тела у девушек основной группы в динамике учебного года, которое отражает высокий уровень анаболической и катаболической активности, повышение энергетического потенциала. Это благоприятно сказывается на уровне умственной и физической работоспособности учащейся молодежи.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Челябинской области в рамках научного проекта № 20-413-740010.

Литература

1. Анфиногенова, О.И. Влияние условий обучения в вузе на адаптационные возможности организма студентов / О.И. Анфиногенова // Вестник Ставропол. гос. ун-та. – 2011. – Т. 74. – С. 19–23.
2. Василец, В.В. Оценка эффективности физкультурно-оздоровительных занятий с помощью биоимпедансного анализа компонентного состава тела / В.В. Василец, Е.П. Врублевский // Здоровье для всех. – 2015. – № 1. – С. 26–30.
3. Дедов, И.И. Ожирение: этиология, патогенез, клинические аспекты / И.И. Дедов, Г.А. Мельниченко. – М.: Мед. информ. агентство, 2006. – 456 с.
4. Динамика развития функциональных показателей как фактор двигательной подготовленности студентов / Д.А. Раевский, Т.Е. Симица, В.П. Румянцев, Н.Г. Пучкова // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2016. – № 3 (133). – С. 197–201.
5. Изучение особенностей состава тела юношей – учащихся 11-х классов и студентов 1-го курса / А.С. Ушаков, А.В. Ненашева, Н.Е. Клеценкова и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура». – 2015. – Т. 15. – № 4. – С. 89–92.
6. Исследование физиологических показателей тхэквондистов при сенсорном конфликте / Д.А. Сарайкин, Е.Л. Бачериков, Ю.Г. Камскова, В.И. Павлова // Теория и практика физ. культуры. – 2017. – № 12. – С. 62–64.
7. Калинина, Е.А. Фитнес-тренировки:

плюсы и минусы / Е.А. Калинина, А.Э. Кутузова, Т.А. Евдокимова // *Лечебная физ. культура и спорт. медицина.* – 2011. – Т. 88. – № 4. – С. 58–62.

8. Подходы к прогнозированию адаптивного состояния энергетической системы мозга в условиях гипоксии / А.Н. Мошкова, Е.И. Ерлыкина, Т.Ф. Сергеева, Е.М. Хватова // *Бюл. эксперимент. биологии и медицины.* – 2010. – Т. 149. – № 3. – С. 282–285.

9. Рыбакова, Е.О. Совершенствование профессионального образования студентов физкультурного вуза средствами фитнеса / Е.О. Рыбакова // *Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта.* – 2015. – № 12 (130). – С. 177–181.

10. Семченко, А.А. Роль интегральной оценки морфофункциональных параметров тела у барьеристов в системе тренировочно-соревновательной подготовки / А.А. Семченко, А.В. Ненашева // *Современные про-*

блемы науки и образования. – 2016. – № 2. – <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=24262>.

11. Федоров, В.Н. Анализ состояния показателей мозгового кровообращения в юношеском возрасте / В.Н. Федоров // *Вестник науки Казах. агротехн. ун-та им. С. Сейфуллина.* – 2014. – № 4 (83). – С. 7–12.

12. Predicting body fat mass by infrared thermographic measurement of skin temperature: a novel multivariate model / G. Laffaye, V.V. Epi-shev, I.A. Tetin et al. // *Quantitative InfraRed Thermography.* – 2019. DOI: 10.1080/17686733.2019.1646449

13. Semchenko, A.A. Assessment of the functional capacity of the heart in hurdlers within the system of training-competitive conditioning / A.A. Semchenko, A.V. Nenasheva // *Minerva Ortopedica e Traumatologica.* – 2018. – 69 (3 Suppl 1). – P. 7–10. DOI: 10.23736/S0394-3410.17.03854-1

Павлова Вера Ивановна, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник управления научных исследований, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 69. E-mail: pavlovavi@csru.ru, ORCID: 0000-0003-1347-3408.

Гизингер Оксана Анатольевна, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры микробиологии и вирусологии Медицинского института, Российский университет дружбы народов. 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 8. E-mail: OGizinger@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9302-0155.

Семченко Антон Александрович, кандидат биологических наук, заместитель директора по учебной работе Профессионально-педагогического института, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 69. E-mail: semchenkoaa@csru.ru, ORCID: 0000-0003-0974-6047.

Мамылина Наталья Владимировна, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и медико-биологических дисциплин. Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 69. E-mail: mamilinanv@csru.ru, ORCID: 0000-0002-5880-439X.

Сарайкин Дмитрий Андреевич, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и медико-биологических дисциплин, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 69. E-mail: saraykind@csru.ru, ORCID: 0000-0003-0298-6507.

Поступила в редакцию 11 сентября 2021 г.

INCREASING THE ADAPTIVE POTENTIAL OF UNIVERSITY STUDENTS WITH WATER TRAINING

V.I. Pavlova¹, pavlovavi@cspu.ru, ORCID: 0000-0003-1347-3408,
O.A. Gizinger², OGizinger@gmail.com, ORCID 0000-0001-9302-0155,
A.A. Semchenko¹, semchenkoa@cspu.ru, ORCID: 0000-0003-0974-6047,
N.V. Mamilina¹, mamilinanv@cspu.ru, ORCID: 0000-0002-5880-439X,
D.A. Saraykin¹, saraykind@cspu.ru, ORCID: 0000-0003-0298-6507

¹South Ural State Humanitarian Pedagogical University, Chelyabinsk, Russian Federation,

²RUDN University, Moscow, Russian Federation

Aim. The paper aims to identify the effect of water training on adaptive potential, cerebral circulation, and body composition. **Materials and methods.** The study involved 40 female students (mean age 17 ± 0.45 years). The Mitsar-REO analyzer was used for measuring cerebral circulation in the frontal mastoid area. The typology and functional variability of body composition were studied by measuring body weight and morphological parameters with the Tanita BC-418MA body composition analyzer. **Results.** During the study, the features of cerebral hemodynamics and body composition were established in female students involved in water training. The degree of changes in vascular tone was identified, which indicated the level of cerebral blood supply. A gradual improvement of carotid blood flow, blood filling, cerebral circulation, cerebral tone, vascular elasticity and venous outflow was found in female students of the main group during nine months of water training. Statistically significant differences were found between body composition of female students with different levels of physical activity. In the main group, there were no significant changes in body water compared to the physiological norm. In the control group, at the end of the academic year, a decrease in the level of body water was found. The largest values of the basal metabolism were found in students of the main group. In the main group, by the end of the study, there was a decrease in body fat mass and an increase in fat-free mass. **Conclusion.** The results of the study allowed to identify the features of cerebral hemodynamics and body composition in female students during the academic year and showed the usefulness of water training as additional physical activity in terms of increasing the adaptive potential of university students experiencing emotional overload. The effects of water training are considered as an adaptive resource that contributes to the achievement of optimal balance between body composition and cerebral hemodynamics, which is the physiological basis of mental and physical activity.

Keywords: water training, cerebral hemodynamics, body composition.

References

1. Anfinogenova O.I. [The Influence of Educational Conditions at the University on the Adaptive Capabilities of the Student Body]. *Vestnik Stavropol'skogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Stavropol State University], 2011, vol. 74, pp. 19–23. (in Russ.)
2. Vasilets V.V., Vrublevsky E.P. [Assessment of the Effectiveness of Physical Education and Recreational Activities Using Bioimpedance Analysis of Component Body Composition]. *Zdorov'e dlya vsekh* [Health for All], 2015, no. 1, pp. 26–30. (in Russ.)
3. Dedov I.I., Melnichenko G.A. *Ozhirenie: etiologiya, patogenez, klinicheskie aspekty* [Obesity. Etiology, Pathogenesis, Clinical Aspects]. Moscow, Medical News Agency Publ., 2006. 456 p.
4. Raevsky D.A., Simina T.E., Rumyantsev V.P., Puchkova N.G. [Dynamics of the Development of Functional Indicators as a Factor in the Motor Fitness of Students]. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific notes of the P.F. Lesgaft University], 2016, no. 3 (133), pp. 197–201. (in Russ.)
5. Ushakov A.S., Nenashva A.V., Kleshchenkova N.E. et al. Study of the Body Composition of Young Men – Students of 11th Grades and Students of the 1st Year. *Bulletin of South Ural State University. Series: Education, Health, Physical Education*, 2015, vol. 15, no. 4, pp. 89–92. (in Russ.) DOI: 10.14529/ozfk150416

6. Saraykin D.A., Bacherikov E.L., Kamskova Yu.G., Pavlova V.I. [Study of Physiological Indices of Taekwondokas in Case of Sensory Conflict]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2017, no. 12, pp. 62–64. EID: 2-s2.0-85042302268. (in Russ.)

7. Kalinina E.A., Kutuzova A.E., Evdokimova T.A. [Fitness Training. Pros and Cons]. *Lechebnaya fizicheskaya kul'tura i sportivnaya medicina* [Medical Physical Culture and Sports Medicine], 2011, vol. 88, no. 4, pp. 58–62. (in Russ.)

8. Moshkova A.N., Erlykina E.I., Sergeeva T.F., Khvatova E.M. [Approaches to Predicting the Adaptive State of the Brain Energy System in Hypoxia]. *Byulleten' eksperimental'noy biologii i mediciny* [Bulletin of Experimental Biology and Medicine], 2010, vol. 149, no. 3, pp. 282–285. (in Russ.) DOI: 10.1007/s10517-010-0933-0

9. Rybakova E.O. [Improving the Professional Education of Students of a Physical Education University with Fitness Aids]. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific notes of the P.F. Lesgaft University], 2015, no. 12 (130), pp. 177–181. (in Russ.)

10. Semchenko A.A., Nenasheva A.V. [The Role of Integral Assessment of Morphofunctional Body Parameters in Hurdlers in the System of Training and Competitive Training]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education], 2016, no. 2. Available at: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=24262> (in Russ.)

11. Fedorov V.N. [Analysis of the State of Cerebral Circulation Indicators in Adolescence]. *Vestnik nauki Kazahskogo agrotekhnicheskogo universiteta im. S. Seifullina* [Bulletin of Science of the Kazakh Agricultural University named after S. Seyfullin], 2014, no. 4 (83), pp. 7–12. (in Russ.)

12. Laffaye G., Epishev V.V., Tetin I.A. et al. Predicting Body Fat Mass by ir Thermographic Measurement of Skin Temperature: a Novel Multivariate Model. *Quantitative InfraRed Thermography*, 2019. DOI: 10.1080/17686733.2019.1646449

13. Semchenko A.A., Nenasheva A.V. Assessment of the Functional Capacity of the Heart in Hurdlers Within the System of Training-Competitive Conditioning. *Minerva Ortopedica e Traumatologica*, 2018, vol. 69, suppl. 1, no. 3, pp. 7–10. DOI: 10.23736/S0394-3410.17.03854-1

Received 11 September 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Повышение адаптивных свойств организма при занятиях аквафитнесом в юношеском возрасте / В.И. Павлова, О.А. Гизингер, А.А. Семченко и др. // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 64–72. DOI: 10.14529/hsm210408

FOR CITATION

Pavlova V.I., Gizinger O.A., Semchenko A.A., Mamilina N.V., Saraykin D.A. Increasing the Adaptive Potential of University Students with Water Training. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 4, pp. 64–72. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210408

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЦЕРЕБРАЛЬНОГО ЭНЕРГООБМЕНА ПРИ РАЗНОМ УРОВНЕ ТРЕВОЖНОСТИ У МОЛОДЫХ ЛЮДЕЙ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А.В. Грибанов^{1,2}, О.Н. Котцова¹, Н.Ю. Аникина¹,
М.Н. Панков³, И.Е. Корельская¹

¹Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия,

²Институт возрастной физиологии РАО, г. Москва, Россия,

³Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск, Россия

Цель исследования. Определение изменений энергообмена головного мозга в течение годового цикла у молодых людей трудоспособного возраста, родившихся и проживающих в условиях Арктической зоны РФ, с разным уровнем личностной тревожности. **Материалы и методы.** Проведены исследования нейроэнергетического обмена у молодых людей 30–34 лет, жителей Арктической зоны РФ в осенний, зимний, весенний и летний сезоны года. Состояние энергообменных процессов изучалось на 5-канальном комплексе «Нейро-КМ» с регистрацией уровня постоянного потенциала и топографического картирования электрической активности головного мозга. **Результаты.** Выявлена тесная связь между световым режимом, состоянием энергообменных процессов головного мозга и тревожностью у жителей Арктической зоны РФ. Наиболее негативные изменения церебрального энергообмена происходят у «высокотревожных» лиц в летний период при максимальной естественной освещенности. В контрастные сезоны естественной освещенности у «высокотревожных» лиц наблюдается перераспределение церебрального энергообмена с усилением его во фронтальной и затылочной областях и формированием области истощения в височных. У лиц с умеренной тревожностью максимальная интенсивность нейроэнергетического обмена отмечается зимой, минимальная – в летний период; происходит активация энергообменных процессов во фронтальных и затылочных отделах коры головного мозга, в целом наблюдается снижение активности нейроэнергетического обмена коры головного мозга в летний период. **Выводы.** Благодаря высокой сенсорной реактивности организма процессы, связанные с нейроэнергетическим обменом, у лиц с тревожностью при фотопериодических реакциях протекают более напряженно.

Ключевые слова: Арктика, фотопериодизм, трудоспособное население, тревожность, церебральный энергообмен, постоянный потенциал головного мозга.

Введение. Сезонные изменения естественной освещенности сопровождаются у лиц, проживающих в высоких широтах, перестройкой всех видов обмена веществ, гемодинамики и биоэлектрической активности мозга [1–4, 14]. Регуляция данных изменений осуществляется центральной нервной системой (ЦНС) [11, 13, 17]. Сезонные адаптивные перестройки ЦНС [6, 10, 11] требуют усиленной работы различных отделов головного мозга и ведут к интенсификации энергообмена, что находит отражение в развитии «синдрома адаптационного профицита церебрального энергообмена» [5, 8]. Для оценки этих состояний является исследование уровня постоянных потенциалов головного мозга (УПП), одного из видов сверхмедленных потенциалов, которые являются психофизиологическими

маркерами тревожности [7, 9, 15, 16]. Показатели нейроэнергетического обмена используются для оценки функционального состояния головного мозга. В научной литературе не имеется данных об изменениях нейроэнергообмена у жителей северных широт с тревожностью в различные сезоны года.

Цель исследования – определить сезонные изменения нейроэнергообмена при разном уровне тревожности у молодых жителей Арктической зоны с помощью регистрации уровня постоянного потенциала головного мозга.

Материалы и методы исследования. Первый этап исследования включал анкетирование (опросник Спилберга – Ханина) у 49 человек 30–34 лет, родившихся и проживающих в Арктической зоне РФ. По результа-

там сформированы группы с умеренным и высоким уровнем личностной тревожности. На втором этапе исследовались церебральные энергетические процессы у двух групп: 28 человек – с умеренным уровнем тревожности и 21 человек – с высокой тревожностью по сезонам года. По данным сайта <http://meteo.infospace.ru> среднемесячная долгота дня составила 9 часов 59 минут в октябре, 4 часа 23 минуты – в декабре, 12 часов – в марте, 20 часов 50 минут – в июне. Исследования проводились в одно и то же время суток с одобрения этического комитета института медико-биологических исследований САФУ им. М.В. Ломоносова, протокол № 1 от 14.01.2019 г. Испытуемые находились в физическом и психическом покое. Каждый участник до включения в исследование подписывал информированное согласие в соответствии с принципами Хельсинкской декларации. Энергообмен головного мозга исследовался на 5-канальном диагностическом комплексе «Нейро-КМ» («АСТЕК», Россия). Активные электроды накладывали во фронтальном, центральном и окципитальном отделах (Fz, Cz, Oz), в правой и левой височных областях (Td, Ts) по международной схеме 10–20. Анализировались монополярные, локальные значения постоянного потенциала (ПП) и проводился расчет межэлектродной разности, в том числе межполушарный градиент (Td-Ts). Значения УПП оценивали путем сравнения с нормативами, встроенными в программное обеспечение комплекса «Нейро-КМ». Статистическая обработка данных проведена с помощью программы SPSS Statistics 26. Результаты исследования представлены в виде медианы (Me), различия результатов считались значимыми при $p < 0,05$. Непараметрический критерий Манна – Уитни использовался для сравнения групп, внутригрупповые сравнения проводились с помощью критерия знаковых рангов Вилкоксона, использовался коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

Результаты и обсуждение. В ходе исследования в течение всех четырех сезонов получены следующие результаты распределения УПП в монополярных и локальных отведениях (см. таблицу). Так, у лиц с умеренной тревожностью отмечено повышение УПП в лобных отведениях (максимальные значения Fz) в зимний период (наименьшей естественной освещенности) и летний период (максимального уровня естественного освещения).

В группе «высокотревожных» лиц максимальные значения показателя Fz отмечаются при нарастании естественной освещенности весной и при ее максимальных значениях – летом. Локальный потенциал Fz-X имеет отрицательные значения в обеих группах осенью и зимой и положительные – при увеличении светового дня (весной и летом). При межгрупповом сравнении статистически значимые отличия отмечены в лобном отведении (Fz) в зимний период у лиц с умеренной и высокой тревожностью. Таким образом, отмечается высокая интенсивность энергетических процессов в лобной коре относительно среднего уровня церебрального энергообмена в весенне-летний период как у лиц с умеренным уровнем тревожности, так и у «высокотревожных» лиц. При увеличении сенсорной информации (увеличение долготы дня) весной и летом в обеих группах отмечается активация затылочной коры (показатель Oz) – коркового центра зрительного анализатора. Локальный потенциал Oz-X имеет максимальные положительные значения в весенне-летний период. Локальные показатели Td-X, Ts-X на протяжении всех сезонов в обеих группах имеют отрицательные значения, что говорит о низкой интенсивности метаболизма в височной коре относительно среднего уровня церебрального энергообмена. Вероятно, на фоне тревожного состояния формируется область истощения в височных отделах, входящих в состав лимбической системы, отвечающей за эмоциональное состояние индивида. Об интенсивности энергообменных процессов судят по суммарным показателям 5 монополярных отведений (рис. 1).

У лиц с умеренной тревожностью наибольшие суммарные показатели УПП регистрируются в зимний период. В период максимальной долготы дня (летом) у данной группы отмечаются наиболее низкие суммарные показатели УПП, возникает угнетение коры головного мозга. У лиц с высоким уровнем тревожности на протяжении всех сезонов, кроме осени, отмечаются стабильно высокие показатели суммарных значений УПП.

Одной из основных характеристик нормального энергообмена является соблюдение «куполаобразности» распределения УПП с максимальными значениями в центральном отведении и снижением в периферийных [12] (рис. 2).

Сезонная динамика распределения УПП при разном уровне тревожности
у молодых людей в Арктическом регионе Me (Q1; Q3), мВ
Seasonal dynamics of cerebral potential in young people
with different anxiety levels born and raised in the Arctic Russia, Me (Q1; Q3), mV

Отведение Lead	Тревожность Anxiety	Осень Autumn	Зима Winter	Весна Spring	Лето Summer
Fz	Умерен. Moderate	*10,1 (-0,2; 18,9)	16,2 (6,7; 21,4)	15,5 (7,0; 22,7)	18,1 (12,5; 23,5)
	Высокая High	*6,4 (2,0; 19,0)	7,1 (1,2; 14,9) ▲	*14,6 (9,3; 24,1)	21,4 (15,5; 28,4)
Cz	Умерен. Moderate	14,7 (0,4; 22,8)	20,0 (12,7; 27,7)	16,5 (8,2; 31,8)	17,1 (7,1; 25,4)
	Высокая High	15,2 (7,9; 22,1)	19,9 (6,5; 27,8)	*20,3 (13,3; 31,5)	13,9 (8,1; 34,4)
Oz	Умерен. Moderate	11,0 (4,6; 18,8)	-4,1 (-11,5; 5,3)	15,0 (11,3; 27,0)	*11,8 (0,2; 17,8)
	Высокая High	10,9 (8,1; 14,8)	12,8 (4,8; 17,9)	*17,9 (9,6; 29,7)	15,5 (1,6; 28,1)
Td	Умерен. Moderate	*5,7 (0,9; 11,3)	*-3,7 (-8,1; 5,8)	*4,2 (-10,7; 10,9)	-9,7 (-26,7; 7,4)
	Высокая High	5,3 (2,9; 12,5)	8,7 (5,5; 20,3)	5,7 (-9,0; 16,3)	-2,2 (-25,6; 13,0)
Ts	Умерен. Moderate	*5,0 (-3,0; 14,1)	*-6,0 (-13,0; 4,3)	*-2,2 (14,0; 13,6)	*-12,2 (-28,3; 6,4)
	Высокая High	3,8 (-1,8; 8,8)	*9,9 (1,8; 20,3)	7,3 (-7,1; 19,6)	-6,3 (-25,9; 16,3)
Хер.	Умерен. Moderate	10,0 (5,4; 16,4)	-1,0 (-6,6; 9,9)	9,8 (2,6; 15,0)	2,8 (-4,4; 14,5)
	Высокая High	7,3 (6,1; 11,2)	12,9 (5,9; 18,2)	12,4 (4,4; 23,2)	10,2 (-4,2; 22,6)
Fz-X	Умерен. Moderate	*-0,5 (-5,0; 4,8)	-10,9 (-14,7; -7,0)	*5,0 (2,8; 8,0)	*14,9 (5,2; 22,3)
	Высокая High	*-2,2 (-6,2; 4,8)	-3,5 (-6,1; 0,4)	*2,9 (-1,5; 11,1)	*11,1 (1,3; 21,9)
Cz-X	Умерен. Moderate	*2,6 (-2,1; 12,0)	-2,5 (-7,5; 1,2)	9,5 (-0,9; 16,0)	10,2 (7,5; 18,0)
	Высокая High	*7,5 (-0,8; 10,9)	2,4 (-0,1; 9,3)	8,9 (2,8; 15,9)	12,0 (6,0; 15,2)
Oz-X	Умерен. Moderate	1,2 (-4,7; 7,6)	*-7,7 (-10,6; -5,3)	*4,0 (1,8; 15,8)	4,6 (-0,2; 8,7)
	Высокая High	2,9 (-1,2; 7,6)	*-1,2 (-2,9; 1,7)	*8,0 (1,1; 12,5)	8,3 (1,2; 11,0)
Td-X	Умерен. Moderate	*-3,2 (-11,4; 1,9)	-8,2 (-10,1; -4,6)	*-6,8 (-19,5; -3,1)	-10,9 (-22,3; -7,1)
	Высокая High	*-2,2 (-5,2; 1,4)	-0,9 (-5,1; 2,0)	*-6,1 (-17,0; 1,9)	-12,9 (-21,6; -4,4)
Ts-X	Умерен. Moderate	*-4,2 (-9,1; 1,8)	*-11,5 (-13,3; 8)	*-12,1-19,9; 0,2)	*-16,1 (-24,0; -8,7)
	Высокая High	*-6,1 (-9,5; 0,3)	-0,1 (-5,5; 3,2)	*-7,6 (-15,1; -0,6)	-14,4 (-19,7; -6,0)

Примечание: * – $p < 0,05$, статистическая значимость отличий между сезонами внутри одной группы; ▲ – $p < 0,05$, статистическая значимость отличий между группами и одним сезоном.

Note: * – $p < 0.05$, statistical differences between seasons within one group; ▲ – $p < 0.05$, statistical differences between groups within one season.

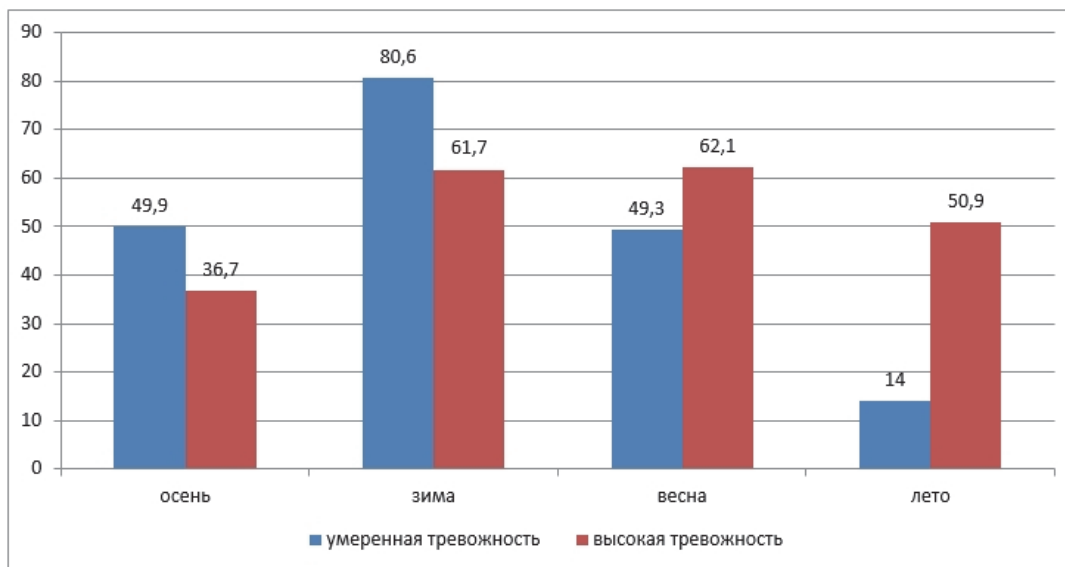


Рис. 1. Сезонная динамика суммарного распределения УПП при разных уровнях тревожности у молодых людей в Арктическом регионе

Fig. 1. Seasonal dynamics of total cerebral potential among young people with different anxiety levels born and raised in the Russian Arctic

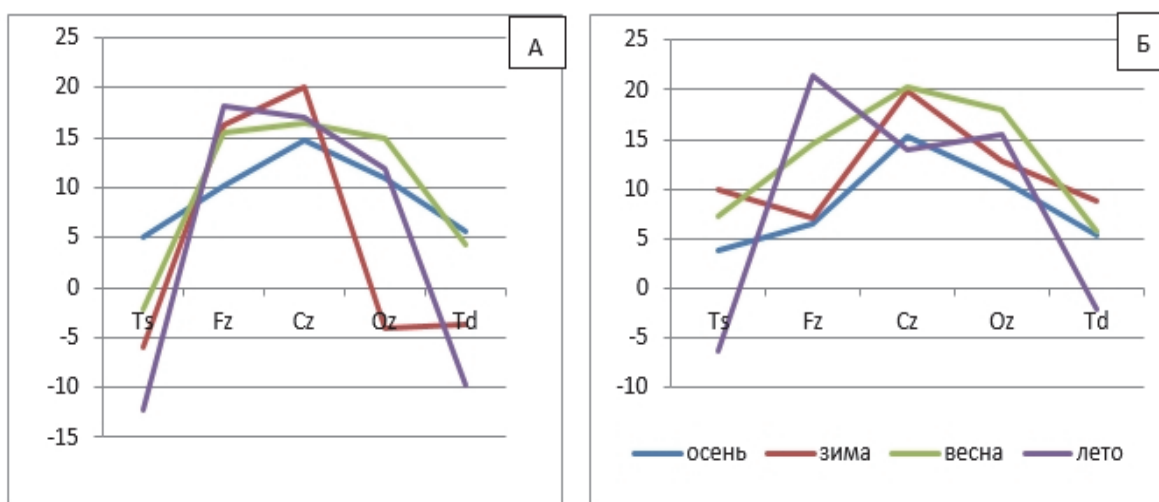


Рис. 2. Сезонные изменения профилей распределения УПП

у молодых людей Арктического региона с умеренным (А) и высоким (Б) уровнем тревожности
Fig. 2. Seasonal dynamics of cerebral potential among moderately (A) and highly (Б) anxious young people

Согласно приведенным рис. 1, 2, в обеих группах принцип куполообразности нарушен в сезоны с минимальным и максимальным уровнем естественной освещенности – зимой и летом. Таким образом, длина светового дня влияет на функциональное состояние головного мозга, вызывая напряжение адаптационных процессов.

В контрастные сезоны естественной освещенности у тревожных людей наблюдается ухудшение нейроэнергообмена с формированием области истощения в височных долях. Оценивая результаты межвисочной разности

(Td-Ts) у лиц с умеренной тревожностью по сезонам года, можно отметить преобладание активности левого полушария в зимний период со снижением межвисочной разности в весенний и инверсией полушарного доминирования в летний период. Осенью показатели межполушарной асимметрии сглажены (Td-Ts менее 1 мВ). Таким образом, для данной группы лиц увеличение длины светового дня является пусковым моментом для адаптивных перестроек нейроэнергометаболизма, происходит активация правого полушария. Активность субдоминантного полушария может быть свя-

зана с необходимостью включения зрительной памяти, проекция которой находится в правой височной области.

У «высокотревожных» лиц осенью наблюдается правополушарное доминирование со сглаживанием межполушарной асимметрии в зимний период (Td-Ts менее 1 мВ) и активация левого полушария в весенне-летний период. В данной группе при снижении уровня освещенности активируются ассоциативные поля правого полушария, ответственного за принятие нестандартных решений, с одновременным включением адаптационных механизмов.

При межгрупповом сравнении показателей Td-Ts статистически значимые отличия отмечены лишь в зимний период, когда у лиц с умеренной тревожностью наблюдается выраженная левополушарная асимметрия церебральных энергетических процессов, а у «высокотревожных» лиц показатели межполушарной асимметрии сглажены (Td-Ts менее 1 мВ). Сглаживание межполушарной асимметрии говорит об увеличении межполушарных связей в процессе адаптации организма. Анализ значений межэлектродных разностей свидетельствует о смещении энергетического баланса при нарастании интенсивности естественной освещенности во фронтальную и затылочную области (максимальные показатели, связанные с Fz и Oz, регистрируются весной и летом). Данный факт указывает на активацию лобной и затылочной коры при увеличении длительности светового дня.

Структура нейроэнергетического метаболизма у лиц с умеренной тревожностью характеризуется преобладанием энергетических процессов в правовисочных отделах коры головного мозга в осенний и весенний периоды. В периоды минимального (зима) и максимального (лето) уровня естественного освещения у данной группы преобладает энергообмен в лобной коре, ответственной за алгоритмизацию целевых установок в условиях адаптации организма.

У лиц с высокой тревожностью осенью преобладает активность лобной коры головного мозга, зимой и летом – затылочной, весной – правовисочной. В состоянии тревожности уменьшается количество процессов торможения чувствительного потока [14], вследствие этого можно сделать вывод, что сезонная асимметрия естественного освещения влияет на распределение церебрального энергообмена у тревожных лиц через увеличение сенсорной реактивности организма.

Заключение. Таким образом, существует тесная связь между световым режимом, состоянием энергообменных процессов головного мозга и тревожностью у жителей Арктической зоны РФ. Активное включение сенсорных центров, а также интенсивные процессы адаптации зрительных анализаторов к изменяющимся условиям естественной освещенности приводят к изменению церебрального энергообмена. А именно, усилению его во фронтальной и затылочной областях, замедлению в височных при увеличении солнечной активности, формируя, в конечном счете, характерные особенности энергообменных процессов головного мозга как отражение фотопериодических реакций. Причем в контрастные сезоны естественной освещенности (зимой и летом) из-за высокой сенсорной реактивности организма у лиц с тревожностью процессы, связанные с энергообеспечением мозга, протекают более напряженно.

Литература

1. Аникина, Н.Ю. Характеристика церебральных энергетических процессов у молодых людей при адаптации к условиям Арктического региона / Н.Ю. Аникина, А.В. Грибанов, И.С. Кожевникова и др. // *Человек. Спорт. Медицина.* – 2019. – Т. 19, № 2. – С. 7–13.
2. Варенцова, И.А. Сезонное изменение психофункционального состояния студентов с разным типом вегетативной регуляции сердечного ритма / И.А. Варенцова, В.Н. Чеснокова, Л.В. Соколова // *Экология человека.* – 2011. – № 2. – С. 47–52.
3. Варенцова, И.А. Состояние здоровья студентов специальной медицинской группы на основе анализа показателей системы внешнего дыхания / И.А. Варенцова, В.Н. Пушклина, А.В. Кочнев, Т.В. Аношина // *Теория и практика физ. культуры.* – 2018. – № 10. – С. 42–44.
4. Воздействие внешних факторов на формирование адаптационных реакций организма человека / Н.А. Агаджанян, Г.М. Коновалова, Р.Ш. Ожева [и др.] // *Новые технологии.* – 2010. – № 2. – С. 142–144.
5. Грибанов, А.В. Фотопериодизм и изменения биоэлектрической активности головного мозга у школьников Арктической зоны / А.В. Грибанов, Ю.С. Джос, Т.В. Багрецова // *Физиология человека.* – 2016. – Т. 42. – № 2. – С. 16–26. DOI: 10.7868/S0131164616020065
6. Грибанов, А.В. Церебральный энергообмен как маркер адаптивных реакций чело-

века в природно-климатических условиях Арктической зоны Российской Федерации / А.В. Грибанов, Н.Ю. Аникина, А.Б. Гудков // *Экология человека*. – 2018. – № 8. – С. 32–40.

7. Каркавцева, И.А. Оценка индивидуальных психофизиологических свойств личности и уровня эмоциональной стабильности квалифицированных спортсменов / И.А. Каркавцева, И.Е. Корельская // *Теория и практика физ. культуры*. – 2018. – № 12. – С. 39.

8. Котцова, О.Н. Межполушарная асимметрия и церебральный энергообмен у молодых людей Арктической зоны Российской Федерации в сезоны с нарушенной фотопериодикой / О.Н. Котцова, Н.Ю. Аникина, А.В. Грибанов // *Журнал мед.-биол. исследований*. – 2020. – Т.8. – № 1. – С. 23–32.

9. Пат. 2590988 С1 Российская Федерация. Способ оценки тревожности у детей / А.В. Грибанов, А.Н. Нехорошкова, заявитель и патентообладатель Северный (Арктический) федеральный ун-т. – № 2015121166/14; заявл. 03.06.2015; опубл. 10.07.2016.

10. Пушкина, В.Н. Состояние системы внешнего дыхания у юношей, проживающих в разных регионах России / В.Н. Пушкина, И.Н. Гернет, Н.В. Оляшев, Е.А. Лубышев // *Теория и практика физ. культуры*. – 2020. – № 4. – С. 17–19.

11. Рожков, В.П. Сезонные перестройки гемодинамики и биоэлектрической активности мозга у детей и подростков Европей-

ского Севера / В.П. Рожков, С.С. Бекшаев, С.И. Сороко // *Ульянов. мед.-биол. журнал*. – 2012. – № 3. – С. 104–115.

12. Фокин, В.Ф. Энергетическая физиология мозга / В.Ф. Фокин, Н.В. Пономарева. – М.: Антимор, 2003. – 288 с.

13. Arendt, J. *Biological Rhythms During Residence in Polar Regions* / J. Arendt // *Chronobiol. Int.* – 2012. – Vol. 29. – No. 4 – P. 379–394.

14. Korf, H.W. *Signaling pathways to and from the hypophysial pars tuberalis, an important center for the control of seasonal rhythms* / H.W. Korf // *Gen. Comp. Endocrinol.* – 2018. – Vol. 258. – P. 236–243.

15. Knierim, M.T. *The Psychophysiology of Flow: A Systematic Review of Peripheral Nervous System Features* / M.T. Knierim, R. Rissler, V. Dörner et al. // *Information Systems and Neuroscience. Springer, Cham.* – 2018. – P. 109–120. DOI: 10.1007/978-3-319-67431-5_13

16. Speckmann E.-J. *Neurophysiological Basis of EEG and DC Potential* / E.-J. Speckmann, C.E. Elger, A. Gorji // *Niedermeyer's Electroencephalography* / Ed. by D.L. Schomer, F. Lopes da Silva. – 6th ed. Lippincott Williams and Wilkins. – 2011. – pp. 17–31.

17. Zhang, X. *Wearables, biomechanical feedback, and human motor-skills' learning & optimization* / X. Zhang, G. Shan, Y. Wang et al. // *Applied Sciences (Switzerland)*. – 2019. – Vol. 9 (2). – P. 226.

Грибанов Анатолий Владимирович, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры биологии человека и биотехнических систем, Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова. 163002, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, д. 17; главный научный сотрудник лаборатории комплексных исследований процессов адаптации, Институт возрастной физиологии Российской академии образования. 119121, г. Москва, ул. Погодинская, д. 8, корп. 2. E-mail: a.gribanov@narfu.ru, ORCID: 0000-0002-4714-6408.

Котцова Ольга Николаевна, аспирант кафедры биологии человека и биотехнических систем, Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова. 163002, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, д. 17. E-mail: olgank29@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7004-6368.

Аникина Наталья Юрьевна, аспирант кафедры биологии человека и биотехнических систем, Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова. 163002, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, д. 17. E-mail: anikinanatalja@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-8115-0291.

Панков Михаил Николаевич, кандидат медицинских наук, доцент, старший научный сотрудник центральной научно-исследовательской лаборатории, Северный государственный медицинский университет. 163000, г. Архангельск, Троицкий проспект, д. 51. E-mail: m.pankov@narfu.ru, ORCID: 0000-0003-3293-5751.

Корельская Ирина Евгеньевна, кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой физической культуры, Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова. 163002, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, д. 17. E-mail: i.korelskaya@narfu.ru, ORCID: 0000-0002-4526-1509.

Поступила в редакцию 10 сентября 2021 г.

SEASONAL CHANGES IN CEREBRAL METABOLISM IN YOUNG PEOPLE FROM THE RUSSIAN ARCTIC WITH DIFFERENT LEVELS OF ANXIETY

A.V. Griбанov^{1,2}, a.gribanov@narfu.ru, ORCID: 0000-0002-4714-6408,
O.N. Kottsova¹, olgank29@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7004-6368,
N.Yu. Anikina¹, anikinanatalja@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-8115-0291,
M.N. Pankov³, m.pankov@narfu.ru, ORCID: 0000-0003-3293-5751,
I.E. Korelskaya¹, i.korelskaya@narfu.ru, ORCID: 0000-0002-4526-1509

¹Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russian Federation,

²Institute of Developmental Physiology, Russian Academy of Education, Moscow, Russian Federation,

³Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russian Federation

Aim. The paper aims to describe annual changes in cerebral metabolism in working age people with different levels of personal anxiety born and raised in the Russian Arctic. **Material and Methods.** The study of annual neural and energy metabolism in people aged 30–34 years old born and raised in the Russian Arctic was performed in all seasons of the year. Energy metabolism was evaluated with a 5-channel Neuro-KM system for the topographic mapping of cerebral electrical activity with respect to the level of constant potential. **Results.** A close relationship was found between the light regime, cerebral metabolism and anxiety among the residents of the Russian Arctic. Negative changes in cerebral metabolism occurred in highly anxious subjects in summer at maximum natural light. In seasons with different natural light, highly anxious people were characterized by changes in cerebral metabolism with its increase in the frontal and occipital areas and a decrease in the temporal areas. In moderately anxious persons, the maximum values of neural and energy metabolism were recorded in winter, while the minimum values were observed in summer; in the summer period, there was an activation of metabolism in the frontal and occipital areas and a decrease of metabolic processes in the cerebral cortex. **Conclusions.** Due to the high sensory reactivity of the body, the processes associated with cerebral metabolism are more intense in people with high levels of anxiety under light conditions.

Keywords: Arctic, photoperiodism, working age population, anxiety, cerebral metabolism, cerebral potential.

References

1. Anikina N.Yu., Griбанov A.V., Kozhevnikova I.S. et al. Characteristics of Cerebral Energy Processes in Young People During Adaptation to the Conditions of the Arctic Region. *Human. Sport. Medicine*, 2019, vol. 19, no. 2, pp. 7–13. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm190201
2. Varentsova I.A., Chesnokova V.N., Sokolova L.V. [Seasonal Change in the Psycho-Functional State of Students with Different Types of Autonomic Regulation of Heart Rate]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology], 2011, no. 2, pp. 47–52. (in Russ.)
3. Varentsova I.A., Pushkina V.N., Kochnev A.V., Anoshina T.V. [External Respiratory Function Rating in Special Health Group Health Tests]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2018, no. 10, pp. 42–44. (in Russ.)
4. Aghajanyan N.A., Konovalova G.M., Ozheva R.Sh. et al. Impact of External Factors on the Formation of Adaptive Reactions of the Human Body. *New Technologies*, 2010, no. 2, pp. 142–144. (in Russ.)
5. Griбанov A.V., Jos Yu.S., Bagretsova T.V. [Photoperiodism and Changes in the Bioelectrical Activity of the Brain in Schoolchildren in the Arctic Zone]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2016, vol. 42, no. 2, pp. 16–26. (in Russ.) DOI: 10.7868/S0131164616020065

6. Griбанov A.V., Anikina N.Yu., Gudkov A.B. [Cerebral Energy Exchange as a Marker of Human Adaptive Reactions in the Natural and Climatic Conditions of the Arctic Zone of the Russian Federation]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology], 2018, no. 8, pp. 32–40. (in Russ.) DOI: 10.33396/1728-0869-2018-8-32-40
7. Karkavtseva I.A., Korelskaya I.E. [Assessment of Individual Psychophysiological Personality Traits and the Level of Emotional Stability of Qualified Athletes]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2018, no. 12, p. 39. (in Russ.)
8. Kottsova O.N., Anikina N.Yu., Griбанov A.V. [Interhemispheric Asymmetry and Cerebral Energy Exchange in Young People of the Arctic Zone of the Russian Federation During Seasons with Impaired Photoperiodicity]. *Journal medico-biologicheskikh issledovaniy* [Journal of Biomedical Research], 2020, vol. 8, no. 1, pp. 23–32. (in Russ.) DOI: 10.17238/issn2542-1298.2020.8.1.23
9. Griбанov A.V., Nekhoroshkova A.N. *Sposob otsenki trevozhnosti u detey* [Method for Assessing Anxiety in Children]. Patent RF, no. 2590988 C1, 2016.
10. Pushkina V.N., Gernet I.N., Olyashev N.V., Lubyshev E.A. [The State of the External Respiration System in Young Men Living in Different Regions of Russia]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2020, no. 4, pp. 17–19. (in Russ.)
11. Rozhkov V.P., Bekshaev S.S., Soroko S.I. [Seasonal Restructuring of Hemodynamics and Bioelectrical Activity of the Brain in Children and Adolescents of the European North]. *Ulyanovskiy medico-biologicheskii zhurnal* [Ulyanovsk Medical and Biological Journal], 2012, no. 3, pp. 104–115. (in Russ.)
12. Fokin V.F., Ponomarev N.V. *Energeticheskaya fiziologiya mozga* [Energy Physiology of the Brain]. Moscow, Antidor Publ., 2003. 288 p. (in Russ.)
13. Arendt J. Biological Rhythms During Residence in Polar Regions. *Chronobiol. Int.*, 2012, vol. 29, no. 4, pp. 379–394. DOI: 10.3109/07420528.2012.668997
14. Korf H.W. Signaling Pathways to and from the Hypophysial Pars Tuberalis, an Important Center for the Control of Seasonal Rhythms. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 2018, vol. 258, pp. 236–243. DOI: 10.1016/j.ygcen.2017.05.011
15. Knierim M.T., Rissler R., Dorner V. et al. The Psychophysiology of Flow: A Systematic Review of Peripheral Nervous System Features. *Information Systems and Neuro-science. Springer, Cham*, 2018, pp. 109–120. DOI: 10.1007/978-3-319-67431-5_13
16. Speckmann E.-J., Elger C.E., Gorji A. Neurophysiological Basis of EEG and DC Potential. *Niedermeyer's Electroencephalography*. 6th ed. Lippincott Williams and Wilkins, 2011, pp. 17–31.
17. Zhang X., Shan G., Wang Y. et al. Wearables, Biomechanical Feedback, and Human Motor-Skills' Learning & Optimization. *Applied Sciences (Switzerland)*, 2019, vol. 9 (2), p. 226. DOI: 10.3390/app9020226

Received 10 September 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Сезонные изменения церебрального энергообмена при разном уровне тревожности у молодых людей в Арктической зоне Российской Федерации / А.В. Грибанов, О.Н. Котцова, Н.Ю. Аникина и др. // Человеческий Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 73–80. DOI: 10.14529/hsm210409

FOR CITATION

Griбанov A.V., Kottsova O.N., Anikina N.Yu., Pankov M.N., Korelskaya I.E. Seasonal Changes in Cerebral Metabolism in Young People from the Russian Arctic with Different Levels of Anxiety. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 4, pp. 73–80. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210409

БИОИМПЕДАНСНЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА ТЕЛА У ЛЮДЕЙ В ВОЗРАСТНОМ АСПЕКТЕ

И.Ш. Мутаева, И.Г. Герасимова, Г.З. Халиков

Елабужский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Елабуга, Россия

Цель исследования: проведение сравнительного анализа композиционной структуры состава тела людей различных возрастных групп мужского пола. **Материал и методы.** Исследования проводились на базе СОК «ОРАНЖ ФИТНЕС» г. Набережные Челны (Россия). В проекте использовалась программа биоимпедансного анализа состава тела ABC01-0362 на приборе «ABC-01 Медасс» с компьютером через интерфейс USB через измерения электрического потенциала тела, произведенного НТЦ «Медасс» (Россия). Приводились антропометрические исследования участников проекта. Полученные результаты подвержены статистической обработке. **Результаты.** Получены показатели, характеризующие изменения состава тела у мужчин (выборка 3391 человек) различных возрастных групп. Изучены показатели индекса массы тела, жировой массы, доли скелетно-мышечной массы тела. Выявлена возрастная динамика изучаемых показателей в зависимости от двигательной активности исследуемых. **Заключение.** Таким образом, изучение состава тела населения актуально. С одной стороны, это необходимо для повышения эффективности занятий, с другой стороны, так создаются условия для осуществления контроля за состоянием здоровья населения и планирования унифицированных физкультурно-спортивных и оздоровительных занятий в зависимости от выраженности изучаемых показателей. Основная концепция данных исследований заключается в спортизации молодого населения и оздоровления лиц пожилого возраста, повышая значимость здорового образа жизни.

Ключевые слова: анализ состава тела, люди разных возрастных групп, индекс массы тела.

Введение. Исследования состава тела людей, занимающихся физкультурно-спортивной деятельностью различной направленности, являются востребованными для анализа и оценки метаболических процессов организма с учетом нормативных требований в зависимости от возраста, пола и двигательной активности. Важным аспектом является выявление метаболических нарушений в организме человека и определение эффективности занятий. Проведение изучения состава тела с использованием биоимпедансного метода намного облегчает получение информации о метаболическом обмене организма человека.

И.В. Ермакова и соавторы (2013) рассматривают значимость учета компонентного состава тела у детей, особенно в период полового созревания, как фактор контроля ресурсного психоэмоционального состояния [4].

В спортивной практике важность использования биоимпедансного анализа состава тела – как условие контроля веса у борцов (О.В. Коломышева, 2014). Автор отмечает, что выявление оптимального соотношения жирового и мышечного компонентов массы тела

борцов необходимо для контроля работоспособности и сохранения спортивной формы борцов [7]. А.С. Кузнецов и соавторы (2019) в основу разработки комплексной методики индивидуально-дифференцированного и ресурсного подхода спортивной подготовки борцов греко-римского стиля включили данные биоимпедансного контроля состава тела [8].

Д.В. Николаев и др. (2009) представляют свою работу для медиков, физиологов, фитнес-инструкторов для оценки состава тела [10]. Н.Н. Строганова со своими коллегами рассматривают ухудшение динамики распространения отклонений в составе тела от нормативных показателей [14].

Представляя при этом многокомпонентность состава тела как показателя оценки состояния организма, авторы показали изменения индекса массы тела в сторону отклонения от нормативных значений как фактор выявления ожирения и риска заболеваний у человека [2, 5, 6, 9, 11–13]. Специалистами также выявлено, что нездоровый состав тела может быть причиной появления различных заболеваний независимо от возраста человека [16]. В ис-

следованиях, проводимыми зарубежными коллегами, показано использование показателей состава тела как коррелят в борьбе с ожирением среди населения различных возрастных групп [16–20].

Материалы и методы. Исследования проводилось на базе СОК «ОРАНЖ ФИТНЕС» г. Набережные Челны, Россия. На первом этапе наших исследований был проведен сбор информационных данных по изучению состава тела у людей различных возрастных групп с учётом возраста, пола и их двигательной активности. На первом этапе исследования анализ полученных результатов проводился с учетом возраста участников.

Исследование состава тела у людей проводилось с учетом возрастных периодов. Общее количество исследуемых 8–12 лет составило 11 человек (0,33 %), 13–16 лет – 114 человек (3,38 %), 17–21 год – 129 человек (3,82 %). В группах участников первого зрелого возраста (22–35 лет) было 1418 человек (42,03 %), второго зрелого возраста (36–60 лет) – 1504 человека (44,58 %), пожилого (61–75 лет) и старческого возраста (76–90 лет) – 192 и 6 человек (5,69 % и 0,18 %) соответственно. Всего в мониторинге приняли участие 3391 человек. Исследование проведено с использованием программы биоимпедансного анализа состава тела ABC01-0362 на приборе «ABC-01 Медасс» с компьютером через интерфейс USB и через измерения электрического потенциала тела, произведенного НТЦ «Медасс» (г. Москва, Россия). Приводились антропометрические исследования участников. Полученные данные дополнялись данными, полученными методикой биоимпедансометра [1, 10, 12]. Все участники не имели заболеваний, которые могли бы повлиять на результаты исследования. Во время проведения мониторинга были получены показатели индекса массы тела, жировой массы, нормированной по длине тела, доли активной клеточной и скелетно-мышечной массы тела. Полученные результаты подвергались статистической обработке в среде Microsoft Excel в версии 2010 с использованием пакета статистической обработки [3].

Результаты. Показатели, характеризующие состав массы тела людей различных возрастных групп, представлены в табл. 1–3.

Анализ результатов исследования проводился с учетом возрастного аспекта участников проекта. Показатели длины и массы тела, окружности талии и бедер мальчиков 8–12 лет

и 13–16 лет имеют тенденцию к увеличению, где изменения достоверны относительно первой группы исследования ($p < 0,05$).

Индекс массы тела (ИМТ), являясь интегральным показателем состава тела, может выступать коррелятой отклонения массы тела от нормы для конкретного человека. В нашем примере ИМТ в 13–16 лет достоверно изменяется ($p < 0,05$) относительно возрастной группы 8–12 лет. Если в первой группе ИМТ составил $18,3 \pm 3,32$ кг/м², то в группе подростков равнялся $21,2 \pm 3,74$ кг/м², что соответствует нормативным показателям и обеспечивает комфортный уровень функционирования систем организма. Показатель фазового угла характеризует состояние мембранной системы организма и имеет свои нормативные показатели. В данном возрастном периоде фазовый угол входит в нормативные границы $5,4$ – $7,8^\circ$. Другие составляющие состава тела в возрастном аспекте также достоверно изменились ($p < 0,05$) в сторону увеличения всех изучаемых показателей.

В табл. 2 представлены результаты состава тела юношей (17–21 год) и представителей первого зрелого возраста (22–35 лет).

В группе мужчин второго зрелого возраста при тех же значениях длины тела выявляется увеличение массы тела на 10,7 % по сравнению с массой тела юношей. В показателях окружности талии и бедер отмечены также достоверные изменения ($p < 0,05$) к показателям юношей в сторону увеличения. Выявлено, что отдельные возрастные этапы развития организма характеризуются особенностями морфофункциональной зрелости, которые могут повлиять на конституцию тела человека. ИМТ достоверно изменяется ($p < 0,05$) относительно первой возрастной группы 17–21 год и достигает у мужчин 22–35 лет до $25,2 \pm 3,34$ кг/м² в рамках нормального значения показателя. Основные составляющие состава тела в данном возрастном аспекте достоверно изменились ($p < 0,05$). Следовательно, до достижения зрелого возраста в организме мужчин происходят позитивные изменения, характеризующие надежность функционирования физиологических систем.

В изучаемых показателях мужчин второго зрелого и пожилого возрастов обнаружили достоверные значимые изменения по всем показателям. Фазовый угол меняется в сторону уменьшения. Таким образом, анализ состава тела в возрастном аспекте показывает, что

Таблица 1
Table 1Динамика показателей состава тела детей (M ± m)
The dynamics of body composition among children (M ± m)

Показатели Parameter	Длина тела, см Body length, cm	Масса тела, кг Body mass, kg	Окружность талии, см Waist circumference, cm	Окружность бедер, см Hip circumference, cm	Фазовый угол, ° Phase angle	ИМТ, кг/м ² BMI, kg/m ²	Жировая масса, нормированная по росту, кг Fat mass with respect to body length, kg	Доля активной клеточной массы, % Active cell mass, %	Скелетно- мышечная масса, кг Skeletal muscle mass, kg	Доля скелетно- мышечной массы, % Skeletal muscle mass, %
Второе детство, 8–12 лет (n = 5) Second childhood, 8–12 years (n = 5)										
M ± m	149,6 ± 5,86	40,6 ± 6,0	66,2 ± 5,26	81,2 ± 6,14	5,72 ± 0,72	18,3 ± 3,32	9,2 ± 3,36	52,2 ± 3,67	17,3 ± 2,11	55,5 ± 5,87
Подростковый возраст 13–16 лет, мальчики (n = 42) Adolescence, 13–16 years, boys (n = 42)										
M ± m	169,4 ± 7,91	61,38 ± 13,5	75,69 ± 10,42	93,38 ± 8,17	6,53 ± 0,60	21,2 ± 3,74	12,57 ± 6,59	56,16 ± 2,76	28,23 ± 4,08	58,22 ± 3,03
Динамика, % Dynamics, %	11,9	36,5	14,3	14,4	12,0	17,1	35,1	6,9	39,1	3,9
P	0,00	0,01	0,07	0,01	0,01	0,16	0,32	0,01	0,00	0,25

Примечание. Здесь и в табл. 2, 3 P < 0,05 – различия достоверны; P > 0,05 – различия не достоверны; ИМТ – индекс массы тела.

Note. Here and in table 2, 3 P < 0.05 – differences are statistically significant; P > 0.05 – differences are statistically insignificant; BMI – body mass index.

Таблица 2
Table 2

Динамика показателей состава тела участников юношеского и первого зрелого возраста (M ± m)
The dynamics of body composition among young adults (M ± m)

Показатели Parameter	Длина тела, см Body length, cm	Масса тела, кг Body mass, kg	Окружность талии, см Waist circumference, cm	Окружность бедер, см Hip circumference, cm	Фазовый угол, ° Phase angle	ИМТ, кг/м ² BMI, kg/m ²	Жировая масса, нормированная по росту, кг Fat mass with respect to body length, kg	Доля активной клеточной массы, % Active cell mass, %	Скелетно- мышечная масса, кг Skeletal muscle mass, kg	Доля скелетно- мышечной массы, % Skeletal muscle mass, %
M ± m	177,22 ± 7,2	70,26 ± 10,7	79,33 ± 7,84	97,56 ± 5,69	7,13 ± 0,53	22,3 ± 2,92	13,79 ± 6,13	58,85 ± 2,24	31,22 ± 3,28	55,4 ± 2,44
Первый зрелый возраст 22–35 лет, мужчины (n = 465) / First adulthood, 22–35 years, males (n = 465)										
M ± m	177,6 ± 6,83	79,5 ± 11,5	89,16 ± 8,96	101,3 ± 6,31	7,42 ± 0,68	25,2 ± 3,34	19,01 ± 6,60	59,98 ± 2,71	31,66 ± 3,67	52,37 ± 1,55
Динамика, % Dynamics, %	0,03	10,7	10,3	3,1	3,7	11,0	23,7	1,8	1,4	-5,7
P	0,00	0,01	0,07	0,01	0,01	0,16	0,32	0,01	0,00	0,25

Таблица 3
Table 3

Динамика показателей состава тела мужчин второго зрелого и пожилого возрастов (M ± m)
The dynamics of body composition among mature people (M ± m)

Показатели Parameter	Длина тела, см Body length, cm	Масса тела, кг Body mass, kg	Окружность талии, см Waist circumference, cm	Окружность бедер, см Hip circumference, cm	Фазовый угол, ° Phase angle	ИМТ, кг/м ² BMI, kg/m ²	Жировая масса, нормированная по росту, кг Fat mass with respect to body length, kg	Доля активной клеточной массы, % Active cell mass, %	Скелетно- мышечная масса, кг Skeletal muscle mass, kg	Доля скелетно- мышечной массы, % Skeletal muscle mass, %
M ± m	176,91 ± 6,52	86,38 ± 14,21	96,69 ± 11,32	103,4 ± 7,00	7,20 ± 0,66	27,5 ± 4,33	22,57 ± 8,84	59,11 ± 2,71	32,10 ± 3,63	50,32 ± 1,93
Пожилой возраст 61–75 лет, мужчины (n = 39) / Old age 61–75 years, males (n = 39)										
M ± m	171,56 ± 4,60	85,28 ± 12,1	102,0 ± 10,4	102,7 ± 5,89	6,31 ± 0,69	29,00 ± 4,12	22,55 ± 7,25	55,09 ± 3,52	29,97 ± 3,21	47,76 ± 1,47
Динамика, % Dynamics, %	-3,1	-1,3	5,3	-0,7	-14,0	5,1	-0,07	-7,3	-7,1	-5,4
P	0,000	0,64	0,005	0,55	0,000	0,04	0,99	0,000	0,000	0,000

от одного возрастного периода к последующему возрастному этапу происходят изменения. Это закономерный процесс, с одной стороны, но с другой, связан с изменением двигательной активности людей. Если рассматривать границы возраста как условный показатель, то происходящие изменения зависят от многих факторов. Если до 35 лет мы наблюдаем нарастание и позитивные изменения в составе тела и его компонентов, то затем происходит поддержание уровня изучаемых показателей до определённого возраста, а потом наблюдается их резкое снижение и отклонения от нормы.

Заключение. Для повышения эффективности занятий физической подготовки населения важно изучать состав тела. С одной стороны, это необходимо для повышения эффективности занятий, а с другой стороны, осуществляется контроль за состоянием здоровья населения в возрастном аспекте. В этой связи рекомендуется проводить планирование унифицированных занятий физическими упражнениями в зависимости от выраженности изучаемых показателей. Характеристика каждого возрастного этапа по изменениям состава тела ставит вопрос о рассмотрении возрастной нормы для каждого возраста. В этой связи ИМТ можно рассматривать как показатель среднестатистических параметров, характеризующих композиционный состав тела человека.

Литература

1. Гайворонский, И.В. Биоимпедансометрия как метод оценки компонентного состава тела человека (обзор литературы) / И.В. Гайворонский, Г.И. Ничипорук, И.Н. Гайворонский // *Вестник С.-Петербург. ун-та. Медицина.* – 2017. – Т. 12, № 4. – С. 365–384.
2. Герасимчук, О.А. Композиционный состав тела у детей и подростков с ожирением / О.А. Герасимчук, Я.В. Гириш // *Трансляционная медицина.* – 2019. – Т. 6, № 1. – С. 51–57.
3. Гржибовский, А.М. Описательная статистика с использованием пакетов статистических программ STATISTICA и SPSS / А.М. Гржибовский, С.В. Иванов, М.А. Горбатова // *Наука и здравоохранение.* – 2016. – № 1. – С. 7–23.
4. Ермакова, И.В. Физическое развитие, компонентный состав тела и уровень ДГЭА у детей 9–15 лет в период полового созревания / И.В. Ермакова, Т.И. Бурая, Н.Б. Сельверова // *Новые исследования.* – 2013. – Т. 1, № 34. – С. 102–111.
5. Жарнов, А.М. Компонентный состав тела представителей юношеского возраста, измеренный биоимпедансным методом / А.М. Жарнов, Н.З. Башун // *Вестник Гроднен. гос. ун-та им. Янки Купалы.* – 2017. – Т. 7, № 3. – С. 87–81.
6. Измайлова, О.В. Ассоциированность факторов риска хронических неинфекционных заболеваний с показателями состава тела / О.В. Измайлова, Н.С. Карамнова, А.М. Калинина // *Cardiosоматика.* – 2017. – Т. 8, № 1. – С. 34.
7. Коломыцева, О.В. Возможности использования биоимпедансного анализа состава тела в практике тренера по борьбе / О.В. Коломыцева // *Материалы I Всерос. науч.-практ. конф. – Набережные Челны, 2014.* – С. 124–126.
8. Кузнецов, А.С. Исследование психолого-физиологических показателей спортсменов различных специализаций на этапах преодоления кризисов спортивной карьеры / А.С. Кузнецов, Е.Н. Усманова, О.В. Коломыцева // *Пед.-психол. и мед.-биол. проблемы физ. культуры и спорта.* – 2019. – № 14 (2). – С. 89–96.
9. Негашева, М.А. Экспресс-оценка биологического возраста по показателям компонентного состава тела у мужчин и женщин старше 50 лет / М.А. Негашева, С.Н. Зимица, Н.Е. Лапицина // *Бюл. эксперимент. биологии и медицины.* – 2017. – Т. 16. – № 3. – С. 393–396.
10. Николаев, Д.В. Биоимпедансный анализ состава тела человека / Д.В. Николаев, А.В. Смирнов, И.Г. Бобринская. – М.: Наука, 2009. – 392 с.
11. Орлов, С.В. Анализ фракционирования различными способами состава массы тела человека / С.А. Орлов, С.А. Ушакова, И.С. Орлова // *Сб. ст. Междунар. науч.-исслед. конф. – Пенза, 2018.* – С. 186–188.
12. Орлова, И.С. Биоимпедансный анализ состава массы тела человека / И.С. Орлова, Я.В. Кузнецова, А.В. Кузмина // *Университетская медицина Урала.* – 2019. – Т. 5. – № 3 (18). – С. 30–31.
13. Соловьев, М.Н. Методы итоговой коррекции оценки жировой массы в программно-аппаратном комплексе анализа состава тела человека / М.Н. Соловьев // *Материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Тамбов, 2016.* – С. 428–429.

14. Строганова, Н.Н. Распространенность нарушения состава тела детей г. Чебоксары / Н.Н. Строганова, В.А. Козлов, Т.П. Смелова // *Мед. науки.* – 2012. – № 11. – С. 17–20.
15. Burton, R.F. *The fat mass index: why its height exponent should be and not / R.F. Burton // American Society for Nutrition.* – 2013. – No. 3 (50). – P. 117–128.
16. *Influence of body composition on health status of civil servants in Efon local government of Ekiti State, Bigeria / O.L. Dominis, J. Abolarin, I.Y. Seidina, N. Atikumi // The Russian Journal of Physical Education and Sport.* – 2019. – No. 14 (2). – P. 116–125.
17. Kyle, U.G. *Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice / U.G. Kyle, Ingvar Bosaeus, A.D. De Lorenzo // Clinical Nutrition.* – 2004. – No. 23. – P. 1430–1453.
18. Mahmoud, M.A. *Impedancemetry vs. anthropometry in the prediction of body adiposity and obesity diagnosis / M.A. Mahmoud, A.M. Almajwal, M.A. Alsaif // Progress in nutrition.* – 2016. – No. 18 (1). – P. 39–45.
19. Schutz, Y. *Fat-free mass index and fat mass index percentiles in Caucasians aged 18–98 / Y. Schutz, U.U.G. Kyle, C. Pichard // International Journal of Obesity.* – 2002. – No. 26. – P. 953–960.
20. *The role of fat mass index in determining obesity / P. Gerson, M.T. Aguirre, M. Sander-son, M.K. Fadden // Human Biology.* – 2010. – No. 22 (5). – P. 639–647.

Мутаева Ильсияр Шафиковна, кандидат биологических наук, профессор кафедры теории и методики физической культуры и безопасности жизнедеятельности, Елабужский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета. 423600, Республика Татарстан, г. Елабуга, ул. Казанская, 89. E-mail: mutaeva-i@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9387-7033.

Герасимова Ирина Геннадьевна, кандидат педагогических наук, старший преподаватель кафедры теории и методики физической культуры и безопасности жизнедеятельности, Елабужский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета. 423600, Республика Татарстан, г. Елабуга, ул. Казанская, 89. E-mail: irina-chelny74@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6990-0184.

Халиков Газинур Зиннурович, кандидат педагогических наук, старший преподаватель кафедры теории и методики физической культуры и безопасности жизнедеятельности, Елабужский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета. 423600, Республика Татарстан, г. Елабуга, ул. Казанская, 89. E-mail: khalikov88th@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1898-3768.

Поступила в редакцию 11 октября 2021 г.

DOI: 10.14529/hsm210410

BIOIMPEDANCE ANALYSIS OF AGE CHANGES IN BODY COMPOSITION

I.S. Mutaeva, *mutaeva-i@mail.ru*, ORCID: 0000-0002-9387-7033,

I.G. Gerasimova, *irina-chelny74@mail.ru*, ORCID: 0000-0002-6990-0184,

G.Z. Khalikov, *khalikov88th@gmail.com*, ORCID: 0000-0002-1898-3768

Elabuga Institute (branch) of the Kazan (Volga Region) Federal University, Elabuga, Russian Federation

The paper **aims** to provide a comparative analysis of body composition in males of different age groups. **Material and methods.** The research was conducted at the ORANGE FITNESS sports company in Naberezhnye Chelny (Russia). The measurements were performed with the ABC01-0362 program for body composition analysis intended for the ABC-01 Medass system for electrical potential measurements (Medass, Russia). Anthropometric data of the subjects

were obtained. The results of the study were analyzed with statistical methods. **Results.** The dynamics of changes in body composition was obtained for males (n = 3391) of different age groups. The indicators of body mass, fat mass, and skeletal muscle mass were studied. The age changes of the abovementioned indicators were revealed with respect to the motor activity of the subjects. **Conclusion.** The study of body composition remains relevant. On the one hand, this is required to improve the effectiveness of PE classes, on the other hand, such a study creates conditions for public health monitoring and sports management depending on the levels of the indicators obtained. The main idea is to promote sports and physical activity among young people, as well as to enhance public health by increasing the importance of a healthy lifestyle.

Keywords: *body composition analysis, people of different age groups, body mass index.*

References

1. Gayvoronskiy I.V., Nichiporuk G.I., Gayvoronskiy I.N. [Bioimpedansometry as a Method for Assessing the Component Composition of the Human Body (Literature Review)]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Meditsina* [Bulletin of St. Petersburg University. Medicine], 2017, vol. 12, no. 4, pp. 365–384. (in Russ.) DOI: 10.21638/11701/spbu11.2017.406
2. Gerasimchuk O.A., Girsh Ya.V. [Compositional Composition of the Body in Obese Children and Adolescents]. *Translyatsionnaya meditsina* [Translational Medicine], 2019, vol. 6, no. 1, pp. 51–57. (in Russ.) DOI: 10.18705/2311-4495-2019-6-1-51-57
3. Grzhibovskiy A.M., Ivanov S.V., Gorbatoва M.A. [Descriptive Statistics Using the Statistical Software Packages STATISTICA and SPSS]. *Nauka i zdravookhraneniye* [Science and Health Care], 2016, no. 1, pp. 7–23. (in Russ.)
4. Ermakova I.V., Buraya T.I., Sel'verova N.B. [Physical Development, Body Composition and DHEA Level in Children 9–15 Years Old During Puberty]. *Novyye issledovaniya* [New Research], 2013, vol. 1, no. 34, pp. 102–111. (in Russ.)
5. Zharnov A.M., Bashun N.Z. [Component Composition of the Body of Adolescents, Measured by the Bioimpedans Method]. *Vestnik Grodnenskogo gosudarstvennogo universiteta imeni Yanki Kupaly* [Bulletin of the Yanka Kupala State University of Grodno], 2017, vol. 7, no. 3, pp. 87–81. (in Russ.)
6. Izmaylova O.V., Karamnova N.S., Kalinina A.M. [Association of Risk Factors of Chronic Non-Infectious Diseases with Indicators of Body Composition]. *Cardiosomatika* [Cardiosomatics], 2017, vol. 8, no. 1, p. 34. DOI: 10.26442/CS45489
7. Kolomytseva O.V. [Possibilities of Using Bioimpedance Analysis of Body Composition in the Practice of a Wrestling Trainer]. *Materialy I Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii – Naberezhnyye Chelny* [Materials of the I All-Russian Scientific and Practical Conference – Naberezhnyye Chelny], 2014, pp. 124–126. (in Russ.)
8. Kuznetsov A.S., Usmanova E.N., Kolomytseva O.V. [Research of Psychological and Physiological Indicators of Athletes of Various Specializations at the Stages of Overcoming Crises of Sports Career]. *Pedagogiko-psikhologicheskiye i mediko-biologicheskiye problemy fizicheskoy kul'tury i sporta* [Pedagogical-Psychological and Medical-Biological Problems of Physical Culture and Sport], 2019, no. 14 (2), pp. 89–96. (in Russ.)
9. Negasheva M.A., Zimina S.N., Lapshina N.E. [Rapid Assessment of Biological Age by Indicators of Body Composition in Men and Women Over 50 Years Old]. *Byulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny* [Bulletin of Experimental Biology and Medicine], 2017, vol. 16, no. 3, pp. 393–396. (in Russ.)
10. Nikolayev D.V., Smirnov A.V., Bobrinskaya I.G. *Bioimpedansnyy analiz sostava tela cheloveka* [Bioimpedance Analysis of Human Body Composition]. Moscow, Science Publ., 2009. 392 p.
11. Orlov S.V., Orlov S.A., Ushakova S.A., Orlova I.S. [Analysis of Fractionation by Various Methods of Human Body Mass Composition]. *Sbornik statey Mezhdunarodnogo nauchno-issledovatel'skogo konkursa* [Collection of Articles of the International Research Competition], 2018, pp. 186–188. (in Russ.)
12. Orlova I.S., Kuznetsova Ya.V., Kuzmina A.V. [Bioimpedans Analysis of Human Body Mass Composition]. *Universitetskaya meditsina Urala* [University Medicine of the Urals], 2019, vol. 5, no. 3 (18), pp. 30–31. (in Russ.)

13. Solov'yev M.N. [Methods of the Final Correction of the Assessment of Fat Mass in the Software and Hardware Complex for Analyzing the Composition of the Human Body]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Materials of the International Scientific and Practical Conference], 2016, pp. 428–429. (in Russ.)
14. Stroganova N.N., Kozlov V.A., Smelova T.P. [Prevalence of Violations of the Body Composition of Children in Cheboksary]. *Meditsinskiye nauki* [Medical Sciences], 2012, no. 11, pp. 17–20. (in Russ.)
15. Burton R.F. The Fat Mass Index: why its Height Exponent Should be and Not. *American Society for Nutrition*, 2013, no. 3 (50), pp. 117–128.
16. Dominis O.L., Abolarin J., Seidina I.Y., Atikumi N. Influence of Body Composition on Health Status of Civil Servants in Efon Local Government of Ekiti State, Bigeria. *The Russian Journal of Physical Education and Sport*, 2019, no. 14 (2), pp. 116–125.
17. Kylea U.G., Ingvar Bosaeusb, De Lorenzoc A.D. Bioelectrical Impedance Analysis-Part II: Utilization in Clinical Practice. *Clinical Nutrition*, 2004, no. 23, pp. 1430–1453. DOI: 10.1016/j.clnu.2004.09.012
18. Mahmoud M.A., Almajwal A.M., Alsaif M.A. Impedancemetry vs. Anthropometry in the Prediction of Body Adiposity and Obesity Diagnosis. *Progress in Nutricion*, 2016, no. 18 (1), pp. 39–45.
19. Schutz Y., Kyle U.U.G., Pichard C. Fat-Free Mass Index and Fat Mass Index Percentiles in Caucasians Aged 18–98. *International Journal of Obesity*, 2002, no. 26, pp. 953–960. DOI: 10.1038/sj.ijo.0802037
20. Gerson P., Aguirre M.T., Sanderson M., Fadden M.K. The Role of Fat Mass Index in Determining Obesity. *Human Biology*, 2010, no. 22 (5), pp. 639–647. DOI: 10.1002/ajhb.21056

Received 11 October 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Мутаева, И.Ш. Биоимпедансный анализ изменения состава тела у людей в возрастном аспекте / И.Ш. Мутаева, И.Г. Герасимова, Г.З. Халиков // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 81–88. DOI: 10.14529/hsm210410

FOR CITATION

Mutaeva I.S., Gerasimova I.G., Khalikov G.Z. Bioimpedance Analysis of Age Changes in Body Composition. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 4, pp. 81–88. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210410

ОСОБЕННОСТИ СПОРТИВНО-ТРЕНИРОВОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМА К БЫСТРОТЕ ДВИЖЕНИЙ И СКОРОСТНОЙ ВЫНОСЛИВОСТИ

Р.Р. Абзалов, Н.И. Абзалов, Р.А. Абзалов

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия

Цель. Исследование формирования процесса утомления и показателей сердечного выброса при адаптации организма к спортивным нагрузкам различного характера. **Материалы и методы.** Исследовали особенности процесса утомления и адаптации организма к скоростной выносливости и быстроте движений в процессе физических нагрузок различной интенсивности у спортсменов-фехтовальщиков и лабораторных животных. С помощью компьютеризированного комплекса регистрировали быстроту движений и скоростную выносливость фехтовальщиков различного уровня физической подготовленности в процессе выполнения дозированного тестового физического задания. Лабораторным крысам различного уровня тренированности вводили агонист 5-HT₂ серотониновых рецепторов и изучали сдвиги показателей сердечного выброса. **Результаты.** Показатели насосной функции сердца при адаптации организма к выносливости более выражены, чем при тренировке к быстроте движений и скоростной выносливости. Значения минутного объема кровообращения у крыс, тренированных к быстроте движений, при введении агониста 5-HT₂ серотониновых рецепторов более выражены, чем при тренировке на выносливость. **Заключение.** Адаптация организма к мышечным тренировкам, направленным на развитие быстроты движений, способствует увеличению показателей сердечного выброса в покое, чем у адаптированных на общую выносливость. На ранних этапах развития организма влияние серотонина более выражено на насосную функцию сердца, когда другие механизмы регуляции еще так не проявляются.

Ключевые слова: мышечная нагрузка, утомление, быстрота движений, скоростная выносливость, показатели сердечного выброса.

Введение. Во время мышечной нагрузки появляется утомление организма. Это характеризуется снижением частоты или темпа двигательной деятельности, поэтому определение начала процесса утомления имеет важное значение для установления напряженности мышечной нагрузки во время тренировочной деятельности спортсменов [1, 3, 4].

Согласно данным в литературе, сенситивный период развития быстроты движений у фехтовальщиков составляет возраст 11–16 лет [2]. Но наши исследования показали, что у них наблюдается развитие и до 24 лет.

Адаптация к физическим нагрузкам развивается в двух основных направлениях: закономерности адаптации к двигательной деятельности в условиях выполнения физических нагрузок, направленных на развитие скоростной выносливости и быстроты движений, и адаптации к общей выносливости [5]. Одним из адаптационных процессов организма является развитие утомления. Утомление проявляется в снижении темпов (частоты) выполнения мышечной нагрузки.

Наши исследования открывают большие возможности для регуляции мышечной деятельности, активизируя или подавляя функциональную активность синапсов, позволяет контролировать процесс утомления в организме, а также развития быстроты движений и общей выносливости. Ранее быстрота движений и скоростная выносливость в основном исследовались у спортсменов в процессе беговых заданий на короткие дистанции, пока не проявлялся эффект утомления. Но в таком случае мы больше имеем дело со скоростью прохождения дистанции, которая зависит от силы отталкивания и от частоты движения ног.

Для изучения механизмов процессов адаптации организма к быстроте движений и скоростной выносливости, а также механизмов регуляции насосной функции сердца при выполнении физических нагрузок, направленных на развитие скоростной выносливости и быстроты движений, были разработаны специальные режимы плавательных тренировок лабораторных животных. Все это опреде-

лило наши исследования, которые состояли в изучении закономерностей и механизмов адаптации организма к мышечной деятельности в условиях выполнения мышечных нагрузок, направленных на развитие скоростной выносливости и быстроты движений.

Цель: исследование формирования процесса утомления и показателей сердечного выброса при адаптации организма к спортивным нагрузкам различного характера.

Организация и методы. В исследовании принимали участие спортсмены-фехтовальщики, также проводились эксперименты на лабораторных крысах различной возрастной периодизации и различной двигательной активности.

Для определения быстроты движений и скоростной выносливости был разработан и апробирован компьютеризированный измерительный комплекс. Дозированная мышечная нагрузка в виде тестового задания у спортсменов-фехтовальщиков выполнялась в течение 10 с. За это время процесс утомления в организме не наступает.

Что касается лабораторных животных, то плавательные тренировки проводили 4 раза

в день, начиная с 21-суточного возраста, и продолжались до 100 суток жизни. Продолжительность каждой плавательной нагрузки крыс составляла 3 минуты и с 3-минутным отдыхом между сеансами. Для развития тренированности крысам на спину подвешивали груз от 5 до 16 % от массы животного. Изменения значений частоты сердечных сокращений, ударного объема крови, минутного объема кровообращения у крыс 21-, 70- и 100-суточного возраста оценивали после введения 3 доз (1, 10, 30 мкг/кг) агониста 5-HT₂ серотониновых рецепторов.

Результаты и обсуждение. Как известно, развитие быстроты движений и общей выносливости находится в обратно-пропорциональной зависимости. У спортсменов-фехтовальщиков было установлено, что с ростом спортивной подготовленности темпы развития быстроты движений, которые определялись по максимальному количеству касаний сенсоров прибора-установки за 10 с, уменьшаются, хотя и абсолютные величины быстроты движений увеличиваются. Результаты показателей быстроты движений спортсменов-фехтовальщиков приведены в табл. 1.

Таблица 1
Table 1

Показатели быстроты движений и скоростной выносливости у фехтовальщиков (юношей) различной спортивной квалификации
Quickness of movements and speed endurance values in male fencers of different competitive levels

Спортивный разряд, звание Competitive level	Максимальное количество касаний за 10 с (раз) Max number of touches per 10 s	Количество касаний для определения тестового задания 75 % от max (раз) Number of touches to detect a test task 75 % from max	Время выполнения тестового задания в установленном темпе (с) Time of a test task at specified pace (s)	Максимальное количество касаний в установленном темпе (раз) Max touches at specified pace	Коэффициент эффективности скоростной выносливости (усл. ед.) Coefficient of speed endurance performance (c.u.)
3-й разряд 3rd rank	88,00 ± 2,03	66,00 ± 3,51	16,83 ± 0,81	92,66 ± 6,06	1,40 ± 0,03
1-й разряд 1st rank	# 97,00 ± 3,05	72,75 ± 3,00	17,83 ± 0,61	# 121,52 ± 5,39	# 1,68 ± 0,06
КМС Candidate for Master of Sport	#▲ 110,00 ± 3,03	# 82,50 ± 3,91	# 19,00 ± 0,42	#▲ 143,33 ± 3,81	# 1,73 ± 0,06
МС Master of Sport	#▲ 112,00 ± 3,77	#▲ 84,00 ± 3,38	#▲■ 24,25 ± 0,77	#▲■ 200,00 ± 6,94	#▲■ 2,38 ± 0,05

Примечание: # – достоверность различий показателей в сравнении со спортсменами 3-го разряда (P < 0,05); ▲ – достоверность различий показателей в сравнении со спортсменами 1-го разряда (P < 0,05); ■ – достоверность различий показателей в сравнении с кандидатами в мастера спорта (P < 0,05).

Note: # – statistically significant differences compared to 3rd rank athletes (P < 0.05); ▲ – statistically significant differences compared to 1st rank athletes (P < 0.05); ■ – statistically significant differences compared to Candidates for Master of Sport (P < 0.05).

Таблица 2
Table 2

Показатели минутного объема кровообращения крыс, подверженных различным режимам плавательных тренировок, после введения агониста 5-HT₂ серотониновых рецепторов (мл/мин)
Cardiac output in rats adapted to different swimming load after the use of 5-HT₂ receptor antagonist (ml/min)

Возраст Age	21 сутки 21 days	70 суток 70 days			100 суток 100 days		
Группы крыс Rats	Конт-рольная группа Control group	Конт-рольная группа Control group	Тренирован. на развитие быстроты Speed training group	Тренирован. на выносливости Endurance training group	Конт-рольная группа Control group	Тренирован. на развитие быстроты Speed training group	Тренирован. на развитие выносливости Endurance training group
До препаровки Before dissection	33,53 ± 1,51	* 99,12 ± 6,55	* 104,33 ± 6,46	* 107,49 ± 7,04	* 102,83 ± 6,52	* 109,79 ± 6,70	* 110,51 ± 7,06
1-я доза на 6-й мин 1st dose at 6th min	◇ 23,83 ± 1,42	* 95,53 ± 6,73	* 98,90 ± 6,22	* 93,47 ± 6,99	* 101,62 ± 6,83	*◇ 91,94 ± 6,54	* 91,30 ± 7,21
1-я доза на 10-й мин 1st dose at 10th min	◇ 23,59 ± 1,47	* 91,27 ± 6,51	* 95,37 ± 6,01	*◇ 86,34 ± 6,36	* 98,52 ± 6,24	*◇ 87,80 ± 6,03	*◇ 84,49 ± 6,94
2-я доза на 6-й мин 2nd dose at 6th min	◇▲■ 18,86 ± 1,36	* 87,87 ± 5,49	* 93,04 ± 5,95	*◇ 85,53 ± 5,90	* 95,50 ± 5,95	*◇ 85,54 ± 5,88	*◇ 79,20 ± 5,85
2-я доза на 10-й мин 2nd dose at 10th min	◇▲■ 17,77 ± 1,30	* 82,69 ± 5,74	* 87,92 ± 5,89	*◇ 81,02 ± 5,73	* 92,56 ± 5,74	*◇ 83,57 ± 5,73	*○◇ 72,74 ± 5,93
3-я доза на 6-й мин 3rd dose at 6th min	◇▲■ 16,82 ± 1,39	*◇▲ 77,94 ± 5,65	* 88,70 ± 5,38	*◇ 77,48 ± 5,48	* 89,02 ± 5,38	*◇ 81,08 ± 5,55	*◇ 77,14 ± 5,23
3-я доза на 10-й мин 3rd dose at 10th min	◇▲■ 15,87 ± 1,29	*◇▲■● 72,12 ± 5,44	*◇ 86,79 ± 5,44	*◇ 86,18 ± 5,39	* 85,94 ± 5,41	*◇ 79,25 ± 5,32	*◇ 77,40 ± 4,99

Примечание: * – достоверность различий МОК в сравнении с 21-суточными крысами контрольной группы (p < 0,05); ○ – достоверность различий МОК в сравнении со 100-суточными крысами контрольной группы (p < 0,05); ◇ – достоверность различий МОК в сравнении с данными до препаровки (p < 0,05); ▲ – достоверность различий МОК в сравнении с данными при введении 1-й дозы на 6-й минуте (p < 0,05); ■ – достоверность различий МОК в сравнении с данными при введении 1-й дозы на 10-й минуте (p < 0,05); ● – достоверность различий МОК в сравнении с данными при введении 2-й дозы на 6-й минуте (p < 0,05).

Note: * – statistically significant cardiac output differences compared to 21-day rats of the control group (p < 0.05); ○ – statistically significant cardiac output differences compared to 100-day rats of the control group (p < 0.05); ◇ – statistically significant cardiac output differences compared to the data obtained before dissection (p < 0.05); ▲ – statistically significant cardiac output differences compared to the data obtained after 1st dose at 6th min (p < 0.05); ■ – statistically significant cardiac output differences compared to the data obtained after 1st dose at 10th min (p < 0.05); ● – statistically significant cardiac output differences compared to the data obtained after 2nd dose at 6th min (p < 0.05).

У спортсменов юношей-фехтовальщиков 3-го разряда показатель быстроты движений равнялся 88,00 ± 2,03 касания за 10 с, у спортсменов 1-го разряда – 97,00 ± 3,05 касания, и разница в данных между этими разрядами ста-

тистически достоверна. У фехтовальщиков КМС этот показатель составил 110,00 ± 3,03 касания за 10 с, что также достоверно больше (p < 0,05), чем у спортсменов 1-го разряда. Самый высокий показатель быстроты дви-

жений наблюдается у МС и равен $112,00 \pm 3,77$ касания за 10 с. Быстрота движений и скоростная выносливость, согласно нашим исследованиям на фехтовальщиках, продолжает развиваться вплоть до 24 лет. Это свидетельствует о характере выполнения мышечной нагрузки, которая оказывает влияние на формирование двигательного качества быстроты движений. В тренировочном процессе фехтовальщики используют в большей степени мышечные нагрузки на развитие быстроты движений и в меньшей степени – на развитие выносливости. Можно утверждать, что тренировочный процесс у фехтовальщиков стимулирует и поддерживает развитие быстроты движений.

Показатели частоты сердечных сокращений у крыс, тренированных на развитие быстроты движений, регистрируются на более высоком уровне по сравнению с показателями ЧСС крыс, тренированных на выносливость. Величины сократительной способности миокарда и как следствие – показатели ударного объема крови у крыс, тренированных на быстроту движений, в покое значительно меньше, чем у адаптированных на выносливость. Данные минутного объема кровообращения у крыс, адаптированных к скорости движений, оказались меньше, чем у животных, тренированных на выносливость. В условиях воздействия агониста серотониновых рецепторов на организм лабораторных животных показатели минутного объема кровообращения у крыс, подвергнутых различным режимам физических нагрузок, изменяются по-разному, что представлено в табл. 2.

Показатели минутного объема кровообращения у крыс зависят от возраста и характера мышечных тренировок: чем старше животное, тем выше данные МОК, особенно у тренированных на общую выносливость. Динамика показателей минутного объема кровообращения в виде их уменьшения у 100-суточных крыс, тренированных на развитие быстроты движений, оказалась менее выражена, чем эти же сдвиги у 100-суточных крыс, тренированных на развитие выносливости. В этом проявляется суть влияния различных режимов тренировочных нагрузок на реакцию показателей минутного объема кровообращения организма крыс при введении агониста 5-НТ2 рецепторов серотонина. Следовательно, регуляторное влияние серотонина на показатели минутного объема кровообращения с

возрастом у крыс уменьшается. Особенно реакцией показателей насосной функции сердца на введение агониста 5-НТ2 серотониновых рецепторов крысам является то, что на ранних этапах постнатального развития организма влияние серотонина на показатели насосной функции сердца значительно более выражено, чем в последующих возрастных этапах. Это значимо, так как на ранних этапах постнатального развития другие механизмы регуляции насосной функции сердца слабо развиты и влияние серотониновых рецепторов в организме для роста и развития миокарда существенно.

Заключение. В результате исследований нами было установлено, что сенситивный период развития быстроты движений у спортсменов-фехтовальщиков пролонгирован вплоть до 24 лет, хотя темпы ее развития снижаются, а абсолютные величины растут. В условиях тренировок фехтовальщиков быстрота движений не подвержена сильному подавлению, как это происходит в процессе спортивных тренировок, направленных на развитие общей выносливости в других видах спорта.

Выявлены определенные закономерности адаптации показателей насосной функции сердца при тренировке к скорости движений и скоростной выносливости по сравнению с адаптацией к общей выносливости. Регуляторное влияние серотонина на насосную функцию сердца более проявляется в период раннего постнатального развития организма.

Литература

1. Абзалов, Р.Р. Насосная функция сердца в контексте повышения эффективности скоростной выносливости спортсменов / Р.Р. Абзалов, Н.И. Абзалов, Т.К. Хасанов, Р.А. Абзалов // *Теория и практика физ. культуры.* – 2016. – № 1. – С. 16–18.
2. Бальсевич, В.К. *Онтокинезиология человека* / В.К. Бальсевич. – М.: *Теория и практика физ. культуры*, 2000. – 275 с.
3. *Моделирование в системе адаптации и управления спортивной подготовкой* / А.П. Исаев, Р.Я. Абзалилов, В.В. Рыбаков и др. // *Человек. Спорт. Медицина.* – 2016. – Т. 16, № 2. – С. 42–51.
4. *Особенности скоростной выносливости, умственной деятельности и сократительной способности сердца спортсменов* / Р.Р. Абзалов, Н.И. Абзалов, Р.А. Абзалов и др. //

Теория и практика физ. культуры. – 2016. – № 6. – С. 42–44.

5. Yilmaz, D.C. *Adaptation of heart to training: a comparative study using echocardi-*

graphy impedance cardiography in male female athletes / D.C. Yilmaz, B. Buyukakilli, S. Gurgul, I. Rencuzogullari // Indian J. Med. Res. – 2013. – Vol. 137, no. 6. – P. 1111–1120.

Абзалов Рустем Ринатович, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры теории и методики физической культуры, спорта и лечебной физической культуры Института фундаментальной медицины и биологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет. 420008, г. Казань, Кремлевская ул., д. 18. E-mail: 2902207@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4940-1502.

Абзалов Наиль Ильясович, доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой теории и методики физической культуры, спорта и лечебной физической культуры Института фундаментальной медицины и биологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет. 420008, г. Казань, Кремлевская ул., д. 18. E-mail: nailabzalov@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8428-2724.

Абзалов Ринат Абзалович, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры теории и методики физической культуры, спорта и лечебной физической культуры Института фундаментальной медицины и биологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет. 420008, г. Казань, Кремлевская ул., д. 18. E-mail: abzalov2004@mail.ru, ORCID: 0000-0003-1422-3742.

Поступила в редакцию 7 октября 2021 г.

DOI: 10.14529/hsm210411

SPORTS ACTIVITY AND ADAPTATION TO QUICKNESS OF MOVEMENTS AND SPEED ENDURANCE

R.R. Abzalov, 2902207@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4940-1502,

N.I. Abzalov, nailabzalov@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8428-2724,

R.A. Abzalov, abzalov2004@mail.ru, ORCID: 0000-0003-1422-3742

Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russian Federation

Aim. The paper aims to examine fatigue and cardiac output under adaptation to training load. **Materials and methods.** The features of fatigue and adaptation to speed endurance and quickness of movements were examined in fencers and laboratory animals. The quickness of movements and speed endurance of fencers of different competitive levels were recorded under exercise conditions by means of an automated system. Laboratory rats of different physical fitness levels received 5-HT₂ receptor antagonist to identify changes in cardiac output. **Results.** The parameters of cardiac pump function are more pronounced under the conditions of adaptation to endurance training compared to speed and speed-endurance training. In case of the use of 5-HT₂ receptor antagonist, cardiac output values are more pronounced in rats adapted to speed training compared to rats adapted to endurance training. **Conclusion.** Body adaptation to speed training contributes to the increase in cardiac output at rest compared to endurance training. In early stages of development, the effect of serotonin on cardiac output is more pronounced as soon as other regulatory mechanisms remain less active.

Keywords: muscle load, fatigue, quickness of movements, speed endurance, cardiac output.

References

1. Abzalov R.R., Abzalov N.I., Khasanov T.K., Abzalov R.A. [The Pumping Function of the Heart in the Context of Increasing the Efficiency of Speed Endurance in Athletes]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2016, no. 1, pp. 16–18. (in Russ.)

2. Bal'sevich V.K. *Ontokineziologiya cheloveka* [Human Ontokinesiology]. Moscow, Theory and Practice of Physical Culture Publ., 2000. 275 p.

3. Isayev A.P., Abzalilov R.Ya., Rybakov V.V. et al. Modeling in the System of Adaptation and Management of Sports Training. *Human. Sport. Medicine*, 2016, vol. 16, no. 2, pp. 42–51. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm160204

4. Abzalov R.R., Abzalov N.I., Abzalov R.A., Vanyushin Yu.S., Askhadullin I.R. [Features of Speed Endurance, Mental Activity and Contractile Ability of the Heart of Athletes]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2016, no. 6, pp. 42–44. (in Russ.)

5. Yilmaz D.C., Buyukakilli B., Gurgul S., Rencuzogullari I. Adaptation of Heart to Training: a Comparative Study Using Echocardiography Impedance Cardiography in Male Female Athletes. *Indian J. Med. Res.*, 2013, vol. 137, no. 6, pp. 1111–1120.

Received 7 October 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Абзалов, Р.Р. Особенности спортивно-тренировочной деятельности в условиях адаптации организма к скорости движений и скоростной выносливости / Р.Р. Абзалов, Н.И. Абзалов, Р.А. Абзалов // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 89–94. DOI: 10.14529/hsm210411

FOR CITATION

Abzalov R.R., Abzalov N.I., Abzalov R.A. Sports Activity and Adaptation to Quickness of Movements and Speed Endurance. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 4, pp. 89–94. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210411

ИНДИВИДУАЛЬНО-ТИПОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К КОРРЕКЦИИ ДВИГАТЕЛЬНОГО РЕЖИМА У ЖЕНЩИН РЕПРОДУКТИВНОГО ВОЗРАСТА С ИЗБЫТОЧНОЙ МАССОЙ ТЕЛА

А.Л. Райлян^{1,2}, Г.Д. Галиева¹, Е.А. Томилова¹, В.В. Колпаков¹, Т.В. Беспалова³

¹Тюменский государственный медицинский университет, г. Тюмень, Россия,

²Клинический госпиталь «Мать и дитя», г. Тюмень, Россия,

³Ханты-Мансийская государственная медицинская академия, г. Ханты-Мансийск, Россия

Цель исследования – на основе системного (конституционального) подхода дать физиологическую оценку вариабельности популяционной нормы привычной двигательной активности у женщин 20–35 лет с выделением индивидуальных критериев для последовательной коррекции двигательного режима у пациенток с нормальной и избыточной массой тела в период прегравидарной подготовки. **Материалы и методы.** На базе клинического госпиталя «Мать и дитя» (г. Тюмень) проведено обследование 354 женщин репродуктивного возраста (20–35 лет) в период прегравидарной подготовки, выделены две экспериментальные группы: I группа – 63 женщины с нормальной массой тела, II группа – 55 женщин с избыточной массой тела. В проведении исследования использовались следующие методики: комплексная оценка здоровья женщин, антропометрия, ультразвуковая липометрия (аппарат ультразвуковой диагностики LOGIQS8, General Electric Co., США); шагометрия (мобильные приложения на Android (версия 4.4 и выше) и Apple (iOS 8.0 и выше), определение функциональных показателей сердечно-сосудистой системы – ЧСС, САД, ДАД (цифровой измеритель A&D, Япония), функциональная проба Руфье с расчетом индекса Руфье – Диксона (ИРД). Статистическая обработка данных. Microsoft Excel Statistics 17.0 (непараметрические критерии: χ^2 Пирсона и Манна – Уитни, коэффициент корреляции по Пирсону и Спирмену). **Результаты.** С учетом системного (конституционального) подхода дана физиологическая оценка вариабельности популяционной нормы привычной двигательной активности (ПДА) у женщин 1-го зрелого возраста. На этой основе разработаны нормативные (центильные) таблицы суточного количества локомоций (СКЛ) и определены количественные критерии для выделения лиц женского пола с очень низкой, низкой, средней, высокой и очень высокой двигательной активностью (ДА). Дополнительно установлена тесная межсистемная связь центильного распределения ПДА с массой тела (МТ), что позволило для индивидуальной оценки МТ впервые предложить центильные таблицы с учетом СКЛ и идентифицировать коэффициент нормативного соответствия (КНС) индекса массы тела (ИМТ) к суточному количеству локомоций (КНС = ИМТ / СКЛ). Полученные данные явились фундаментальной основой для физиологического обоснования практической реализации последовательного (центильного) повышения уровня двигательной активности женщин репродуктивного возраста при коррекции избыточной массы тела и повышения функциональных возможностей в условиях прегравидарной подготовки. **Заключение.** Клинико-физиологический анализ эффективности прегравидарной подготовки по предложенному алгоритму показал более высокий уровень наступления беременности по сравнению с имеющимися среднестатистическими данными соответственно у женщин с нормальной МТ – 92,1 % против 75 %, у женщин с избыточной массой тела – 52,7 % против 19,5 %.

Ключевые слова: привычная двигательная активность, прегравидарная подготовка, избыточная масса тела.

Введение. В условиях поступательной реализации национального проекта «Демография» особое внимание уделяется здоровью женщин репродуктивного возраста¹. В связи

с этим на настоящем этапе в профилактической медицине, в частности в акушерской практике, интенсивно разрабатывается новое направление – прегравидарная подготовка, которая основана на клинико-физиологической оценке факторов риска и представляет собой комплекс диагностических и профилак-

¹ Национальный проект «Демография». М., 2019 г.
URL: <https://xn--80aарамремсчhfmo7a3с9ehj.xn--plai/projects/demografiya> (дата обращения: 13.05.2021).

тических мероприятий, целью которых является успешное зачатие, нормальное течение беременности и рождение здорового ребёнка. Необходимость такого подхода во многом определяется тем, что даже при физиологически протекающей беременности в организме матери отмечаются значительные изменения в нейрогуморальных механизмах регуляции функций, которые как правило сочетаются с прогрессирующим нарастанием массы тела, что требует строгой индивидуальной оценки [11, 18].

Известно, что распространенность избыточной массы тела у населения всех возрастных групп остается достаточно высокой и сохраняет лидирующие позиции в современной медицине. При этом ведущими зарубежными и отечественными исследователями доказана взаимосвязь между величиной массы тела и репродуктивным здоровьем женщин [7, 10, 19]. У женщин с избыточной массой тела и ожирением в 80–85 % увеличивается риск развития таких патологий, как яичниковая гиперандрогенемия, синдром поликистозных яичников и, как следствие, развитие ановуляционного бесплодия [4, 12, 15].

В связи с вышесказанным для усиления мер, направленных на поддержание репродуктивного здоровья, прегравидарное консультирование обязательно для всех женщин с избыточной массой тела и ожирением. Согласно рекомендациям Preconception care: Maximizing the gains for maternal and child health, в комплексе прегравидарных мероприятий акцент делается на оценку показателей общего состояния здоровья женщины и информирование о гестационных рисках, ассоциированных с ожирением. Дополнительно предлагается разрабатывать программы, которые включает в себя оптимизацию уровня двигательной активности [9, 11, 22].

Не вызывает сомнений, что двигательная активность является универсальным методом оздоровления и повышения функциональных возможностей организма. Однако большинство предлагаемых методик носит рекомендательный характер и не учитывает индивидуально-типологические особенности организма («необходимо больше двигаться»). Как результат, в имеющихся единичных научных публикациях вопрос, посвященный изучению двигательной активности у женщин первого зрелого возраста (20–35 лет), остается открытым [2]. В настоящее время приоритетным

направлением современного здравоохранения остается персонализированный подход к здоровью человека. Основой данной модели является доклиническая минимизация факторов риска в соответствии с индивидуальными особенностями пациента².

Таким образом, к разработке новой стратегии прегравидарной подготовки и дородового наблюдения требуется соответствующее дополнение на основе системного (конституционального) подхода. Для идентификации оптимальной массы тела за методологическую основу настоящего исследования принята концепция типологической вариабельности физиологической индивидуальности человека, а показатели уровня привычной двигательной активности (суточное количество локомоций) определены как базовая основа [17, 20].

Цель исследования – на основе системного (конституционального) подхода дать физиологическую оценку вариабельности популяционной нормы привычной двигательной активности у женщин 20–35 лет в период прегравидарной подготовки с выделением индивидуальных критериев для последовательной коррекции двигательного режима у пациенток с нормальной и избыточной массой тела.

Материалы и методы. Динамическое наблюдение и исходная оценка здоровья женщин при прегравидарной подготовке в течение 1 месяца осуществлялась на базе клинического госпиталя «Мать и дитя», г. Тюмень. Всего обследовано 354 женщины первого зрелого возраста (20–35 лет)³. Для разработки нормативных центильных таблиц двигательной активности и индекса массы тела был сформирован следующий дизайн исследования: из общей выборки женщин I–II групп здоровья первого зрелого возраста выделены две экспериментальные группы: в первую группу вошли 63 женщины с нормальной массой тела, во вторую – 55 женщин с избыточной массой тела.

² Приказ Министерства здравоохранения РФ от 24 апреля 2018 г. № 186 «Об утверждении Концепции предиктивной, превентивной и персонализированной медицины».

³ Приказ Министерства здравоохранения РФ от 13 марта 2019 г. № 124н «Об утверждении порядка проведения профилактического медицинского осмотра и диспансеризации определенных групп взрослого населения». URL: <https://static-0.minzdrav.gov.ru> (дата обращения: 13.10.2020); Приказ Министерства здравоохранения РФ от 20 октября 2020 г. № 1130н «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи по профилю «Акушерство и гинекология».

Прегавивидарная подготовка проводилась согласно принятым рекомендациям в течение 1 месяца с обязательным включением авторского алгоритма последовательного повышения суточного количества локомоций на каждый центиль в течение 1 недели. Максимальный уровень двигательной активности к окончанию прегавивидарной подготовки не должен был превышать уровня 95–97 центилей. Эффективность коррекции двигательного режима у женщин с избыточной массой тела определялась уровнем ее нормализации и повышением функциональных возможностей организма. Дополнительно для индивидуальной оценки массы тела предложен коэффициент нормативного соответствия (КНС) индекса массы тела (ИМТ) к суточному количеству локомоций ($\text{КНС} = \text{ИМТ} / \text{СКЛ}$), на основе которого были разработаны центильные таблицы.

Комплексная оценка здоровья женщин проводилась с учетом анамнеза и антропометрии. Изучались следующие антропометрические показатели: длина тела (ДТ, см), масса тела (МТ, кг), обхват бедер (ОБ, см), обхват талии (ОТ, см), расчёт индекса массы тела (ИМТ, усл. ед.).

Дополнительно для выделения второй группы женщин использовалась ультразвуковая липометрия (аппарат ультразвуковой диагностики LOGIQS8, General Electric Co., США). Для измерения толщины подкожно-жировой клетчатки ПЖК (см) применяли высокочастотный линейный датчик (12–15 МГц). Измерения проводились на 3 см правее и 1 см ниже пупка в правой боковой области живота.

Для определения уровня привычной двигательной активности (ПДА) использовали метод шагометрии (мобильные приложения на Android (версия 4.4 и выше) и Apple (iOS 8.0 и выше)). Фиксация индивидуального объема суточного количества локомоций (СКЛ) осуществлялась на протяжении 7 дней с последующим расчетом средней величины ПДА и установлением функционального типа конституции согласно 3-компонентной схеме для женщин 20–35 лет [20].

Определяли функциональные показатели сердечно-сосудистой системы: частоту сердечных сокращений – ЧСС, уд./мин, систолическое – САД, мм рт. ст. и диастолическое артериальное давление – ДАД, мм рт. ст. (цифровой измеритель A&D, Япония), для определения физической работоспособности

(ФР) проводили функциональную пробу Руфье с расчетом индекса Руфье – Диксона (ИРД) [5].

Статистическая обработка данных. Расчеты общепринятых показателей описательной статистики с проверкой гипотез на нормальность распределения проводились с применением Microsoft Excel. Выявление различий двух групп в уровне распределения соответствующих показателей проводили с использованием программы Statistics 17.0 (непараметрические критерии: χ^2 Пирсона и Манна – Уитни). С целью измерения силы, направленности и надежности связи между двумя переменными проводили вычисление коэффициента корреляции по Пирсону и Спирмену. Критический уровень значимости (p) при сравнении средних данных и проверки статистических гипотез – 0,05.

Результаты и обсуждение. На первом этапе настоящего исследования согласно поставленной цели методом шагометрии было определено суточное количество локомоций у женщин репродуктивного возраста по всей популяции. В целом двигательная активность составила 11458 ± 565 шагов, что по общепринятой классификации соответствовало второму функциональному типу конституции (ФТК-2), то есть среднему уровню ПДА [17, 20].

В настоящее время характеристика двигательной активности носит статистически ограничительный характер без учета индивидуально-типологических особенностей организма. Между тем известно, что уровень двигательной активности имеет тесную взаимосвязь с важнейшими функциями организма. В связи с этим для решения поставленной задачи впервые были разработаны центильные таблицы на основе ведущего типологического признака – уровня привычной двигательной активности (ПДА) у женщин первого зрелого возраста (табл. 1).

Согласно данной методике диапазон разнообразия величин данного признака – количественные границы ПДА индивидуума (центили) указаны в интервалах между центильными колонками (коридоры).

В результате сформулировать оценочное суждение о величине уровня ПДА позволяют границы центильных групп и центильные интервалы (зоны): показатели 1-й зоны (до 3-го центиля) интерпретированы как «очень низкий уровень»; показатели от 3-го до 25-го центиля

Таблица 1
Table 1

Центильное распределение СКЛ (в тыс.), индекса массы тела (ИМТ) и их соотношения (ИМТ/СКЛ) по всей популяции женщин репродуктивного возраста
Daily movement patterns (DMP), body mass index (BMI) and their ratios among women of fertile age

Показатели Parameters	Центили / Centile								
	3	5	10	25	50	75	90	95	97
ИМТ /BMI	25,4	24,6	23,8	22,6	21,5	20,3	19,2	18,6	18,0
СКЛ/DMP	4,323	5,318	6,313	9,868	12,339	13,983	16,403	17,252	18,1
ИМТ/СКЛ DMP/BMI	5,87	4,62	3,77	2,29	1,74	1,45	1,17	1,08	0,99

Таблица 2
Table 2

Критерии выделения типов женщин по уровню суточной двигательной активности (СДА)
Data distribution with respect to daily movement patterns (DMP) among female participants

Центиль / Centile	Тип СДА / DMP type	СКЛ / DMP
от 25 до 75 / from 25 to 75	Средний / Average	$9,868 \leq X \leq 13,983$
до 3 / less than 3	Очень низкий / Very low	$X < 4,323$
от 3 до 25 / from 3 to 25	Низкий / Low	$5,318 \leq X \leq 9,867$
от 75 до 97 / from 75 to 97	Высокий / High	$13,983 \leq X \leq 18,1$
от 97 / 97 and more	Очень высокий / Very high	$X > 18,11$

Примечание: СКЛ – суточное количество локомоций (в тыс.).

Note: DMP – daily movement patterns (in thousands).

или зона 2 – «низкий уровень»; показатели от 75-го до 97-го центиля или зона 4 – «высокий уровень» и «очень высокий уровень» – зона 5 (от 97-го центиля). 3-я зона является оптимальной и соответствует 25–75-центильному коридору (mediana – 12339, min – 9868 и max – 13983 – суточное количество локомоций).

Таким образом, центильные таблицы определяют порядковый номер уровня СКЛ на стандартной шкале и позволяют установить количественные критерии суточного количества локомоций у лиц женского пола (табл. 2).

Таким образом, данная методика расширяет оценочные возможности характеристики двигательной активности у женщин здоровой популяции и позволяет получить более глубокое представление об индивидуальных особенностях ПДА.

С учетом концептуального подхода разработка центильных таблиц СКЛ явилась базовой основой для идентификации оптимальной массы тела с выделением критических (донозологических) зон (см. табл. 1).

Согласно последним научным данным оценочные критерии нормы и избытка массы тела основаны на расчете ИМТ, т. е. двух антропометрических составляющих – длины и массы тела [21]. Однако такой подход имеет определенные недостатки. Во-первых, не исключается ложноположительное заключение

о ИМТ у лиц с преобладанием мышечной массы. Во-вторых, не учитывается индивидуально-типологический показатель функциональной составляющей синтетической конституции – уровень привычной двигательной активности [3, 13].

Также признается, что для формирования межвозрастных антропометрических стандартов пока не создано надежной теоретической основы. При этом может наблюдаться снижение функциональных возможностей организма на фоне увеличения тотальных размеров тела индивидуума (физиологическая дискоординация морфофункционального статуса). В связи с этим унифицированную антропометрическую методику оценки физического развития необходимо дополнить физиометрической составляющей. Необходимость уточнения нормативных показателей межсистемной взаимосвязи физической активности и массы тела у лиц здоровой популяции остается актуальной. Данная необходимость определена требованием более точной идентификации критических значений избыточной массы тела как предиктора ожирения и сочетанных с ним осложнений [3, 13].

Таким образом, разработка центильных таблиц ИМТ в сочетании с уровнем привычной двигательной активности является достаточно перспективной. Данный подход позво-

лит конкретизировать понятие «физиологическая норма» и может явиться основой для выделения групп риска и целенаправленной коррекции двигательной активности при избыточной массе тела у женщин репродуктивного возраста.

В наших исследованиях выделение соответствующих зон (центильных интервалов) позволило дать оценочные суждения по величине индекса массы тела. Зоне 1 соответствует очень низкий уровень ИМТ (до 3-го центиля), зоне 2 – низкий (от 3-го до 25-го центиля), зоне 4 – высокий (от 75-го до 97-го центиля), зоне 5 – очень высокий уровень (от 97-го центиля). Оптимальный индекс массы тела соответствовал 3 зоне (от 25-го до 75-го центиля) и был равен следующим величинам (в $\text{кг}/\text{м}^2$): *mediana* – 21,5, *min* – 20,3 и *max* – 22,6.

Как результат, разработка центильных таблиц с учетом суточного количества локомоций (СКЛ) и установленной сильной отрицательной корреляционной связи с ИМТ ($r = -0,873$) позволила не только дать индивидуальную оценку массы тела, но и определить коэффициент нормативного соответствия индекса массы тела СКЛ ($\text{КНС} = \text{ИМТ} / \text{СКЛ}$) у здоровой популяции женщин первого зрелого возраста (см. табл. 1).

Таким образом, на основе концептуального подхода разработанные нормативные таблицы центильного распределения двигательной активности и индекса массы тела позволяют провести типизацию их достаточно высокого различия у женщин здоровой популяции (очень низкая, низкая, ниже среднего, средняя, выше среднего, высокая, очень высокая) и предложить алгоритм последовательного (центильного) повышения уровня ДА при организации оздоровительных профилактических и реабилитационных мероприятий при прегравидарной подготовке у женщин с нормальной и избыточной массой тела.

Отсюда, согласно цели и задачам исследования, на следующем этапе до прегравидарной подготовки по данным антропометрии были выделены две группы женщин: I группа – женщины с нормальной (ИМТ – $22,9 \pm 0,53 \text{ кг}/\text{м}^2$) и II группа – с избыточной массой тела (ИМТ – $25,1 \pm 0,62 \text{ кг}/\text{м}^2$). Первая группа составила 53,4 % (63 женщины), вторая – 46,6 % (55 женщин).

Для подтверждения распределения женщин на две группы дополнительно была про-

ведена ультразвуковая липометрия. В изученной нами литературе мы не встретили данных о нормативных значениях толщины подкожно-жировой клетчатки у женщин первого зрелого возраста. К преимуществам методики относятся неинвазивность, простота применения в клинической практике и наибольшая точность, которая позволяет визуализировать измеряемые ткани. При этом известно, что степень выраженности ПЖК определена гендерными особенностями и у женщин имеет достаточно большие отклонения, которые составляют от 0,5 до 3,5 см и более [16].

Было установлено, что толщина ПЖК по данным ультразвуковой диагностики в I группе до начала прегравидарной подготовки составила $2,03 \pm 0,05 \text{ см}$, во второй – $3,36 \pm 0,07 \text{ см}$. Таким образом, статистически значимое различие полученных данных ($p < 0,001$) подтвердили репрезентативность распределения на группы женщин с нормальной и избыточной массой тела по индексу массы тела (табл. 3).

Также в экспериментальных группах дополнительно была дана исходная оценка функциональным показателям сердечно-сосудистой системы и физической работоспособности с последующим контролем по окончании прегравидарной подготовки (см. табл. 3). Оценка данных показателей была обусловлена тем, что система кровообращения является индикатором адаптационной деятельности организма и тесно связана с двигательной активностью организма [1, 6, 8, 14].

Так, по сравнению с показателями I группы у женщин II группы в состоянии относительного покоя отмечались более высокие показатели пульса и некоторое снижение систолического и диастолического АД. При этом отмечалось наибольшее значение индекса Руфье – Диксона (на границе удовлетворительной и неудовлетворительной градации), что указывает на меньший уровень физической работоспособности. У женщин I группы с нормальной массой тела данный показатель приближался к хорошей градации (см. табл. 3).

В дальнейшем при непосредственной практической реализации последовательного (центильного) повышения уровня ДА с целью коррекции избыточной массы тела и установления функциональных возможностей организма был изучен исходный уровень привычной двигательной активности в I и II экспериментальных группах.

Показатели эффективности прегравидарной подготовки (ПрП)
у женщин с нормальной (I группа) и избыточной (II группа) массой тела
The effectiveness of the preconception care program in normal-weight (group I) and overweight (group II) women

Показатели Parameters	Экспериментальные группы / Experimental group						Уровень достоверности Confidence level
	I группа, нормальная МТ Group I, normal-weight women (n = 63)			II группа, избыточная МТ Group II, overweight women (n = 55)			
	до ПрП, p ₁ before, p ₁	после ПрП, p ₂ after, p ₂	% p ₁ -p ₂	до ПрП, p ₃ before, p ₃	после ПрП, p ₄ after, p ₄	% p ₃ -p ₄	
СКЛ / DMP	9081 ± 582	15984 ± 619	76,0	5806 ± 408	13407 ± 612	122,0	p ₁ -p ₂ < 0,001 p ₃ -p ₄ < 0,001
ИМТ, кг/м ² BMI, kg/m ²	22,9 ± 0,53	19,9 ± 0,48	-13,1	25,1 ± 0,62	21,9 ± 0,57	-12,8	p ₁ -p ₂ < 0,001 p ₃ -p ₄ < 0,001
КСН, усл. ед. Compliance coefficient, с. у.	2,52 ± 0,06	1,24 ± 0,03	-50,8	4,32 ± 0,08	1,63 ± 0,04	-72,3	p ₁ -p ₂ < 0,001 p ₃ -p ₄ < 0,001
ПЖК, см Subcutaneous fat, cm	2,03 ± 0,05	1,82 ± 0,04	-10,4	3,36 ± 0,07	2,95 ± 0,05	-12,2	p ₁ -p ₂ < 0,01 p ₃ -p ₄ < 0,01
ЧСС, уд./мин HR, bpm	76,1 ± 0,54	72,2 ± 0,42	-5,1	81,6 ± 0,59	77,4 ± 0,53	-5,2	p ₁ -p ₂ < 0,01 p ₃ -p ₄ < 0,01
САД, мм рт. ст. SBP, mmHg	118,4 ± 1,16	120,3 ± 1,12	1,6	115,9 ± 1,19	118,1 ± 1,14	1,9	p ₁ -p ₂ < 0,15 p ₃ -p ₄ < 0,2
ДАД, мм рт. ст. DBP, mmHg	78,6 ± 1,13	79,8 ± 1,09	1,53	77,9 ± 1,15	79,1 ± 1,16	1,54	p ₁ -p ₂ < 0,5 p ₃ -p ₄ < 0,4
ПД, усл. ед. DM, с. у.	39,8 ± 1,02	40,5 ± 1,03	1,76	38,0 ± 1,07	39,0 ± 1,05	2,63	p ₁ -p ₂ < 0,5 p ₃ -p ₄ < 0,5
ИРД, усл. ед. RDI, с. у.	6,6 ± 0,27	4,8 ± 0,23	-27,3	7,8 ± 0,32	6,3 ± 0,29	-19,2	p ₁ -p ₂ < 0,01 p ₃ -p ₄ < 0,01

Были получены следующие показатели суточного количества локомоций: у женщин I группы – 9081 ± 382, что соответствовало показателям на границе 10–25 центилей, а у женщин II группы – 5806 ± 408, что соответствовало интервалу 5–10 центилей (низкая ПДА).

Таким образом, снижение уровня двигательной активности до 10-го центиля во II группе женщин является одним из факторов риска развития избыточной массы тела. Полученные данные дают основу для последовательного центильного повышения ДА, то есть физиологической коррекции суточного объема локомоций. Также необходимо учитывать тот факт, что чрезмерное начальное повышение ДА может привести к обратному эффекту – снижению функциональных возможностей и, как следствие, отказу выполнения предложенных рекомендаций.

В связи с этим в наших исследованиях выбор центиля по уровню СКЛ как у женщин с нормальной, так и избыточной массой тела производился индивидуально, согласно ис-

ходным данным, с обязательным учетом центильного распределения ИМТ и КСН. При этом необходимо отметить, что в первой экспериментальной группе в среднем отмечалось соответствие центильного распределения ИМТ суточному количеству локомоций и оба показателя находились в пределах одной зоны (СКЛ – 9081 ± 382, ИМТ 22,9 ± 0,53, КСН 2,52 ± 0,06). В то же время во II экспериментальной группе по исходным данным отмечалось достаточно существенное расхождение по центильному распределению СКЛ и ИМТ (морфофункциональная дискоординация). Так, если по суточному количеству локомоций данный показатель находился на уровне нижней границы 10-го центиля, то по ИМТ на уровне 3-го центиля (СКЛ – 5806 ± 408, ИМТ 25,1 ± 0,62, КСН 4,32 ± 0,08).

Вместе с тем как в I, так и во II экспериментальной группе учитывался индивидуально-типологический подход при коррекции двигательного режима и контроле массы тела. Так, у женщин I экспериментальной группы еженедельное повышение ДА производилось

на 1 центиль и в целом соответствовало снижению ИМТ также на 1 центиль. Это подтверждалось соответствующим снижением КНС также на 1 центиль. В среднем к концу прегравидарной подготовки все показатели находились в границах 75–90 центилей. При более раннем (в течение 3 недель) достижении вышеуказанных показателей в последнюю неделю прегравидарной подготовки сохранялся имеющийся уровень СКЛ.

Во II экспериментальной группе индивидуально-типологический подход был направлен на уменьшение морфофункциональной дискоординации, а именно последовательного центильного повышения СКЛ на 1 центиль в течение 7 дней от 5–10-го центиля до оптимального уровня 3-й зоны, как правило до 50–75-го центиля. При этом проводился последовательный контроль за снижением ИМТ также до 3-й зоны, но уже от 3–5-го центиля. Необходимо также отметить, что процент полного соответствия СКЛ и ИМТ по показателю КСН был установлен только в 75,3 %. Таким образом, сохранение неполной морфофункциональной дискоординации было отмечено в 24,7 % случаев. Последнее дает возможность ставить вопрос об удлинении сроков прегравидарной подготовки у данной группы женщин до 1,5–2 месяцев.

Наряду с динамикой МТ эффективность проводимой коррекции ДА дополнительно оценивалась по липометрии и функциональным возможностям организма женщин. При этом в обеих экспериментальных группах отмечалось снижение толщины ПЖК и повышение функциональных возможностей (см. табл. 3).

По сравнению с исходными данными в процентном отношении эффект коррекции МТ после последовательного центильного повышения ДА как в I, так и во II экспериментальной группе был практически одинаков (соответственно снижение на 13,1 и 12,8 %). Однако при этом необходимо учитывать, что в I экспериментальной группе коррекция ДА и ИМТ происходила в пределах нижней и верхней границ оптимальных зон. Во II экспериментальной группе последовательное повышение ДА происходило с более низких показателей (3–10 центилей), а снижение ИМТ наоборот с более высоких показателей к оптимальным. При этом необходимо отметить, что все женщины этой группы, несмотря на сохранение остаточной морфофункциональной

дискоординации, попадали по показателям ДА и ИМТ в оптимальную зону (25–75 центилей).

В среднем, учитывая исходные данные уровня двигательной активности у женщин I группы, суточное количество локомоций в период прегравидарной подготовки продвинулось с 10–25 центилей к 75–90 центилям и соответствовало 15984 ± 619 локомоциям, т. е. увеличилось на 76 %. При этом отмечалось снижение массы тела, которое поддерживалось по коэффициенту соответствия уровню двигательной активности на аналогичном центиле (см. табл. 3).

Также с учетом исходных данных уровня двигательной активности у женщин II группы суточное количество локомоций в период прегравидарной подготовки продвинулось с 5–10 центилей до 50–75 центилей. Таким образом, по сравнению с I группой масса тела снижалась медленнее и к концу прегравидарной подготовки соответствовала 50-му центилю (остаточная морфофункциональная дискоординация).

В связи с этим на заключительном этапе для нас было важным не только оценить положительный эффект рекомендуемого режима ДА на снижение массы тела, но и оценить конечный результат прегравидарной подготовки – частоту (процент) наступившей беременности. С учетом статистического анализа процент зачатия у женщин с избыточной массой тела составляет 19,5 %. В наших исследованиях после прегравидарной подготовки он увеличился более чем в 2,5 раза и составил 52,7 %. Вместе с тем необходимо отметить, что у женщин с нормальной массой тела он составил 92,1 %.

В результате проведенного исследования были получены следующие выводы:

1. С учетом системного (конституционального) подхода дана физиологическая оценка варибельности популяционной нормы привычной двигательной активности (ПДА) у женщин 1-го зрелого возраста и на этой основе разработаны нормативные (центильные) таблицы суточного количества локомоций (СКЛ) с определением количественных критериев для выделения лиц женского пола с очень низкой, низкой, средней, высокой и очень высокой двигательной активностью (ДА).

2. Установлена тесная межсистемная связь центильного распределения ПДА с мас-

сой тела ($r = -0,823$), это позволило впервые предложить центильные таблицы с учетом СКЛ и идентифицировать коэффициент нормативного соответствия (КНС) индекса массы тела к суточному количеству локомоций (КНС = ИМТ / СКЛ).

3. Полученные данные явились фундаментальной основой для разработки и практической реализации алгоритма последовательного центильного повышения уровня двигательной активности на 1 центиль в течение 7 дней у женщин репродуктивного возраста с нормальной и избыточной массой тела при прегравидарной подготовке.

4. По сравнению с первоначальными данными в процессе прегравидарной подготовки у женщин I группы отмечалось снижение ИМТ на 13,1 % и увеличение физической работоспособности до хорошей градации, а у женщин II группы отмечалось уменьшение ИМТ на 12,8 % и повышение физической работоспособности до верхней границы удовлетворительной градации.

5. Клинико-физиологический анализ эффективности прегравидарной подготовки по предложенному алгоритму показал более высокий уровень наступления беременности по сравнению с имеющимися среднестатистическими данными: соответственно у женщин с нормальной МТ – 92,1 % против 75 %, у женщин с избыточной массой тела – 52,7 % против 19,5 %.

Литература

1. Агаджанян, Н.А. Проблемы адаптации и учение о здоровье / Н.А. Агаджанян, Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – М.: Изд-во РУДН, 2006. – 284 с.
2. Гиришева, Е.М. Циркадианные особенности психофизиологического статуса и двигательной активности у беременных и родильниц в перинатальном периоде / Е.М. Гиришева // Вестник Курган. гос. ун-та. Серия «Физиология, психология и медицина». – 2016. – № 2 (41). – С. 98–102.
3. Дедов, И.И. Ожирение / И.И. Дедов, Г.А. Мельниченко // Руководство для врачей: моногр. – М., 2004. – 85 с.
4. Демидова, Т.Ю. Изучение взаимосвязи исходной массы тела с гестационным увеличением у родильниц и ее влияние на течение беременности, исходы родов и риски для плода / Т.Ю. Демидова, А.Г. Кузнецова // Эндокринология: новости, мнения, обучение. – 2019. – Т. 8, № 32 (27). – С. 103–106.
5. Епифанов, В.А. Спортивная медицина / под ред. В.А. Епифанова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006. – 336 с.
6. Исаев, А.П. Индивидуализация спортивной подготовки: состояние, проблемы и перспективные решения / А.П. Исаев, В.В. Рыбаков, В.В. Эрлих. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2016. – 531 с.
7. Лукаш, Е.Е. Ожирение и репродуктивное здоровье женщины / Е.Е. Лукаш, Х. Джамал // Архив акушерства и гинекологии им. В.Ф. Снегирева. – 2017. – Т. 4, № 2. – С. 84–87.
8. Ортостатическая устойчивость системы кровообращения и уровней ее регуляции у девочек с различным уровнем двигательной активности / А.Р. Сабирьянов, Е.С. Сабирьянова, А.В. Брагин и др. // Человек. Спорт. Медицина. – 2019. – Т. 19, № 1. – С. 50–56.
9. Особенности прегравидарной подготовки у женщин с ожирением / И.В. Савельева, С.В. Баринев, С.И. Блауман и др. // Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии. – 2018. – Т. 17, № 5. – С. 29–34.
10. Патогенез нарушений репродуктивного здоровья у женщин, страдающих морбидным ожирением / И.Б. Елагин, М.Р. Оразов, С.С. Харнас и др. // Моск. хирург. журнал. – 2019. – № 2 (66). – С. 43–52.
11. Прегравидарная подготовка. Клинический протокол Междисциплинарной ассоциации специалистов репродуктивной медицины (МАРС). Версия 2.0 / [Коллектив авторов]. – М.: StatusPraesens, 2020. – 128 с.
12. Системное воспаление и инсулинорезистентность в синдроме поликистозных яичников / И.А. Мацнева, К.Р. Бахтияров, Н.А. Богачева и др. // Журнал научных статей «Здоровье и образование в XXI веке». – 2018. – Т. 20, № 3. – С. 77–83.
13. Современные представления о патогенезе ожирения и новых подходах к его коррекции / О.В. Логвинова, А.Г. Пойдашева, И.С. Бакулин и др. // Ожирение и метаболизм. – 2018. – Т. 15, № 2. – С. 11–16.
14. Специализированные возрастные и квалификационные характеристики эффективной адаптации, отбора по перспективности и в сборные команды в системе подготовки спортивного резерва / В.В. Эрлих, А.П. Исаев, А.В. Ненашева, Ю.Б. Коралева //

Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № S1. – С. 32–37. DOI: 10.14529/hsm21s105

15. Течение беременности и родов, перинатальные исходы у женщин с ожирением / А.М. Баймусаева, Н.М. Демеева, С. Сериккызы, А.К. Хасенова // *Научный аспект*. – 2019. – Т. 8, № 1. – С. 940–947.

16. Чибулаева, Е.В. Применение ультразвуковой диагностики в липометрии и взаимосвязь ее показателей с объемом привычной двигательной активности / Е.В. Чибулаева // *Материалы XXIII съезда физиол. о-ва им. И.П. Павлова*. – Воронеж, 2017. – С. 243–245.

17. Chronobiological assessment of habitual physical activity in humans in Western Siberia / V.V. Kolpakov, E.A. Tomilova, T.V. Bespalova et al. // *Human Physiology*. – 2016. – Vol. 42, no. 2. – P. 203–213. DOI: 10.1134/S0362119716020092

18. Erythropoietin, iron and erythrocyte indices in women with early- and late-onset preec-

lampsia / V.S. Chulkov, B.I. Medvedev, E.G. Syundyukova, S.L. Sashenkov // *Pregnancy Hypertension*. – 2019. – Т. 17, no. S1. – С. S10. DOI: 10.1016/j.preghy.2019.08.106

19. Obesity as disruptor of the female fertility / E. Silvestris, G. de Pergola, R. Rosania et al. // *Reprod Biol Endocrinol*. – 2018. – Vol. 16, no. 22. DOI: 10.1186/s12958-018-0336-z

20. Systemic Analysis: Individual Typological Characteristics of the Human Body / V.V. Kolpakov, T.V. Bespalova, E.A. Tomilova et al. // *Human Physiology*. – 2011. – Vol. 37, no. 6. – P. 738–749. DOI: 10.1134/S0362119711050069

21. WHO: Global Database on Body Mass Index. – <https://www.who.int/home/cms-decommissioning> (дата обращения: 7.07.2020).

22. WHO, Preconception care: Maximizing the gains for maternal and child health, 2012. – https://www.who.int/maternal_child_adolescent/documents/preconception_care_policy_brief.pdf (дата обращения: 13.10.2020).

Райлян Александра Ливиевна, очный аспирант кафедры нормальной физиологии, Тюменский государственный медицинский университет. 625023, г. Тюмень, ул. Одесская, 54; врач-репродуктолог клинического госпиталя «Мать и дитя». 625046, г. Тюмень, ул. Семовских, 20. E-mail: railyanal@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7844-1680.

Галиева Гузель Дарвиновна, очный аспирант кафедры нормальной физиологии, Тюменский государственный медицинский университет. 625023, г. Тюмень, ул. Одесская, 54. E-mail: ggalieva7@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0784-4148.

Томилова Евгения Александровна, доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры нормальной физиологии, Тюменский государственный медицинский университет. 625023, г. Тюмень, ул. Одесская, 54. E-mail: tomilovaea@mail.ru, ORCID: 0000-0003-1101-7628.

Колпаков Виктор Васильевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой нормальной физиологии, Тюменский государственный медицинский университет. 625023, г. Тюмень, ул. Одесская, 54. E-mail: kolpakov661@rambler.ru, ORCID: 0000-0001-6774-0968.

Беспалова Татьяна Викторовна, доктор медицинских наук, профессор кафедры нормальной и патологической физиологии, Ханты-Мансийская государственная медицинская академия. 628011, г. Ханты-Мансийск, ул. Мира, 40. E-mail: tatianadmn@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7210-0946.

Поступила в редакцию 10 сентября 2021 г.

AN INDIVIDUAL TYPE-BASED APPROACH TO MOVEMENT REGIME IN OVERWEIGHT WOMEN OF FERTILE AGE

A.L. Railyan^{1,2}, railyanal@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7844-1680,
G.D. Galieva¹, ggalieva7@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0784-4148,
E.A. Tomilova¹, tomilovaea@mail.ru, ORCID: 0000-0003-1101-7628,
V.V. Kolpakov¹, kolpakov661@rambler.ru, ORCID: 0000-0001-6774-0968,
T.V. Bespalova³, tatianadmn@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7210-0946

¹Tyumen State Medical University, Tyumen, Russian Federation,

²Mother and Child Clinical Hospital, Tyumen, Russian Federation,

³Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, Russian Federation

Aim. The paper aims to provide a physiological assessment of movement variability in women aged 20–35 years and identify individual criteria for changing movement patterns in normal-weight and overweight women as part of preconception care. **Materials and methods.** 354 women of fertile age (20–35 years) participated in the study as part of preconception care. The study was conducted at “Mother and child” hospital (Tyumen). All women were divided into two experimental groups: group I (n = 63) included normal-weight women; group II (n = 55) included overweight women. The following methods were used for the purpose of the study: comprehensive health examination, anthropometry, ultrasound diagnostics (Logiq S8, General Electric Co., USA), step counting (mobile applications for Android 4.4 and later and iOS 8.0 and later), cardiac measurements (HR, SBP, DBP) (A&D, Japan), Ruffier – Dickson test. Statistical processing was performed with Microsoft Excel Statistics 17.0 (Pearson χ^2 and Mann – Whitney non-parametric tests, Pearson and Spearman correlation coefficients). **Results.** A systemic approach allowed to provide a physiological assessment of movement variability in women of fertile age. The results obtained were used for developing normative (centile) tables of daily movement patterns and identifying quantitative criteria for women with very low, low, average, high, and very high movement rates. In addition, a close correlation was observed between the centile distribution of daily movement patterns and body mass (BM), which allowed to propose body mass-based daily movement norms and find the coefficient of compliance between the body mass index and daily movement patterns. The data obtained were used to substantiate the need for increasing movement rates in overweight women of fertile age as part of preconception care. **Conclusion.** Clinical and physiological analysis of the abovementioned preconception care program demonstrated a higher pregnancy rate compared with the average data for both normal-weight (92.1% compared to 75%) and overweight (52.7% compared to 19.5%) women of fertile age.

Keywords: daily movement patterns, preconception care, overweight.

References

1. Agadzhanyan N.A., Bayevskiy R.M., Berseneva A.P. *Problemy adaptatsii i ucheniye o zdorov'ye* [Problems of Adaptation and the Doctrine of Health]. Moscow, RUDN Publ., 2006. 284 p.
2. Girsheva E.M. [Circadian Features of Psychophysiological Status and Motor Activity in Pregnant Women and Postpartum Women in the Perinatal Period]. *Vestnik Kurganskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: fiziologiya, psikhologiya i meditsina* [Bulletin of the Kurgan State University. Ser. Physiology, Psychology and Medicine], 2016, no. 2 (41), pp. 98–102. (in Russ.)
3. Dedov I.I., Mel'nichenko G.A. *Ozhireniye. Rukovodstvo dlya vrachey: monografiya* [Obesity. Guide for Doctors. Monograph]. Moscow, 2004. 85 p.
4. Demidova T.Yu., Kuznetsova A.G. [Study of the Relationship Between Baseline Body Weight and Gestational Increase in Women in Childbirth and Its Impact on the Course of Pregnancy, Labor Outcomes and Risks for the Fetus]. *Endokrinologiya: novosti, mneniya, obucheniye* [Endocrinology. News, Opinions, Training], 2019, vol. 8, no. 32 (27), pp. 103–106. (in Russ.)

5. Epifanov V.A. *Sportivnaya meditsina* [Sports Medicine]. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2006. 336 p.
6. Isayev A.P., Rybakov V.V., Erlikh V.V. *Individualizatsiya sportivnoy podgotovki: sostoyaniye, problemy i perspektivnyye resheniya* [Individualization of Sports Training. State, Problems and Promising Solutions]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2016. 531 p.
7. Lukash E.E., Dzhamal Kh. [Obesity and Reproductive Health of Women]. *Arkhiv akusherstva i ginekologii imeni V.F. Snegireva* [Archives of Obstetrics and Gynecology named after V.F. Snegireva], 2017, vol. 4, no. 2, pp. 84–87. (in Russ.) DOI: 10.18821/2313-8726-2017-4-2-84-8
8. Sabir'yanov A.R., Sabir'yanova E.S., Bragin A.V. et al. Orthostatic Stability of the Circulatory System and Levels of Its Regulation in Girls with Different Levels of Motor Activity. *Human. Sport. Medicine*, 2019, vol. 19, no. 1, pp. 50–56. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm190107
9. Savel'yeva I.V., Barinov S.V., Blauman S.I. et al. [Features of Pregravid Preparation in Obese Women]. *Voprosy ginekologii, akusherstva i perinatologii* [Questions of Gynecology, Obstetrics and Perinatology], 2018, vol. 17, no. 5, pp. 29–34. (in Russ.) DOI: 10.20953/1726-1678-2018-5-29-34
10. Elagin I.B., Orazov M.R., Kharnas S.S. et al. [Pathogenesis of Reproductive Health Disorders in Women Suffering From Morbid Obesity]. *Moskovskiy khirurgicheskiy zhurnal* [Moscow Surgical Journal], 2019, no. 2 (66), pp. 43–52. (in Russ.) DOI: 10.17238/issn2072-3180.2019.2.43-52
11. *Pregravidarnaya podgotovka. Klinicheskiy protokol Mezhdistsiplinarnoy assotsiatsii spetsialistov reproduktivnoy meditsiny (MARS). Versiya 2.0* [Pregravid Preparation. Clinical Protocol of the Interdisciplinary Association of Reproductive Medicine Professionals (MARS). Version 2.0]. Moscow, Status Praesens Publ., 2020. 128 p.
12. Matsneva I.A., Bakhtiyarov K.R., Bogacheva N.A. et al. [Systemic Inflammation and Insulin Resistance in Polycystic Ovary Syndrome]. *Zhurnal nauchnykh statey zdorov'ye i obrazovaniye v XXI veke* [Journal of Scientific Articles Health and Education in the XXI Century], 2018, vol. 20, no. 3, pp. 77–83. (in Russ.) DOI: 10.26787/nydha-2226-7425-2018-20-3-77-83
13. Logvinova O.V., Poydasheva A.G., Bakulin I.S. et al. [Modern Ideas about the Pathogenesis of Obesity and New Approaches to Its Correction]. *Ozhireniye i metabolism* [Obesity and Metabolism], 2018, vol. 15, no. 2, pp. 11–16. (in Russ.) DOI: 10.14341/omet9491
14. Erlikh V.V., Isayev A.P., Nenasheva A.V. et al. Specialized Age and Qualification Characteristics of Effective Adaptation, Selection by Perspective and in Combined Teams in the System of Training a Sports Reserve. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. S1, pp. 32–37. DOI: 10.14529/hsm21s105
15. Baymusayeva A.M., Demeyeva N.M., Cepikkyzy S., Khasenova A.K. [The Course of Pregnancy and Childbirth, Perinatal Outcomes in Obese Women]. *Nauchnyy aspekt* [Scientific Aspect], 2019, vol. 8, no. 1, pp. 940–947. (in Russ.)
16. Chibulayeva E.V. [The Use of Ultrasound Diagnostics in Lipometry and the Relationship of Its Indicators with the Volume of Habitual Motor Activity]. *Materialy XXIII s'yezda fiziologicheskogo obshchestva imeni I. P. Pavlova* [Materials of the XXIII Congress of the Physiological Society named after I.P. Pavlov], 2017, pp. 243–245. (in Russ.)
17. Kolpakov V.V., Tomilova E.A., Bupalova T.V. et al. Chronobiological Assessment of Habitual Physical Activity in Humans in Western Siberia. *Human Physiology*, 2016, vol. 42, no. 2, pp. 203–213. DOI: 10.1134/S0362119716020092
18. Chulkov V.S., Medvedev B.I., Syundyukova E.G., Sashenkov S.L. Erythropoietin, Iron and Erythrocyte Indices in Women with Early- and Late-Onset Preeclampsia. *Pregnancy Hypertension*, 2019, vol. 17, no. S1, p. 10. DOI: 10.1016/j.preghy.2019.08.106
19. Silvestris E., de Pergola G., Rosania R. et al. Obesity as Disruptor of the Female Fertility. *Reprod Biol Endocrinol*, 2018, vol. 16, no. 22. DOI: 10.1186/s12958-018-0336-z
20. Kolpakov V.V., Bupalova T.V., Tomilova E.A. et al. Systemic Analysis: Individual Typological Characteristics of the Human Body. *Human Physiology*, 2011, vol. 37, no. 6, pp. 738–749. DOI: 10.1134/S0362119711050069

21. WHO: Global Database on Body Mass Index. Available at: <https://www.who.int/home/cms-decommissioning> (accessed 7.07.2020).
22. WHO, Preconception Care: Maximizing the Gains for Maternal and Child Health, 2012. Available at: https://www.who.int/maternal_child_adolescent/documents/preconception_care_policy_brief.pdf (accessed 13.10.2020).

Received 10 September 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Индивидуально-типологический подход к коррекции двигательного режима у женщин репродуктивного возраста с избыточной массой тела / А.Л. Райлян, Г.Д. Галиева, Е.А. Томилова и др. // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 95–106. DOI: 10.14529/hsm210412

FOR CITATION

Railyan A.L., Galieva G.D., Tomilova E.A., Kolpakov V.V., Bespalova T.V. An Individual Type-Based Approach to Movement Regime in Overweight Women of Fertile Age. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 4, pp. 95–106. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210412

ДИНАМИКА ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ, ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ, СКОРОСТНО-СИЛОВЫХ И СИЛОВЫХ КАЧЕСТВ СТУДЕНТОК В ТЕЧЕНИЕ ПЕРВОГО ГОДА ОБУЧЕНИЯ

М.С. Авдеева

Вятский государственный университет, г. Киров, Россия

Цель исследования – изучить динамику физического развития, функционального состояния, скоростно-силовых и силовых качеств студенток в течение первого года обучения. **Материалы и методы исследования.** Обследовано более 300 студенток очной формы обучения (Вятский государственный университет, г. Киров) Средний возраст девушек составил $18,35 \pm 0,04$ года в первый год и $20,33 \pm 0,92$ года во второй год обучения. По стандартным методикам исследована динамика физического развития, функционального состояния, скоростно-силовых и силовых качеств. **Результаты.** Установлено, что в течение первого года обучения происходят следующие изменения: увеличивается масса тела, массо-ростовой индекс, мышечная сила правой кисти, время вися на перекладине и количество отжиманий от пола, проба Генчи, уменьшается длина прыжка с места, коэффициент эффективности кровообращения, коэффициент выносливости и систолическое артериальное давление. **Заключение.** Изменения носят положительный характер и свидетельствуют о продолжающихся ростовых процессах. Отрицательные тенденции проявляются в снижении скоростно-силовых качеств, что объясняется избирательной активностью определенных групп мышц.

Ключевые слова: динамика физического развития, функционального состояния, двигательные качества.

Введение. Проблема физического развития и функционального состояния студентов на начальном этапе обучения в вузе является актуальной вследствие ухудшения здоровья молодежи [22]. Это обусловлено снижением двигательной активности [3], уменьшением мотивации к занятиям физическими упражнениями [11], чрезмерным увлечением Интернетом и гаджетами [24], нездоровым пищевым поведением [29], климатическими [4], географическими [7] и экологическими условиями [13], адаптацией к новому образу жизни [17], появлением вредных привычек [21], ухудшением социально-моральных качеств личности [26].

В исследовании [15] показано, что у части студентов функциональное состояние системы кровообращения оценивается как «напряжение механизмов адаптации» из-за приспособления к новым условиям. Это приводит к истощению функциональных резервов организма и может способствовать развитию заболеваний.

Согласно [9], процесс обучения в университете можно рассматривать как один из факторов, негативно влияющих на здоровье молодежи. В исследовании [23] показано, что на

протяжении 1–3-х курсов обучения формируется хронический эмоциональный стресс. Адаптивный оптимум к эмоциональному стрессу появляется только у 40 % испытуемых. У остальных возникают психологические проблемы и расстройства вегетативной нервной системы. В работе [6] показано, что у студентов старших курсов усиливается напряжение механизмов регуляции сердечного ритма.

В литературе при исследовании физического развития студентов в течение первого года обучения получены противоречивые данные об изменении массо-ростового показателя [18, 19, 30]. Также отмечается изменение индекса Рюффье [2] и кистевого жима [20, 25].

При исследовании физической подготовленности студентов [10] были выявлены следующие изменения: уменьшение быстроты, общей и силовой выносливости, скоростно-силовых качеств, ловкости и гибкости. Также в исследовании [20] изменилась длина прыжка с места.

Согласно данным литературы, обучение в вузе негативно влияет на ряд показателей функционального состояния и работоспособности первокурсников: задержка дыхания на выдохе (проба Генча) [2], показатели вариаци-

бельности сердечного ритма [6], максимальное потребление кислорода [27], проба Мартине – Кушелевского [8].

В целом, представленные данные разрозненны, отсутствуют комплексные исследования, включающие оценку физического развития, функционального состояния и физической подготовленности студенток в течение первого года обучения в вузе. Особенно важным нам представляется исследование состояния здоровья студенток в свете последующего выполнения ими репродуктивной функции.

Цель исследования – изучить динамику физического развития, функционального состояния, скоростно-силовых и силовых качеств студенток в течение первого года обучения.

Материалы и методы исследования. Обследовано более 300 студенток очной формы обучения (Вятский государственный университет, г. Киров) в сентябре 2018 г. и октябре 2019 г. Средний возраст девушек составил $18,35 \pm 0,04$ года в первый год и $20,33 \pm 0,92$ года во второй год обучения. На момент исследования никто не предъявлял жалоб на состояние здоровья, все студенты дали добровольное согласие на участие в обследовании. Для реализации системы комплексного обследования мы использовали следующие методы и методики.

Для определения уровня физического развития вычисляли абсолютные и относительные антропометрические и физиометрические показатели с помощью стандартных методов соматометрии, соматоскопии и расчетных методов.

Состояние сердечно-сосудистой системы в условиях покоя оценивали по принятым методикам, измеряя частоту сердечных сокращений (ЧСС) и артериальное давление (АД).

Для оценки состояния респираторной системы с помощью портативного спирометра измеряли жизненную емкость легких (ЖЕЛ, л), проводили пробу Штанге и пробу Генча.

Физическую работоспособность оценивали по максимальному потреблению кислорода (МПК, мл/мин). Также рассчитывали индекс Кердо, коэффициент экономичности кровообращения (КЭК), коэффициент выносливости (КВ) и адаптационный потенциал для оценки адаптации к обучению.

Для определения физической подготов-

ленности оценивали уровень развития основных двигательных качеств в условиях спортивного зала и стадиона.

Результаты исследования подвергнуты статистической обработке методами параметрической статистики в программном пакете Microsoft Excel на компьютере Intel Pentium. Вычисляли среднее арифметическое (M), стандартную ошибку среднего (m), что выражали в тексте и таблицах в виде $M \pm m$. Различия оценивали по критерию Стьюдента (t) для независимых выборок и считали их достоверными при $p < 0,05$ (в тексте обозначено «*»).

Результаты. При исследовании 37 показателей студенток (14 по физическому развитию, 9 по физической подготовленности и 14 по функциональному состоянию и работоспособности), установлены статистически значимые различия по 10 показателям (табл. 1–3).

При исследовании динамики показателей **физического развития** (см. табл. 1) нами установлено, что результаты нашего исследования соответствуют результатам исследования физического развития студенток [12] г. Кирова, результатам исследования 1628 студенток восьми университетов Нижнего Новгорода в 2011–2013 гг. [14], 100 студенток Череповецкого государственного университета в 2010–2011 гг. [1] и более 100 студенток Казанского медицинского университета [5].

Нами установлено, что к началу второго года обучения у студенток увеличилась масса тела, массо-ростовой индекс, мышечная сила правой кисти. Мы объясняем это продолжающимися ростовыми процессами.

Полученные нами данные о повышении массы тела у первокурсниц подтверждают данные литературы, согласно которым девушки прибавили около 1 кг веса в течение первого года обучения в университете [18]. Авторы считают, что критическим периодом в наборе веса студентами является первый семестр [18], объясняя это значительными переменами в жизни [17] и отмечая, что девушки более предрасположены к нездоровому пищевому поведению [28]. В то же время исследование бельгийских студентов показало, что за первые 1,5 года в университете вес и индекс массы тела у девушек не изменился [19, 30]. Полученные нами данные о повышении мышечной силы правой кисти (увеличилась на 1,85 кг) согласуются с данными литературы [19].

Таблица 1
Table 1Физическое развитие студенток
Physical development among female students

Параметры / Parameter	Группа 1 / Group 1			Группа 2 / Group 2		
	n	M	± m	n	M	±m
Длина тела, см / Body length, cm	236	164,26	0,37	271	165,29	0,54
Масса тела, кг / Body weight, kg	237	56,18	0,51	261	58,58*	0,98
Массо-ростовой индекс / Weight-height index	227	341,33	3,22	259	351,37*	3,27
Мышечная сила правой кисти, кг / Right handgrip, kg	335	22,60	0,27	242	23,86*	0,99
Мышечная сила левой кисти, кг / Left handgrip, kg	334	20,65	0,26	242	22,24	1,00
Силовой индекс / Strength index	219	40,75	0,64	236	40,66	1,18
Окружность грудной клетки, в покое, см Chest circumference at rest, cm	343	85,05	0,31	268	85,98	0,79
Окружность грудной клетки, вдох, см Chest circumference (inhale), cm	343	89,61	0,31	268	90,62	0,77
Окружность грудной клетки, выдох, см Chest circumference (exhale), cm	343	83,25	0,28	268	83,62	0,78
Экскурсия грудной клетки / Chest excursion	343	6,36	0,13	268	7,98	0,98
Индекс Эрисмана / Erisman index	217	2,73	0,37	262	3,94	1,07
Индекс Ропера / Rohrer index	216	12,74	0,11	259	13,86	0,96
Индекс Пинье / Pignet index	215	22,99	0,78	258	23,97	1,40
Индекс Кетеле / Quetelet index	215	20,87	0,17	256	22,27	0,94

Примечание. Здесь и в табл. 2, 3 * – различия достоверны, $p < 0,05$.

Note. Here and in table 2, 3 * – differences are significant, $p < 0.05$.

Таблица 2
Table 2Функциональное состояние и работоспособность студенток
Functional status and performance among female students

Параметры / Parameters	Группа 1 / Group 1			Группа 2 / Group 2		
	n	M	± m	n	M	± m
Жизненная емкость легких, мл / Vital capacity, ml	334	2794,75	28,17	259	2872,82	42,75
Жизненный индекс, мл/кг / Vital index, ml/kg	228	49,44	0,78	247	51,52	1,15
Проба Штанге, с / Stange test, s	284	47,82	0,82	256	48,27	1,25
Проба Генчи, с / Gench test, s	278	30,19	0,59	256	32,85*	1,11
Максимальное потребление кислорода, мл/мин Maximum oxygen consumption, ml/min	145	9,75	0,25	257	10,83	0,98
Индекс Кердо / Kerdo index	328	17,17	0,93	229	16,32	1,54
Коэффициент экономичности кровообращения Blood flow efficiency	328	3782,08	58,17	227	3460,19*	68,47
Коэффициент выносливости / Endurance coefficient	328	18,81	0,34	216	15,31*	0,98
Адаптационный потенциал / Adaptive capacity	328	2,25	0,04	219	2,98	0,98
Частота сердечных сокращений, уд./мин Heart rate, bpm	337	81,88	0,65	265	81,23	1,03
Систолическое артериальное давление, мм рт. ст. Systolic blood pressure, mmHg	331	113,87	0,72	229	111,22*	0,96
Диастолическое артериальное давление, мм рт. ст. Diastolic blood pressure, mmHg	331	66,79	0,53	229	68,43	0,96

При исследовании динамики показателей функционального состояния (см. табл. 2) установлено увеличение пробы Генчи. Задержку дыхания на выдохе (проба Генчи) авторы рассматривают как информативный показатель здоровья студентов [9], увеличение пробы Генчи свидетельствует об улучшении работы

респираторной системы. При исследовании состояния ССС нами установлено снижение коэффициента экономичности кровообращения, коэффициента выносливости и систолического АД. При этом КЭЖ и коэффициент выносливости стремятся к физиологической норме.

Физическая подготовленность студенток
Physical fitness among female students

Параметры / Parameters	Группа 1 / Group 1			Группа 2 / Group 2		
	n	M	± m	n	M	± m
Бег 1000 м, с / 1000 m running performance, s	198	5,08	0,07	178	6,12	0,98
Бег 2000 м, мин / 2000 m running performance, min	35	11,95	0,29	28	11,74	0,29
Бег 100 м, с / 100 m running performance, s	24	18,28	0,42	21	18,26	0,42
Бег 30 м, с / 30 m running performance, s	214	5,44	0,05	201	6,39	0,98
Прыжок в длину с места, м / Standing long jump, m	236	164,11	1,32	242	159,67*	1,31
Сгибание и разгибание рук в упоре лежа, раз Push ups, reps	248	9,92	0,47	221	12,59*	1,08
Отжимания в течение 30 с, кол-во раз Sit ups for 30 s, reps	234	22,78	0,72	243	23,07	0,96
Вис на перекладине, с / Dead hang, s	242	8,67	0,65	201	11,41*	1,17
Наклон вперед из положения стоя, см Forward bend, cm	237	12,44	0,63	198	13,01	1,18

Мы считаем, что важную роль в улучшении показателей функционального состояния студенток к началу второго года обучения сыграли поддерживающие занятия физической культурой.

При исследовании динамики показателей физической подготовленности (см. табл. 3) установлено, что к началу второго года обучения у студенток увеличилось время виса на перекладине и количество отжиманий от пола, а длина прыжка с места уменьшилась.

Полученные нами данные согласуются с данными литературы [1] и свидетельствуют о неоднозначной динамике скоростно-силовых и силовых качеств студенток в течение первого года обучения. В частности, об улучшении силовых качеств (сгибание и разгибание рук в упоре лежа и вис на перекладине) и ухудшении скоростно-силовых качеств (прыжок в длину с места) [16]. По нашему мнению, уменьшение такого показателя, как прыжок в длину с места, может быть связано с увеличением массы тела и общим снижением двигательной активности. По мнению [1], это также обусловлено избирательной активностью определенных групп мышц и их способностью к максимальной мощности и скорости: в 17–18 лет эту способность преимущественно проявляют мышцы нижних конечностей, задействованные при выполнении прыжковых упражнений (скоростная сила), а в 20 лет – мышцы живота и спины (силовая выносливость).

Мы не согласны с теми авторами [23], которые рассматривают процесс обучения в университете как фактор, негативно влияющий на

здоровье молодёжи. По нашему мнению, негативное влияние проявляется частично – в снижении скоростно-силовых качеств (уменьшение длины прыжка с места). Положительные тенденции (завершение ростовых процессов и процесса адаптации) подтверждаются ростом к концу первого года обучения силовых качеств (время виса на перекладине и количество отжиманий от пола) и показателей функционального состояния (КЭК, коэффициент выносливости и АД).

Выводы. При комплексном обследовании студенток в течение первого года обучения нами установлено следующее:

1. Динамика физического развития обусловлена продолжающимися ростовыми процессами, что выражается в увеличении массы тела, массо-ростового индекса, мышечной силы правой кисти.

2. Динамика функционального состояния выражается в увеличении пробы Генчи, снижении коэффициента экономичности кровообращения, коэффициента выносливости и систолического АД, что объясняется положительным влиянием регулярных занятий физической культурой в вузе.

3. Динамика скоростно-силовых и силовых качеств носит разнонаправленный характер: время виса на перекладине и количество отжиманий от пола увеличилось, а длина прыжка с места уменьшилась, что объясняется возрастными особенностями избирательной активности определенных групп мышц и их способности к максимальной мощности и скорости.

Литература

1. Артеменков, А.А. Физическое развитие и физическая подготовленность студентов экологически неблагополучного города / А.А. Артеменков // *Экология человека*. – 2012. – № 4. – С. 39–44.
2. Баев, В.М. Адаптация к физической нагрузке и состояние вегетативной нервной системы у молодых женщин с низким артериальным давлением / В.М. Баев, Е.Н. Кудрявцева // *Патолог. физиология и эксперимент. Терапия*. – 2015. – Т. 59, № 4. – С. 97–100.
3. Будук-оол, Л.К. Социально-гигиенические факторы образа жизни студентов / Л.К. Будук-оол // *Гигиена и санитария*. – 2015. – № 5. – С. 95–97.
4. Будук-оол, Л.К. Состояние сердечно-сосудистой системы при адаптации студентов, проживающих в условиях Южно-Сибирского региона / Л.К. Будук-оол, Р.И. Айзман // *Гигиена и санитария*. – 2010. – № 1. – С. 84–87.
5. Зиятдинов, А.И. Разработка стандартов физического развития студентов-медиков на основе исторически сложившихся традиций в регионе / А.И. Зиятдинов, Э.Н. Мингазова // *Современные проблемы науки и образования*. – 2013. – № 6. – <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=11326>
6. Карпенко, Ю.Д. Динамика функционального состояния и адаптационных процессов у студентов / Ю.Д. Карпенко // *Гигиена и санитария*. – 2012. – № 4. – С. 61–63.
7. Кузнецова, Д.А. Особенности заболеваемости подростков, проживающих в разных географических широтах / Д.А. Кузнецова, Е.Н. Сизова, О.В. Тулякова // *Вестник Урал. мед. академ. науки*. – 2013. – № 1. – С. 9–11.
8. Михайлова, С.В. Оценка функционального состояния студентов по результатам степ-теста и пробы Мартине – Кушелевского / С.В. Михайлова, Ю.Г. Кузмичев, Н.В. Жулин // *Здоровье и образование в XXI веке*. – 2016. – № 12. – С. 36–38.
9. Проскуракова, Л.А. Оценка заболеваемости, физического здоровья студентов и формирование самосохранительного поведения / Л.А. Проскуракова, Т.В. Бурнышева // *Проблемы соц. гигиены здравоохранения и истории медицины*. – 2012. – № 3. – С. 15–17.
10. Самсоненко, И.В. Анализ состояния здоровья студентов вуза / И.В. Самсоненко // *Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта*. – 2015. – № 11 (129). – С. 229–232.
11. Современные методики кардио-силового тренинга в физическом воспитании студенческой молодежи / А.Ю. Осипов, М.Д. Кудрявцев, И.Е. Крамида и др. // *Физ. воспитание студентов*. – 2016. – № 6. – С. 34–39. DOI: 10.15561/20755279.2016.0604
12. Сравнение физического развития 17–18-летних девушек в 1996 и 2007 гг. / Е.Н. Сизова, Н.В. Мищенко, С.Н. Родыгина, О.В. Тулякова // *Гигиена и санитария*. – 2010. – № 4. – С. 86–88.
13. Тулякова, О.В. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы и уровень физической работоспособности 7–8-летних детей в условиях аэротехногенного загрязнения / О.В. Тулякова // *Гигиена и санитария*. – 2012. – № 2. – С. 64–67.
14. Физическое развитие студентов высших учебных заведений г. Нижнего Новгорода / Н.А. Матвеева, Н.Г. Чекалова, А.В. Додонов и др. // *Мед. альманах*. – 2015. – № 5 (40). – С. 176–178.
15. Характеристика соматотипа и функционального состояния системы кровообращения студенческой молодежи Северо-Востока России / А.В. Тимофеева, Т.М. Климова, А.Е. Михайлова и др. // *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины*. – 2015. – № 5. – С. 19–22.
16. Assessing muscular strength in youth: usefulness of standing long jump as a general index of muscular fitness / J. Castro-Piñero, F.B. Ortega, E.G. Artero et al. // *Journal of Strength and Conditioning Research*. – 2010. – Vol. 24 (7). – P. 1810–1817. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181ddb03d
17. Changes in weight, physical activity, sedentary behaviour and dietary intake during the transition to higher education: a prospective study / B. Deforche, D. Van Dyck, T. Deliens, I. De Bourdeaudhuij // *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. – 2015. – Vol. 12. – P. 16. DOI: 10.1186/s12966-015-0173-9
18. Changes in weight and body composition during the first semester at university. A prospective explanatory study / T. Deliens, P. Clarys, L. Van Hecke et al. // *Appetite*. – 2013. – Vol. 65. – P. 111–116. DOI: 10.1016/j.appet.2013.01.024
19. Changes in weight, body composition and physical fitness after 1.5 years at university / T. Deliens, B. Deforche, I. De Bourdeaudhuij, P. Clarys // *European Journal of Clinical Nutrition*. – 2015. – Vol. 69 (12). – P. 1318–1322. DOI: 10.1038/ejcn.2015.79
20. Criterion-related validity of field-based muscular fitness tests in youth / E.G. Artero,

V. España-Romero, J. Castro-Piñero et al. // *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. – 2012. – Vol. 52 (3). – P. 263–272.

21. *Effect of the transition from high school to university on anthropometric and lifestyle variables in males* / A.W. Pullman, R.C. Masters, L.C. Zalot et al. // *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. – 2009. – Vol. 34 (2). – P. 162–171. DOI: 10.1139/H09-007

22. *Influence of study in HEE on ubiquity and strength of students' computer gambling* / M. Kudryavtsev, I. Kramida, V. Kuzmin et al. // *Physical education of students*. – 2016. – Vol. 3. – P. 13–22. DOI: 10.15561/20755279.2016.0302

23. *Intersystem integration in terms of the educational process in the initial courses of higher medical school* / D. Marakushin, L. Chernobay, O. Vasylieva, I. Karmazina // *Georgian medical news*. – 2016. – Vol. 256–257. – P. 88–92.

24. *Kudryavtsev, M. Influence of monitor bad habits on healthy lifestyle of students* / M. Kudryavtsev, I. Kramida, A. Osipov // *Theory and Practice of Physical Culture*. – 2016. – Vol. 6. – P. 24–26. – <http://www.teoriya.ru/ru/node/4842>

25. *Muscular fitness and cardiometabolic risk factors among Colombian young adults* / R. Ramirez-Vélez, J.F. Meneses-Echavez, K. González-Ruiz, J.E. Correa // *Nutrición Hospitalaria*. – 2014. – Vol. 30 (4). – P. 769–775. DOI: 10.3305/nh.2014.30.4.7684

26. *Personality oriented system of strengthening of students' physical, psychic and social-moral health* / M.D. Kudryavtsev, Y.A. Kopylov, V.A. Kuzmin et al. // *Physical education of students*. – 2016. – Vol. 3. – P. 43–52. DOI: 10.15561/20755279

27. *Trends in body fat, body mass index and physical fitness among male and female college student* / P. Pribis, C.A. Burtnack, S.O. McKenzie, J. Thayer // *Nutrients*. – 2010. – Vol. 2 (10). – P. 1075–1085. DOI: 10.3390/nu2101075

28. *Schmidt, M. Predictors of self-rated health and lifestyle behaviours in Swedish university student* / M. Schmidt // *Global Journal of Health Science*. – 2012. – Vol. 4 (4). – P. 1–14. DOI: 10.5539/gjhs.v4n4p1

29. *Weight, socio-demographics, and health behaviour related correlates of academic performance in first year university students* / T. Deliens, P. Clarys, I. De Bourdeaudhuij, B. Deforche // *Nutrition Journal*. – 2013. – Vol. 12. – P. 162. DOI: 10.1186/1475-2891-12-162

30. *Zaccagni, L. Body composition and physical activity in Italian university students* / L. Zaccagni, D. Barbieri, E. Gualdi-Russo // *Journal of Translational Medicine*. – 2014 – Vol. 12. – P. 120. DOI: 10.1186/1479-5876-12-120

Авдеева Марина Сейфулаховна, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры физического воспитания, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, д. 36. E-mail: usr11253@vyatsu.ru, ORCID: 0000-0002-6760-7347.

Поступила в редакцию 11 октября 2021 г.

DOI: 10.14529/hsm210413

DYNAMICS OF PHYSICAL DEVELOPMENT, FUNCTIONAL STATUS, SPEED-STRENGTH AND STRENGTH QUALITIES OF STUDENTS DURING THE FIRST YEAR OF STUDY

M.S. Avdeeva, usr11253@vyatsu.ru, ORCID: 0000-0002-6760-7347

Vyatka State University, Kirov, Russian Federation

Aim. The paper aims to identify the dynamics of physical development, speed-strength and strength qualities of female students during the first year of study. **Materials and methods.** 300 full time female students participated in the study (Vyatka State University, Kirov) with the mean age for the first-year year students being 18.35 ± 0.04 years and for the second-year students 20.33 ± 0.92 years. The dynamics of physical development, functional status, speed-strength and strength qualities was identified by means of standard and widely used methods.

Results. The following parameters were improved in the first year of study: body mass, weight-height ratio, strength of the right handgrip, dead hang exercise time, push up (number of reps) and breath holding test performance. The following parameters decreased during the first year: standing long jump performance, blood flow efficiency, endurance coefficient and systolic blood pressure. **Conclusion.** Positive changes were recorded, which confirmed the presence of developmental processes. Negative changes were mostly associated with the decrease of speed-strength qualities, which was explained by selective muscle activity.

Keywords: dynamics of physical development, functional status, motor skills.

References

1. Artemenkov A.A. [Physical Development and Physical Fitness of Students in City with Bad Ecological Characteristics]. *Ecologiya cheloveka* [Human Ecology], 2012, no. 4, pp. 39–44. (in Russ.)
2. Baev V.M., Kudryavtseva E.N. [Adaptation to Physical Load and the State of the Autonomic Nervous System in Young Women with Low Blood Pressure]. *Patologicheskaya fiziologiya i eksperimental'naya terapiya* [Pathological Physiology and Experimental Therapy], 2015, vol. 59, no. 4, pp. 97–100. (in Russ.)
3. Buduk-ool L.K. [Sociohygienic Factors for the Lifestyle in Students]. *Gigiena i Sanitaria* [Hygiene and Sanitation], 2015, vol. 94, no. 5, pp. 95–97. (in Russ.)
4. Buduk-ool L.K., Aizman R.I. [The Cardiovascular System During Adaptation of Students Residing in a South-Siberian Region]. *Gigiena i Sanitaria* [Hygiene and Sanitation], 2010, no. 1, pp. 84–87. (in Russ.)
5. Ziatdinov A.I., Mingazova E.N. [Elaboration of Students-Medics Physical Development Standards Based on Historically Combined Traditions in the Region]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education], 2013, no. 6. (in Russ.)
6. Karpenko Y.D. [Dynamics of Functional Status and Adaptation Processes in Students During Period of Studies in a Higher Education Institution]. *Gigiena i Sanitaria* [Hygiene and Sanitation], 2012, no. 4, pp. 61–63. (in Russ.)
7. Kuznetsova D.A., Sizova H.N., Tulyakova O.V. [Peculiarity of Disease Incidents Among the Teenagers Living in Different Latitudes]. *Vestnik Ural'skoy medicinskoy akademicheskoy nauki* [Journal of Ural Medical Academic Science], 2013, no. 1, pp. 9–11. (in Russ.)
8. Mikhailova S.V., Kuzmichev J.G., Zhulin N.V. [Assessment of Functional Status of Students on the Results of Step-Test and Sample Martin-Kushelevskiy]. *Zdorove i obrazovanie v XXI veke* [Bulletin Health and Education in the XXI Century], 2016, no. 12, pp. 36–38. (in Russ.)
9. Proskuryakova L.A., Burnysheva T.V. [The Evaluation of Morbidity, Physical Health of Students and the Formation of Self-Protecting Behavior]. *Problemy sotsial'noi gigieny i istoriya meditsiny* [Problems of Social Hygiene of Health Care and History of Medicine], 2012, no. 3, pp. 15–17. (in Russ.)
10. Samsonenko I.V. [Analysis of the State of Health of Higher School Students]. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific Notes of the University of P.F. Lesgaft], 2015, no. 11, pp. 229–232. (in Russ.)
11. Osipov A.Y., Kudryavtsev M.D., Kramida I.E. et al. [Modern Methodic of Power Cardio Training in Students' Physical Education]. *Fizicheskoye vospitaniye studentov* [Physical Education of Students], 2016, no. 6, pp. 34–39. DOI: 10.15561/20755279.2016.0604
12. Sizova Y.N., Mishchenko N.V., Rodygina S.N., Tulyakova O.V. [Comparison of the Physical Development of 17–18-Year-Old Girls in 1996 and 2007]. *Gigiena i Sanitaria* [Hygiene and Sanitation], 2010, no. 4, pp. 86–88. (in Russ.)
13. Tulyakova O.V. [The Functional State of the Cardiovascular System and the Level of Physical Performance in 7–8-Year-Old Children Under Aerotechnogenic Pollution]. *Gigiena i Sanitaria* [Hygiene and Sanitation], 2012, no. 2, pp. 64–67. (in Russ.)
14. Matveeva N.A., Chekalova N.G., Dodonov A.V. et al. [Physical Development of Students of Higher Educational Establishments of Nizny Novgorod]. *Medicinskiy almanakh* [Medical Almanac], 2015, no. 5, pp. 176–178. (in Russ.)
15. Timofeieva A.V., Klimova T.M., Mikhailova A.E. et al. [The Characteristic of Somatotype and Functional State of Circulatory System of Student Youth of the Northeast of Russia]. *Problemy sotsial'noi gigieny i istoriya meditsiny* [Problems of Social Hygiene, Health Care and History of Medicine], 2015, vol. 23, no. 5, pp. 19–22. (in Russ.)

16. Castro-Piñero J., Ortega F.B., Artero E.G. et al. Assessing Muscular Strength in Youth: Usefulness of Standing Long Jump as a General Index of Muscular Fitness. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2010, vol. 24, no. 7, pp. 1810–1817. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181ddb03d
17. Deforche B., Van Dyck D., Deliens T., De Bourdeaudhuij I. Changes in Weight, Physical Activity, Sedentary Behaviour and Dietary Intake During the Transition to Higher Education: a Prospective Study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 2015, vol. 12, p. 16. DOI: 10.1186/s12966-015-0173-9
18. Deliens T., Clarys P., Van Hecke L. et al. Changes in Weight and Body Composition During the First Semester at University. A Prospective Explanatory Study. *Appetite*, 2013, no. 65, pp. 111–116. DOI: 10.1016/j.appet.2013.01.024
19. Deliens T., Deforche B., De Bourdeaudhuij I., Clarys P. Changes in Weight, Body Composition and Physical Fitness After 1.5 Years at University. *European Journal of Clinical Nutrition*, 2015, vol. 69, no. 12, pp. 1318–1322. DOI: 10.1038/ejcn.2015.79
20. Artero E.G., España-Romero V., Castro-Piñero J. et al. Criterion-Related Validity of Field-Based Muscular Fitness Tests in Youth. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2012, vol. 52, no. 3, pp. 263–272.
21. Pullman A.W., Masters R.C., Zalot L.C. et al. Effect of the Transition From High School to University on Anthropometric and Lifestyle Variables in Males. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 2009, vol. 34, no. 2, pp. 162–171. DOI: 10.1139/H09-007
22. Kudryavtsev M., Kramida I., Kuzmin V. et al. Influence of Study in HEE on Ubiquity and Strength of Students' Computer Gambling. *Physical Education of Students*, 2016, no. 3, pp. 13–22. DOI: 10.15561/20755279.2016.0302
23. Marakushin D., Chernobay L., Vasylieva O., Karmazina I. Intersystem Integration in Terms of the Educational Process in the Initial Courses of Higher Medical School. *Georgian Medical News*, 2016, vol. 256, no. 257, pp. 88–92.
24. Kudryavtsev M., Kramida I., Osipov A. [Influence of Monitor Bad Habits on Healthy Lifestyle of Students]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2016, no. 6, pp. 24–26. DOI: 10.15561/20755279.2016.0603
25. Ramírez-Vélez R., Meneses-Echavez J.F., González-Ruiz K., Correa J.E. Muscular Fitness and Cardiometabolic Risk Factors Among Colombian Young Adults. *Nutrición Hospitalaria*, 2014, vol. 30, no. 4, pp. 769–775. DOI: 10.3305/nh.2014.30.4.7684
26. Kudryavtsev M.D., Kopylov Y.A., Kuzmin V.A. et al. Personality Oriented System of Strengthening of Students' Physical, Psychic and Social-Moral Health. *Physical Education of Students*, 2016, no. 3, pp. 43–52. DOI: 10.15561/20755279
27. Pribis P., Burtneck C.A., McKenzie S.O., Thayer J. Trends in Body Fat, Body Mass Index and Physical Fitness Among Male and Female College Students. *Nutrients*, 2010, vol. 2, no. 10, pp. 1075–1085. DOI: 10.3390/nu2101075
28. Schmidt M. Predictors of Self-Rated Health and Lifestyle Behaviours in Swedish University Students. *Global Journal of Health Science*, 2012, vol. 4, no. 4, pp. 1–14. DOI: 10.5539/gjhs.v4n4p1
29. Deliens T., Clarys P., De Bourdeaudhuij I., Deforche B. Weight, Socio-Demographics, and Health Behaviour Related Correlates of Academic Performance in First Year University Students. *Nutrition Journal*, 2013, vol. 12, p. 162. DOI: 10.1186/1475-2891-12-162
30. Zaccagni L., Barbieri D., Gualdi-Russo E. Body Composition and Physical Activity in Italian University Students. *Journal of Translational Medicine*, 2014, vol. 12, p. 120. DOI: 10.1186/1479-5876-12-120

Received 11 October 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Авдеева, М.С. Динамика физического развития, функционального состояния, скоростно-силовых и силовых качеств студенток в течение первого года обучения / М.С. Авдеева // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 107–114. DOI: 10.14529/hsm210413

FOR CITATION

Avdeeva M.S. Dynamics of Physical Development, Functional Status, Speed-Strength and Strength Qualities of Students During the First Year of Study. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 4, pp. 107–114. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210413

УПРАВЛЯЮЩИЕ И РЕГУЛИРУЮЩИЕ МЕХАНИЗМЫ МОДЕЛЕЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ СПЕЦИАЛЬНОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СПОРТСМЕНОВ В БЛОКАХ МНОГОЛЕТНЕЙ ПОДГОТОВКИ

**А.П. Исеев¹, В.И. Заляпин¹, А.В. Шевцов², Ю.Б. Кораблева¹,
А.И. Ненашев¹, А.С. Ушаков¹**

¹Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия,

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

Цель – проанализировать роль и значение двигательной системы в развитии успешной спортивной деятельности. **Организация и методы исследования.** В исследовании приняли участие 167 спортсменов циклических видов спорта и 126 – противоборств (в возрасте 18–21 года) высокой спортивной квалификации (КМС, МС). Применялись следующие методы исследования: SCHILLER Cardiovit AT-104 PC, стабилметрическая платформа, неинвазивный системный анализатор АМП, ферментно-иммунная экспресс-лаборатория, спектр иммунологических составляющих, оценка периферических показателей крови юных спортсменов, нейрхронометр, анализатор Tanita, Нейрософт, компьютерная система «Кентавр». **Результаты.** Анализ статокINETической устойчивости в плоскостях обнаружил отклонения общего центра давления во фронтальной и сагиттальной плоскостях, обусловленные сменой стоек положений в условиях противоборств. В циклических видах спорта выявлены зависимости позного бега, высоты посадок в связи с повышенной частотой и ускоряющими фазами отталкивания. Установлена связь между амплитудно-частотными характеристиками и рангами спортивного мастерства. **Заключение.** Роль двигательной системы в условиях подготовки спортивного резерва изменяется в связи с необходимостью научного обоснования применяемых нагрузок, возрастными особенностями морфофункциональной адаптации, индивидуализацией и персонализацией.

Ключевые слова: специальная двигательная функциональная система, гиперкаппия, блоки подготовки, сокращение и расслабление мышц.

Введение. Мышечная система, базируемая на соединительной ткани, обладает многочисленными степенями свободы двигательных действий (ДД), обусловленных успешной результативностью. Двигательная система (ДС) представляет собой комплекс последовательных ДД, их функционального обеспечения, включающих импульсы, совокупность рецепторов, сопряженных рефлексов, мотонейронов, стволовых и корковых областей мозга. Силоприложения в биомеханике, психофизиологии, процессах математического анализа многомерных регрессий, групповых и индивидуально-персональных моделей сильнейших спортсменов, логики мышления, системно-синергетических процессов, алгоритмов машинного обеспечения, моделей распределения Дирихле, ускорения в пространстве и времени гравитационных, баллистических ДД обуславливают механизмы управления в спортивной подготовке.

Внедрение новых программ спортивной подготовки, технологий обуславливает меха-

низмы функциональных проявлений, создания двигательного, пластического стереотипа, динамично смещающихся специальных функциональных систем (СФС) [8, 11, 14, 19, 20, 29].

Организация и методы исследования. В базовом блоке подготовки обследовались 167 спортсменов циклических видов спорта и 126 – противоборств (в возрасте 18–21 года) высокой спортивной квалификации (КМС, МС).

Измерительные устройства включали: систему SCHILLER Cardiovit AT-104 PC (Швейцария) (эргоспирометрия, совместимая с 12 отведениями (ЭКГ), стабилметрическую платформу (МБН, РФ) – оценку статокINETической устойчивости (СКУ), неинвазивный системный анализатор АМП (Украина), портативную ферментно-иммунную экспресс-лабораторию, спектр иммунологических составляющих, оценку периферических показателей крови юных спортсменов (Россия), нейрхронометр (РФ). Композиции состава тела осуществлялись с помощью оценки биоимпеданса на анализаторе Tanita (Япония), регист-

рация ЭНМГ, ЭЭГ – «Нейрософт» (РФ) [11, 14]. Показатели центральной и периферической гемодинамики оценивались биоимпедансной установкой фирмы «Микролюкс» на основе компьютерной системы «Кентавр» (РФ).

Результаты исследования и их обсуждение. Стабилометрические показатели обследовали в 6 положениях пострального контроля в условиях визуального восприятия и депривации зрения, колебания площади статокинезиограммы (СТГ) соответственно равнялись 87–89 мм² и 116–162 мм², показателя стабильности – от 88 до 91 %, индекса устойчивости – от 23 до 35 у. е., динамического компонента равновесия – 65–80 %. Коэффициент Ромберга варьировал, составляя 193,26 ± ± 20,98 %. Можно полагать, что показатели СКУ находились в диапазоне баланса и колебаний стабильности, устойчивости, равновесия и неравновесного состояния СКУ. Мобилизация звеньев СФС на заключительном этапе соревновательной подготовки начинается с клеточных факторов, выходящих за референтные границы (митоза) [7, 11]. Значения разброса показателей СКУ обуславливают уровни ее устойчивости, а в случаях нарушения управляющих и регулирующих факторов отмечаются сдвиги сенсомоторных показателей, требующих предотвращения накопления аллоstaticкого груза и «расшатывания» звеньев СФС.

Индексы постурологического контроля в моделях спортсменов высокой квалификации представлены в табл. 1.

Представленные показатели характеризуют уровни приближающихся к моделям спортсменов высшей квалификации [15, 22]. Полученные данные требуют уточнения функций пусковой, проводящей, управляющей, регулирующей звенья двигательных СФС. Они в свою очередь ведут к эффективной адаптации, успешной дифференцированной спортивной и соревновательной результа-

тивности. Это позволяло своевременно решать задачи достижения нового уровня соревновательной результативности. Подготовка и участие в 3–4 социально значимых соревнованиях требует создания адекватных звеньев СФС. Объем и интенсивность ДД соответственно снижались на 50 и 60 % в течение 3–5 дней, происходило формирование новой СФС.

Звенья СФС: площадь СТГ в основной стойке, коэффициент Ромберга и выше представленные параметры в (табл. 1) характеризуют влияние факторов СКУ на спортивный результат. Анализ СКУ в плоскостях обнаружил отклонения общего центра давления (ОЦД) во фронтальной и сагиттальной плоскостях, обусловленные сменой стоек, положений в условиях противоборств. В циклических видах спорта выявлены зависимости позного бега, высоты посадок в связи с повышенной частотой и ускоряющими фазами отталкивания [1].

В более ранних исследованиях [11] показаны многолетние исследования возрастных сенсомоторных реакций, профили психофизиологических звеньев, энергетического и двигательного компонентов подготовленности дзюдоистов 12–21 года спортивной квалификацией массовых разрядов, КМС и МС (n = 150).

В табл. 2 представлены электронейромиографические звенья противоборцев в состоянии расслабления и напряжения на специально-подготовительном этапе (СПЭ).

Из табл. 2 следует, что в условиях расслабления и напряжения преобладают показатели правой стороны, свидетельствующие об асимметрии мышц. Установлена связь между амплитудно-частотными характеристиками и рангами спортивного мастерства (РСМ) [6, 11]. С ростом РСМ совершенствуется саморегуляция с повышением спортивной квалификации [3, 4, 10, 17, 21].

Таблица 1
Table 1

Показатели стабильности в позе – основная стойка спортсменов высокой квалификации
(n = 126, M ± m)
Postural balance in highly skilled athletes in a two-legged stance

Индекс равновесия, у. е. Balance index, c. u.	Индекс устойчивости, у. е. Stability index, c. u.	Динамический компонент равновесия, у. е. Dynamic component, c. u.	Коэффициент Ромберга, у. е. Romberg coefficient, c. u.	Показатель функциональной стабильности, % Functional stability, %
6,85 ± 0,06	33,91 ± 1,50	67,50 ± 3,18	193,91 ± 25,80	94,57 ± 5,37

Таблица 2
Table 2Электронейромиографические показатели дзюдоистов и кикбоксеров в покое и напряжении
Electroneuromyographical measurements of judo athletes and kickboxers at rest and contraction
(n = 35, M ± m)

Мышцы Muscles	Покой – расслабление / At rest			Средняя амплитуда, мкВ Mean amplitude, mkV			Средняя амплитуда, л/с Mean amplitude, l/s			Суммарная амплитуда / частота, мкВ · с Total amplitude / frequency, mkV · s		
	Max амплитуда, мкВ Max amplitude, mkV	Средняя амплитуда, мкВ Mean amplitude, mkV	Суммарная амплитуда, мкВ/с Total amplitude, mkV/s	Средняя амплитуда, л/с Mean amplitude, l/s	Суммарная амплитуда, мкВ/с Total amplitude, mkV/s	Средняя амплитуда, л/с Mean amplitude, l/s	Суммарная амплитуда / частота, мкВ · с Total amplitude / frequency, mkV · s					
Бiceps / M. biceps brachii – правая / right – левая / left	199,00 ± 25,64 3824,20 ± 654,20	138,12 ± 24,89 1101,16 ± 79,99	32,15 ± 9,65 382,94 ± 28,72	192,34 ± 27,16 326,42 ± 30,12	1,04 ± 0,09 17,84 ± 1,72							
	Трицепс / M. triceps brachii – правая / right – левая / left	168,12 ± 24,16 2800,98 ± 137,42	126,38 ± 14,49 449,98 ± 24,68	12,85 ± 1,98 160,92 ± 15,46	85,80 ± 12,70 340,42 ± 35,28	1,96 ± 0,14 8,23 ± 0,94						
Медиальная широкая мышца бедра / M. vastus medialis – правая / right – левая / left		124,12 ± 21,23 852,28 ± 74,29	198,96 ± 27,12 200,97 ± 27,62	6,92 ± 2,15 36,92 ± 7,49	51,05 ± 8,89 160,01 ± 19,02	2,35 ± 0,11 5,33 ± 0,78						
	Межреберье / M. intercostalis – правая / right – левая / left	292,04 ± 32,16 1209,22 ± 246,32	114,05 ± 24,72 270,96 ± 12,36	2,12 ± 0,74 70,34 ± 15,67	7,86 ± 1,86 179,02 ± 15,92	38,63 ± 2,14 6,75 ± 0,89						
Икроножная мышца M. gastrocnemius – правая / right – левая / left		116,92 ± 29,15 1324,40 ± 92,44	121,24 ± 17,92 269,20 ± 27,90	7,95 ± 2,64 95,04 ± 14,57	68,30 ± 9,28 314,98 ± 28,39	1,71 ± 0,67 2,34 ± 0,58						
	Большая ягодичная мышца M. gluteus maximus – правая / right – левая / left	590,20 ± 39,89 600,00 ± 142,32	155,27 ± 18,25 157,12 ± 47,14	80,00 ± 7,36 22,00 ± 5,60	56,98 ± 10,86 68,24 ± 16,22	10,46 ± 1,08 8,79 ± 1,26						
Широкая мышца спины M. latissimus dorsi – правая / right – левая / left		1014,20 ± 215,00 875,46 ± 103,02	235,42 ± 37,00 116,22 ± 18,98	48,03 ± 9,82 10,52 ± 9,96	186,02 ± 26,92 79,12 ± 13,60	5,45 ± 0,27 2,25 ± 0,75						
	Большая грудная мышца M. pectoralis major – правая / right – левая / left	407,20 ± 39,12 420,90 ± 29,34	142,15 ± 13,47 136,42 ± 15,86	13,94 ± 3,16 16,07 ± 2,84	80,20 ± 9,16 61,00 ± 5,98	5,08 ± 0,84 6,90 ± 0,98						

Окончание табл. 2
Table 2 (end)

Мышцы Muscles	Мак амплитуда, мкВ Max amplitude, mkV		Средняя амплитуда, мкВ Mean amplitude, mkV		Суммарная амплитуда, мкВ/с Total amplitude, mkV/s		Средняя амплитуда, л/с Mean amplitude, l/s		Суммарная амплитуда / частота, мкВ · с Total amplitude / frequency, mkV · s	
	Произвольное напряжение мышц / At contraction									
Бицепс. / M. biceps brachii – правая / right – левая / left	6827,04 ± 894,42	5980,20 ± 698,34	1107,42 ± 256,72	929,64 ± 135,23	382,98 ± 46,72	347,40 ± 59,65	327,42 ± 37,76	345,86 ± 39,45	20,88 ± 2,80	17,28 ± 2,13
	2812,10 ± 237,92	2380,00 ± 224,14	442,80 ± 39,42	370,90 ± 33,86	162,12 ± 27,86	124,14 ± 23,12	342,62 ± 39,46	325,80 ± 26,42	8,20 ± 1,14	7,30 ± 1,10
Медиальная широкая мышца бедр / M. vastus medialis – правая / right – левая / left	857,10 ± 174,12	620,80 ± 137,29	203,20 ± 24,94	178,20 ± 19,98	39,40 ± 7,09	35,24 ± 5,98	163,00 ± 18,96	176,12 ± 21,92	5,26 ± 0,79	9,53 ± 0,42
	1438,02 ± 242,32	1274,92 ± 198,64	288,00 ± 45,98	230,98 ± 92,69	70,05 ± 15,67	50,10 ± 12,68	180,84 ± 25,40	189,66 ± 26,10	7,94 ± 0,94	6,71 ± 0,88
Икроножная мышца M. gastrocnemius – правая / right – левая / left	1576,12 ± 249,26	1349,26 ± 214,22	306,20 ± 34,52	279,26 ± 28,14	124,30 ± 19,62	99,82 ± 14,36	368,29 ± 38,36	344,72 ± 44,16	4,28 ± 0,67	3,90 ± 0,52
	597,10 ± 129,42	590,00 ± 118,66	157,20 ± 18,25	184,62 ± 17,12	80,00 ± 5,32	54,98 ± 4,96	59,98 ± 9,86	66,27 ± 11,92	9,95 ± 1,02	8,94 ± 0,98
Широчайшая мышца спины M. latissimus dorsi – правая / right – левая / left	1014,60 ± 105,76	900,00 ± 88,62	235,60 ± 29,32	197,28 ± 20,15	48,30 ± 10,38	39,22 ± 7,98	187,00 ± 28,32	174,98 ± 20,12	5,43 ± 0,72	5,14 ± 0,69
	1085,00 ± 107,22	1030,62 ± 100,14	202,40 ± 23,64	189,20 ± 19,42	37,54 ± 8,22	55,22 ± 12,13	72,00 ± 11,62	89,02 ± 13,44	15,07 ± 1,98	11,58 ± 1,12

Кибернетика мышц показана в трудах А. Хилла [15], П.К. Анохина [2], Н.А. Бернштейна [3], Л.В. Чхаидзе [16], Дж.Х. Уилмора и соавт. [13], К.В. Судакова и соавт. [12], А.Д. Мак-Комаса [9].

При переходе к интеллектуальному, цифровому анализу процессов, действий с применением логистики, синергетики, системологии, оценочной деятельности механизмов двигательной и СФС можно применять позитивные результаты в проектировании систем и новых технологий. Функции нейронных сетей мозга проектируют программное обеспечение многопрофильных регрессий, распределения Дирихле и использования алгоритма машинного обучения Random Forest [5].

Разработанные классификации по видам спорта, тотальным размерам тела, весовым категориям, специализациям позволят частично разрешить нормативные вопросы, а при введении категорий математических отношений смогут дифференцировать функции разброса, биоструктур управления и регуляции функций оценочной деятельности. Процессы, механизмы и интерпретации адаптации ДС требуют уточнений.

Двигательной системе отводится ведущее значение в пусковой, опорной, восстановительной, управляющей и регулирующей звеньев СФС. Двигательная система формирует динамические стойки, силоприложение, ускорение, поздние локомоции, статокинетическую и гипоксическую устойчивость, динамичность позвоночника, упруго-вязкие свойства соединительной ткани (мышцы, связки, сухожилия, изгибы позвоночника [21]). Роль двигательной системы в условиях подготовки спортивного резерва изменяется в связи с необходимостью научного обоснования применяемых нагрузок, возрастными особенностями

морфофункциональной адаптации, индивидуализацией и персонализацией [6]. Выявляются нейрофизиологические предикторы управления спортивной работоспособности [23, 26]. Биоэнергетическое обслуживание, постурологический контроль, иммунологический надзор обеспечивают успешную спортивную результативность в условиях пиковой фазы адаптации, динамического стереотипа двигательной СФС. Обнаружены возрастные и квалификационные компоненты реакции борцов: двигательный, энергетический, психологический, нейродинамический.

Нами регистрировались величины реакций при мощности сигнальных раздражителей: минимального 70 Гц и 2 люкса, максимального – 120 Гц и 5 люкс. Каждый спортсмен выполнял в задании по 10 попыток.

В табл. 3 иллюстрированы данные, полученные под воздействием максимальных раздражителей.

Изучение сенсомоторных реакций в зависимости от возрастных и квалификационных характеристик позволяет высказать суждение о приспособительных изменениях. Скорость в дзюдо имеет особое значение. Литература и наши экспериментальные данные показали, что самбисты и дзюдоисты медленнее реагируют на звуковые и световые сигналы, но имеют более быструю реакцию на прикосновение (тактильный раздражитель). Известно, что высокоразвитым ощущением и восприятием можно определить изменения напряжения мышц, перемещение центра тяжести соперника и таким образом предугадать его намерения.

Нейродинамический компонент функциональной готовности диагностировался сенсомоторными реакциями выбора, которые достигали высокого диапазона к 18–21 году.

Таблица 3
Table 3

Латентный период сенсомоторных реакций борцов
в процессе многолетнего спортивного совершенствования
Latency of sensorimotor responses in martial arts athletes
during multiyear performance enhancement activities

	Возраст, лет / Age, years					
	12–13	14–15	16–17	18–19	20–21	21 и >
Раздражители Irritant	С: 3: Т	С: 3: Т	С: 3: Т	С: 3: Т	С: 3: Т	С: 3: Т
Показатели Indicators M ± m	198:188:160 26,0:23,0:19,0	182:176:146 18,0:20,0:15,0	168:18:136 21,0:19,0:16,0	158:142:122 20,0:17,0:12,0	154:140:118 16,0:15,0:9,0	152:142:119 14,0:12,0:8,0

Примечание. С – световой, 3 – звуковой, Т – тактильный раздражители.

Note. С – light, 3 – sound, Т – touch.

Физиология

Профиль психического и нейродинамического компонентов человека в спорте не столь вариативен. К 14–15 годам он приближается к уровню взрослого человека и несколько возрастает к 18–19 годам (рис. 1, 2).

Энергетический компонент подготовленности оценивается по длительности и амплитуде зубцов ЭКГ и АД, которые доминируют с 12 до 16 лет в период развития общей выносливости спортсменов (см. рис. 2). Комментируя данные рис. 2, можно заключить, что адаптоспособность энергетического компонента формируется к 16–17 годам.

Двигательный компонент подготовленности (общемоторный) с ростом ранга спортивного мастерства спортсмена снижается (вариативно-стабильно) от 12 до 18 лет. После 18 лет наблюдается стабилизация общемоторного компонента борцов, находящегося на целесообразном уровне достижения высокой результативности (рис. 3).

Комментируя полученные данные, следует заключить, что формирование и совершенствование энергетического компонента ПФП борца целесообразно завершить к 16–17 годам. Двигательный компонент готовности

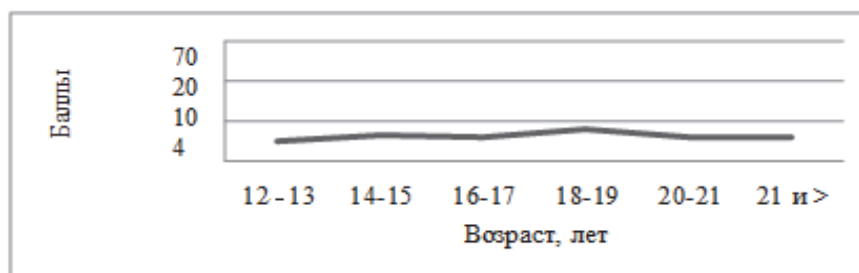


Рис. 1. Профиль психического и нейродинамического компонентов
Fig. 1. Mental and neurodynamic components

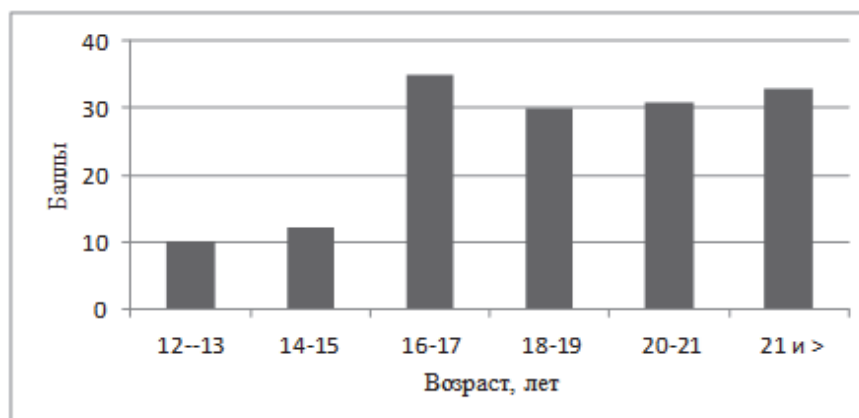


Рис. 2. Энергетический компонент подготовленности в разном возрасте
Fig. 2. The energy component of physical fitness depending on age

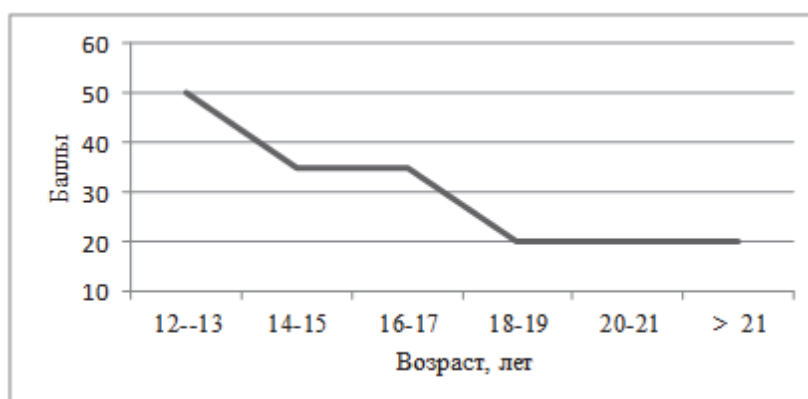


Рис. 3. Двигательный компонент подготовленности
Fig. 3. The motor component of physical fitness

оценивался по времени переработки информации и принятия решения на психомоторном стенде нашей инструкции, динамики темпа движений за 5, 10, 60 с и устойчивости удобного темпа, антропометрических показателей и точности реакции выбора руками и ногами; сокращается временная разность в реагировании руками и ногами; улучшается точность действий в реакциях на засечение цели.

Таким образом, в результате исследований изученные показатели были дифференцированы на ряд направлений. Психический компонент оценивался по результатам выполнения корректурных проб, ошибок в РДО, латентного периода сенсомоторных реакций и количества дифференцировок, а также тремора.

Выявлены взаимосвязи среднего арифметического рангов тестов физической подготовленности борцов с рангом их выступления на соревнованиях: 13–14 лет ($r = 0,86$, $P \leq 0,01$); 15–16 лет ($r = 0,78$, $P \leq 0,01$); 17–18 лет ($r = 0,89$, $P \leq 0,01$). Следовательно, связи проявлялись высокой силы с некоторым снижением и повышением зависимости от квалификации и возраста спортсменов. Интерес представил выборочный расчет зависимости рангов выступлений на соревнованиях от среднего арифметического рангов скоростно-силовых качеств ($r = 0,56$, $P \leq 0,01$), быстроты ($r = 0,50$, $P \leq 0,05$). Итак, успех борцов на соревнованиях зависит от скоростно-силовых качеств и быстроты, которые наряду с хорошим функциональным состоянием, технико-тактической подготовленностью влияют интегративно на спортивную результативность в борьбе. Перечисленные корреляционные зависимости представляют несомненный интерес для спортивных педагогов. Впервые в отечественной практике выявлены высокой силы связи, формализованные характеристики ДД, качественные оценки технических действий с параметрами ПФП дзюдоистов. Взаимопроверка отдельных методик подтвердила возможность их применения в практике спортивной борьбы.

Таким образом, ранг выступления на соревнованиях имеет стабильные связи со средним арифметическим рангом отдельной группы тестов. Это позволяет сделать вывод о том, что на спортивный результат влияет не одно какое-либо качество, а их комплексные проявления.

Мышцы, обуславливающие ДД в пространстве и времени, обладают способностью сокращаться и проводить различные движе-

ния. Физиология ОДА включает двигательные нейроны и двигательные единицы, обеспечивающие механизмы звеньев СФС, и определяет как энергию затрат на ДД к выработанной энергии, умноженной на 100. Развивается теория динамических систем в спорте [28], модели прогноза в спорте [18, 24, 25].

Основу двигательной системы составляют мышцы – 52–54 % от массы тела, которые определяют базовые управляющие процессы ДД в условиях субмаксимальной ДД в спорте. Масса мышц обуславливает ключевое место ДС в энергообеспечивающих, управляющих, регулирующих и контролирующих процессах, а звенья динамичной СФС в условиях ДД в разных фазах адаптации, начиная от поисковой до пиковой [6, 11, 27].

В процессе долговременной адаптации двигательной СФС формируется пластичный, динамический, двигательный стереотип. Роль ДС в спорте базируется на совокупности импульсов, мотонейронов, митохондрий, белковых интеграций, рецепторов, рефлексов, производящих двигательный интеллект, устойчивое развитие, управление, саморегуляцию в звеньях СФС.

«Думающие мышцы» не только создают двигательный образ действий, но и опережающе проектируют механизмы адаптации вплоть до пиковой фазы, определяющей наивысшие результаты, ускоренного восстановления и формирования новой СФС, решают целесообразные задачи и сопутствуют мотивации спортсмена. Многогранное управление двигательной СФС формирует пластичность динамического стереотипа ДД. Тайная мудрость организма, секреты физиологии, управляющие и регулирующие двигательной СФС, позволят получить механизмы индивидуализации и персонификации ДС спортсменов для выхода на уровень новых достижений [10].

Представляется возможным, что целесообразная интеграция индивидуальных формализованных характеристик системы спортивной подготовки и звеньев двигательного стереотипа динамичной СФС обуславливают не только спортивную результативность, СКУ, гипоксическую устойчивость, силоприложение, ускорение, биологическую надежность. Формируется целостный механизм моделей динамичных двигательных систем и звеньев СФС высококвалифицированных спортсменов с принципами индивидуализации персонификации, особенностями свойств нервной

системы, пластичности и устойчивости в условиях последовательно целесообразных преобразований [5, 11].

Заключают цикл моделей уравнение многомерной регрессии, интегральный рейтинговый показатель модели распределения Дирихле, алгоритм машинного обучения Random Forest для прогнозирования ритма и проводимости сердца по данным постурологического контроля и персонифицированные модели состояния и подготовленности двигательной СФС [5, 22].

Таким образом, заключается цикл моделей, обуславливающих критерии, резервы, прогнозы развития, достижения устойчивого состояния и успешной спортивной результативности.

Литература

1. Анисимова, Е.А. Инновационная методика спортивной подготовки бегунов на средние дистанции / Е.А. Анисимова // Теория и практика физ. культуры. – 2011. – № 2. – С. 69–71.
2. Анохин, П.К. Очерки по физиологии функциональных систем: моногр. / П.К. Анохин. – М.: Медицина, 1975. – 448 с.
3. Бернштейн, Н.А. Избранные труды по биомеханике и кибернетике / Н.А. Бернштейн. – М.: СпортАкадемПресс, 2001. – 296 с.
4. Билич, Г.Л. Анатомия и физиология: большой популярный атлас / Г.Л. Билич, Е.Ю. Зигалова. – М.: ЭКСМО, 2020. – 272 с.
5. Заляпин, В.И. Статистический анализ функционального состояния спортсменов-ориентировщиков / В.И. Заляпин, А.П. Исаев // Вестник ЮУрГУ. Серия «Математическое моделирование и программирование». – 2017. – Т. 4, № 1. – С. 67–68.
6. Запредельные реакции, резервные возможности, шкалы и персональные характеристики функциональной системы подростков-спортсменов / А.В. Шевцов, Д.О. Малеев, А.П. Исаев, Ю.Б. Кораблева // Человек. Спорт. Медицина. – 2020. – Т. 20, № S2. – С. 7–12.
7. Исаев, А.П. Локально-региональная мышечная выносливость в системе подготовки и адаптации бегунов и лыжников-гонщиков в условиях равнины и среднегорья: моногр. / А.П. Исаев, В.В. Эрлих, В.Б. Ежов. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2014. – 286 с.
8. Леманн-Хорн, Ф. Двигательные системы / Ф. Леманн-Хорн // в кн.: Физиология человека с основами патофизиологии; пер. с нем. М.А. Калининой; под ред. Р.Ф. Шмидта. – М.: Лаборатория знаний, 2019. – 537 с.
9. Мак-Комас, А.Дж. Скелетные мышцы: моногр. / А.Дж. Мак-Комас. – Киев: Олимп. лит., 2001. – 406 с.
10. Рафф, Г. Секреты физиологии: пер. с англ. / Г. Рафф. – М.; СПб.: Изд-во Бином: Невский диалект, 2001. – 448 с.
11. Система подготовки спортивного резерва: возрастные особенности эффективной адаптации и сохранности здоровья подростков / А.П. Исаев, В.В. Эрлих, А.В. Шевцов, Д.О. Малеев. – СПб.: Политех-Пресс, 2018. – 579 с.
12. Судаков, К.В. Физиология. Основы и функциональные системы: курс лекций / под ред. К.В. Судакова. – М.: Медицина, 2000. – 784 с.
13. Уилмор, Дж.Х. Физиология спорта и двигательной активности / Дж.Х. Уилмор, Д.Л. Костилл; пер. с англ. – Киев: Олимп. лит., 1997. – 504 с.
14. Фундаментальные и прикладные аспекты адаптоспособности, реактивности, резистентности и регуляции организма спортсменов в системе спортивной подготовки (питание, пищеварение, восстановление и энергообеспечение): моногр. / Р.Я. Абзалов, А.С. Аминов, Э.Ф. Баймухаметова и др.; под ред. А.П. Исаева, В.В. Эрлиха. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2017. – 854 с.
15. Хилл, А. Механика мышечного сокращения. Старые и новые опыты / А. Хилл; пер. с англ. Ю.А. Шаропова; под ред. и с предисл. акад. Г.М. Франка. – М.: Мир, 1972. – 175 с.
16. Чхаидзе, Л.В. Проблемы центральной регуляции структуры двигательных навыков человека / Л.В. Чхаидзе // Теория и практика физ. культуры. – 1966. – № 16. – С. 15–71.
17. Янда, В. Функциональная диагностика мышц / В. Янда – М.: ЭКСМО, 2010. – 352 с.
18. Abut, F. Machine learning and statistical methods for the prediction of maximal oxygen uptake: recent advances / F. Abut // Medical Devices. – 2015. – Vol. 8. – P. 369.
19. Balagué, K. Sport science integration: an evolutionary synthesis / K Balagué // European Journal of Sport Science. – 2016. – No. 1 (17). – P. 51–62.

20. Cowen, A.P. *The Psychology of Dynamic Balance and Peak Performance in Sport: Correction Theory* / A.P. Cowen, M.S. Nesti, M. Cheetham // *Quest*. – 2014. – Vol. 66, no. 4. – P. 421–432.
21. Donatelli, R. *Sports – specific rehabilitation* / R. Donatelli. – U.S.A., 2007. – 336 p.
22. Isaev, A.P. *Sport Training Individualization: State, Problems and Advanced Solutions* / A.P. Isaev, V.V. Erlikh, V.V. Rybakov. – Germany: Nomos, 2017. – 278 p.
23. Kohman, R.A. *Neurogenesis, inflammation and behavior* / R.A. Kohman // *Brain, behavior and immunity*. – 2013. – Vol. 27. – P. 22–32.
24. Lennartsson, J. *Probabilistic modeling in sports, finance and weather* / J. Lennartsson. – 2014. – 28 p.
25. Papić, V. *Expert system for identification of sport talents: Idea, implementation and results*. INTECH Open Access Publisher / V. Papić, N. Rogulj, V. Pleština. – 2011. – P. 25.
26. Park, I.S. *Regional cerebellar volume reflects static balance in elite female short-track speed skaters* / I.S. Park // *Int. J. Sports Med*. – 2012. – Vol. 9. – P. 15.
27. Reichman, H. *Biochemical and ultra-structural changes of skeletal muscle mitochondria after chronic electrical stimulation in rabbits* / H. Reichman, H. Hoppeler, O. Mathieu-Costello // *Pflügers Archiv – European Journal of Physiology*. – 1985. – Vol. 404. – P. 1–9.
28. Seifert, L. *Inter-limb coordination and energy cost in swimming* / L. Seifert // *Journal of Science and Medicine in Sport*. – 2014. – Vol. 17, iss. 4. – P. 439–444.
29. Yates, F.E. *Self-Organizing Systems: The Emergence of Order* / E.F. Yates. – Springer Science & Business Media, 2012. – 661 p.

Исаев Александр Петрович, заслуженный деятель науки РФ, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры теории и методики физической культуры и спорта Института спорта, туризма и сервиса, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. ORCID: 0000-0003-2640-0240.

Заляпин Владимир Ильич, кандидат физико-математических наук, профессор кафедры математического анализа и методики преподавания математики, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: zaliapinvi@susu.ru, ORCID: 0000-0001-6981-6305.

Шевцов Анатолий Владимирович, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой физической реабилитации, Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта. 190121, г. Санкт-Петербург, ул. Декабристов, 35. E-mail: sportmedi@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9878-3378.

Кораблева Юлия Борисовна, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник научно-исследовательского центра спортивной науки, преподаватель кафедры спортивного совершенствования Института спорта, туризма и сервиса, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: julya-74@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-2337-3531.

Ненашев Александр Игоревич, студент кафедры теории и методики физической культуры и спорта Института спорта, туризма и сервиса, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: genri50374@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6881-8963.

Ушаков Александр Сергеевич, преподаватель кафедры теории и методики физической культуры и спорта, ассистент кафедры физического воспитания и здоровья Института спорта, туризма и сервиса, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: ushakovas74@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7591-3678.

Поступила в редакцию 1 октября 2021 г.

CONTROL AND REGULATING MECHANISMS OF A SPECIAL FUNCTIONAL MOTOR SYSTEM IN ATHLETES DURING THE MULTIYEAR TRAINING PERIOD

A.P. Isaev¹, ORCID: 0000-0003-2640-0240,
V.I. Zalyapin¹, zaliapinvi@susu.ru, ORCID: 0000-0001-6981-6305,
A.V. Shevtsov², sportmedi@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9878-3378,
Yu.B. Korableva¹, julya-74@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-2337-3531,
A.I. Nenashev¹, genri50374@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6881-8963,
A.S. Ushakov¹, ushakovas74@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7591-3678

¹South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation,

²National State University of Physical Culture, Sport and Health named after P.F. Lesgafra, St. Petersburg, Russian Federation

Aim. The paper aims to analyse the role and importance of the motor system in successful sports performance. **Materials and methods.** The study involved 167 high level athletes from acyclic sports and 126 high level athletes from martial arts aged from 18 to 21 years. The following equipment and methods were used for the purpose of the study: SCHILLER Cardiovit AT-104 PC, force platform, AMP non-invasive blood analyzer, neural chronometer, Tanita body composition analyzer, Neurosoft, Kentavr computer system. **Results.** The analysis of statokinetic balance allowed to identify the changes of the center of pressure in the frontal and saggital planes as a result of changing fighting stances. In cyclic sports, the correlation between running performance and the starting position was found associated with increased frequency and acceleration of take off movements. The correlation between amplitude and frequency characteristics and skill levels was also found. **Conclusion.** The role of the motor system in athletic performance is changing due to the need for scientific justification of the load used, age features of morphological and functional adaptation and personalization.

Keywords: motor system, muscle contraction, muscle relaxation, athletic preparation, hypercapnia.

References

1. Anisimova E.A. [Innovative Methodology of Sports Training for Middle Distance Runners]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*, 2011, no. 2, pp. 69–71. (in Russ.)
2. Anokhin P.K. *Ocherki po fiziologii funktsional'nykh sistem: monografiya* [Essays on the Physiology of Functional Systems]. Moscow, Medicine Publ., 1975. 448 p.
3. Bernshteyn N.A. *Izbrannyye trudy po biomekhanike i kibernetike* [Selected Works on Biomechanics and Cybernetics]. Moscow, SportAkadem Publ., 2001. 296 p.
4. Bilich G.L., Zigalova E.Yu. *Anatomiya i fiziologiya: bol'shoy populyarnyy atlas* [Anatomy and Physiology. A Large Popular Atlas]. Moscow, EKSMO Publ., 2020. 272 p.
5. Zalyapin V.I., Isayev A.P. [Statistical Analysis of the Functional State of Orienteering Athletes]. *Vestnik YuUrGU. Seriya "Matematicheskoye modelirovaniye i programmirovaniye"* [Bulletin of SUSU. Series Mathematical Modeling and Programming], 2017, vol. 4, no. 1, pp. 67–68. (in Russ.)
6. Shevtsov A.V., Maleyev D.O., Isayev A.P., Korableva Yu.B. Stress Reactivity, Reserve Capacities, Scales and Individual Features of the Functional System in Adolescent Athletes. *Human. Sport. Medicine*, 2020, vol. 20, no. S2, pp. 7–12. (in Russ.)
7. Isayev A.P., Erlikh V.V., Ezhov V.B. *Lokal'no-regional'naya myshechnaya vynoslivost' v sisteme podgotovki i adaptatsii begunov i lyzhnikov-gonshchikov v usloviyakh ravniny i srednegor'ya: monografiya* [Local-Regional Muscular Endurance in the System of Training and Adaptation of Runners and Skiers-Racers in Conditions of Plains and Mid-Mountains]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2014. 286 p.

8. Lemann-Khorn F. *Dvigatel'nyye sistemy. Fiziologiya cheloveka s osnovami patofiziologii* [Motor Systems. Human Physiology with the Basics of Pathophysiology]. Transl. from German M.A. Kalinina. Moscow, Laboratory of Knowledge Publ., 2019. 537 p.
9. Mak-Komas A.Dzh. *Skeletnyye myshtsy: monografiya* [Skeletal Muscles]. Kiyev, Olympic Literature Publ., 2001. 406 p.
10. Raff G. *Sekretы физиологии* [Secrets of Physiology]. Transl. from Engl. Moscow, St. Petersburg, Binom Publ., Nevsky Dialect Publ., 2001. 448 p.
11. Isayev A.P., Erlikh V.V., Shevtsov A.V., Maleyev D.O. *Sistema podgotovki sportivnogo rezerva: vozrastnyye osobennosti effektivnoy adaptatsii i sokhrannosti zdorov'ya podrostkov* [The System of Training Sports Reserve. Age Characteristics of Effective Adaptation and Health Preservation of Adolescents]. St. Petersburg, Polytech Publ., 2018. 579 p.
12. Sudakov K.V. *Fiziologiya. Osnovy i funktsional'nyye sistemy: kurs lektsiy* [Physiology. Fundamentals and Functional Systems. A Course of Lectures]. Moscow, Medicine Publ., 2000. 784 p.
13. Uilmor Dzh.Kh., Kostill D.L. *Fiziologiya sporta i dvigatel'noy aktivnosti* [Physiology of Sport and Motor Activity]. Kiyev, Olympic Literature Publ., 1997. 504 p.
14. Abzalilov R.Ya., Aminov A.S., Baymukhametova E.F. et al. *Fundamental'nyye i prikladnyye aspekty adaptosposobnosti, reaktivnosti, rezistentnosti i regulyatsii organizma sportsmenov v sisteme sportivnoy podgotovki (pitaniye, pishchevareniye, vosstanovleniye i energoobespecheniye): monografiya* [Fundamental and Applied Aspects of Adaptability, Reactivity, Resistance and Regulation of the Body of Athletes in the System of Sports Training (Nutrition, Digestion, Recovery and Energy Supply)]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2017. 854 p.
15. Khill A. *Mekhanika myshechnogo sokrashcheniya. Staryye i novyye opyty* [Mechanics of Muscle Contraction. Old and New Experiences]. Transl. from Engl. Yu.A. Sharapova; G.M. Frank (Ed.). Moscow, World Publ., 1972. 175 p.
16. Chkhaidze L.V. [Problems of Central Regulation of the Structure of Human Motor Skills]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 1966, no. 16, pp. 15–71. (in Russ.)
17. Yanda V. *Funktsional'naya diagnostika myshts* [Functional Diagnostics of Muscles]. Moscow, EKSMO Publ., 2010. 352 p.
18. Abut F. Machine Learning and Statistical Methods for the Prediction of Maximal Oxygen Uptake: Recent Advances. *Medical Devices*, 2015, vol. 8, p. 369. DOI: 10.2147/MDER.S57281
19. Balagué K. Sport Science Integration: an Evolutionary Synthesis. *European Journal of Sport Science*, 2016, no. 1 (17), pp. 51–62. DOI: 10.1080/17461391.2016.1198422
20. Cowen A.P., Nesti M.S., Cheetham M. The Psychology of Dynamic Balance and Peak Performance in Sport: Correction Theory. *Quest*, 2014, vol. 66, no. 4, pp. 421–432. DOI: 10.1080/00336297.2014.936620
21. Donatelli R. Sports – Specific Rehabilitation. U.S.A, 2007. 336 p.
22. Isaev A.P., Erlikh V.V., Rybakov V.V. *Sport Training Individualization: State, Problems and Advanced Solutions*. Germany: Nomos, 2017. 278 p.
23. Kohman R.A. Neurogenesis, Inflammation and Behavior. *Brain, Behavior and Immunity*, 2013, vol. 27, pp. 22–32. DOI: 10.1016/j.bbi.2012.09.003
24. Lennartsson J. *Probabilistic Modeling in Sports, Finance and Weather*. 2014. 28 p.
25. Papić V., Rogulj N., Pleština V. *Expert System for Identification of Sport Talents: Idea, Implementation and Results*. INTECH Open Access Publisher. 2011. 25 p. DOI: 10.5772/19203
26. Park I.S. Regional Cerebellar Volume Reflects Static Balance in Elite Female Short-Track Speed Skaters. *Int. J. Sports Med.*, 2012, vol. 9, p. 15. DOI: 10.1055/s-0032-1327649
27. Reichman H., Hoppeler H., Mathicu-Costello O. Biochemical and Ultra-Structural Changes of Skeletal Muscle Mitochondria After Chronic Electrical Stimulation in Rabbits. *Pflügers Archiv – European Journal of Physiology*, 1985, vol. 404, pp. 1–9. DOI: 10.1007/BF00581484

28. Seifert L. Inter-Limb Coordination and Energy Cost in Swimming. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2014, vol. 17, iss. 4, pp. 439–444. DOI: 10.1016/j.jsams.2013.07.003

29. Yates F.E. *Self-Organizing Systems: The Emergence of Order*. Springer Science & Business Media, 2012. 661 p.

Received 1 October 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Управляющие и регулирующие механизмы моделей двигательной специальной функциональной системы спортсменов в блоках многолетней подготовки / А.П. Исаев, В.И. Заляпин, А.В. Шевцов и др. // Человеч. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 115–126. DOI: 10.14529/hsm210414

FOR CITATION

Isaev A.P., Zalyapin V.I., Shevtsov A.V., Korablva Yu.B., Nenashev A.I., Ushakov A.S. Control and Regulating Mechanisms of a Special Functional Motor System in Athletes During the Multiyear Training Period. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 4, pp. 115–126. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210414

SHORT-TERM DIET MODIFICATION CAN MODERATE THE LEVELS OF FATIGUE INDICES IN TENNIS PLAYERS

A.M. Mehrez^{1,2}, mehrez.ahmed@hotmail.com, ORCID: 0000-0001-8274-9274,
 M. Salesi¹, mhsnsls@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2969-9102,
 M. Koushkie¹, koushkie53@yahoo.com, ORCID: 0000-0001-9563-9461,
 M. Akbarzadeh³, m_akbarzadeh@sums.ac.ir, ORCID: 0000-0001-7646-2162

¹Shiraz University, Shiraz, Iran,

²Tishreen University, Lattakia, Syria,

³Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran

Aim. The Objective of this study was to investigate the effect of short-term diet modification on plasma levels of fatigue indices (including serotonin, dopamine, serotonin/dopamine ratio, ammonia, and lactate) following a two-hour tennis match. **Materials and methods.** 32 semi-professional male tennis players participated in a randomized cross-over design in the form of short-term diet modification (DM) and non-modification (N-DM) interventions. They played a formal two-hour match and plasma levels of fatigue indices and RPE scores of participants were determined before and after each tennis match. **Results.** The results of this study showed that after the match, the serotonin, dopamine, lactate, and ammonia increased significantly compared to pre-match in both interventions ($p < 0.001$) and that the increase in serotonin/dopamine ratio was only significant in N-DM ($p < 0.001$). However, the increase in ammonia ($p < 0.001$) and serotonin ($p < 0.05$) as well as the serotonin/dopamine ratio ($p < 0.05$) in DM was significantly lower than in N-DM. Although the change in lactate and dopamine levels was respectively 21% and 8% higher than in N-DM after the match, these changes were not significant. A large and moderate correlation was found between RPE and serotonin/dopamine ratio ($p < 0.001$) and other variables ($p < 0.001$) respectively, which was negative for dopamine ($p < 0.05$). **Conclusion.** In this study, it was shown that short-term diet modification, could modulate the majority of fatigue indices. Therefore, diet modification can be recommended to alleviate fatigue and maintain performance among tennis players. It was also shown that the serotonin/dopamine ratio can be the most reliable among fatigue indices.

Keywords: tennis, fatigue, diet modification, lactate, ammonia, serotonin, dopamine, RPE.

Introduction

Delaying fatigue and maintaining athletic performance are among the most important concerns of athletes, especially tennis players [17, 34] because fatigue may be associated with a decrease in performance accuracy and skill as well as an increase in the percentage of errors [24, 38]. Tennis involves high-intensity intermittent anaerobic activity and low-to-moderate activity bouts. So, the causes of fatigue are divided into three main categories: metabolic, neuromotor, and thermal. Metabolic factors include depleted energy stores, dehydration, exhaustion of energy, and micronutrient deficiencies [17, 23]. Despite the importance of nutrition in athletic performance and prevention of fatigue, it has been shown that many athletes do not follow a healthy eating pattern [28, 42], and although the rate of supplementation is high among athletes, a significant proportion of them lack adequate knowledge concerning supplements [28]. Carbohydrate

supplementation is common among athletes, and its positive effect on blood glucose in endurance activities has been found. However, the results of many studies that have examined the effect of carbohydrate supplementation on athletes' performance are contradictory [20]. Studies reported the positive [1] or no effect [26] of carbohydrate on performance. The effects of carbohydrate consumption on other factors such as lactate and ammonia – as two indicators of fatigue – which increase following exercise are not clear [5, 13, 25, 39]. Studies investigating the impact of nutritional intervention on tennis players' fatigue and performance indices were in non-competitive match conditions such as match simulating and ball throwing machines [16, 46]. Therefore, the effect of nutritional interventions on preservation of skills in the natural situation needs to be clarified.

Considering central fatigue, studies examining the effect of nutritional intervention on central fatigue have focused on serotonin [19].

However, the role of dopamine should not be overlooked because it has an inhibitory role in serotonin function [8]. In addition, the serotonin/dopamine ratio has been found to be a more reliable indicator [7], while no study was found related to nutritional intervention, exercise and this ratio.

Concerning the effect of nutritional intervention on athletes' performance, it was observed that most studies have only evaluated the role of dietary supplements in exercise and that the role of dietary modification or their combination has been rarely studied. Therefore, the purpose of this study was to evaluate the effect of a short-term diet modification (DM) on fatigue indices (including serotonin, dopamine, serotonin/dopamine ratio, ammonia, and lactate) following two-hour tennis match as well as the relationship between these indicators with the rating of perceived exertion (RPE).

Materials and Methods

1. Subjects

Thirty-two semi-professional male tennis players (age: 27.3 ± 4.8 years; height: 179.9 ± 5.02 cm; weight: 75.5 ± 4.7 kg, BMI: 23.3 ± 1.01) volunteered to participate in this study. Inclusion criteria were complete physical and mental health, lack of history of chronic diseases, musculoskeletal injuries, or depression. The subjects had nationally ranked and record of at least three years of participation in national competitions and attended at least 90 minutes of training sessions no less than 5 days a week. Exclusion criteria were not observing at least one of the pillars of diet (amount of energy intake, ratio of macronutrients to total daily energy intake, eating habit before, during or after exercise), taking any effective medication or supplement and disastrous personal events. The participants were informed about the aspects of protocols, study methods and possible risks then completed the informed consent form. This research has been approved by the ethics committee of Shiraz University of Medical Sciences (IR.SUMS.REHAB.REC.1400.002).

2. Study Design

In the first briefing session, after introducing the study and the research, anthropometric measurements, aspects of protocols and study methods and possible risks, how to complete the 3-day diet registration form, general health questionnaire, physical activity level, medical history, and Beck depression inventory (BDI-II) as well as

Borg scale 6–20 rating of perceived exertion (RPE) were explained to subjects.

32 participants who were eligible for research were invited to the second briefing session (3 days before the first match). Subjects were then randomly divided into two groups of diet modification (DM) and non-diet modification (N-DM) and after estimating their energy consumption, the diet was designed according to dietary preferences of each athlete. In the sessions that were held 3 days before each match, while delivering the diet of each person, final explanation was given regarding the match protocol, supplementation method and water consumption during the match.

This study is a randomized cross-over design with two interventions: short-term diet modification with carbohydrate intake during the match (DM) and without diet modification with placebo (N-DM). Each athlete faced his opponent in a total of two single tennis matches on the outdoor clay court according to the rules of the International Tennis Federation under official umpiring. The matches were designed in a way to finish with any result at the end of two hours. The interval between two matches was one week. The tournament table was without draw and based on the ranking of the Iranian Tennis Federation. This means that the players competed with each other according to the closest position in the ranking, regardless of which interventions of study they were in. To control the possible effective factors, the opponent of each athlete was fixed until the end of the research.

On the day of the match, at 7 o'clock in the morning, the subjects arrived at the sport complex on a fasting status. After blood sampling, a breakfast based on pre-determined units including 1–1.5 g of carbohydrate, 0.25 g of protein, and 0.15–0.2 g of fat per kg of body weight was given to the athletes of DM intervention. The subjects were not allowed to eat anything until warm-up. The warm-up was performed from 9 to 9:15 A.M. Afterward, they competed with their ranking opponent for two hours and blood samples were immediately taken from them. Thirty minutes after the competition, participants were asked to express their RPE according to a Borg 6–20 scale. DM and N-DM interventions were changed in the second week. All participants were asked to avoid strenuous exercise as well as caffeine and alcohol consumption for 48 hours prior to the match.

3. Dietary Intake Assessment

Non-consecutive 3-day dietary record method was used to collect dietary intake data. The total food and drink intake of participants were recorded for two days a week during training days as well as one weekend day. After that, all the reported foods of each participant were coded and converted to grams, and to analyze and estimate the total amount of energy received and the intake of each of macronutrients in the daily diet of each athlete, Modified Nutritionist IV software [Nutritionist IV (First Data Bank, USA), version 3.5.2] was used. For each athlete, energy intake was estimated in kcal/day, carbohydrate and protein consumption in g/kg, and lipids as the percentage of total energy intake. Finally, the received macronutrients were compared with nutritional recommendations of tennis athletes (Table 1).

4. Energy expenditure

Total energy expenditure (TEE) per day of each athlete was estimated using the following formula: $TEE = BMR + TEF + TEA$, and Harris-Benedict formula was used to measure basal metabolic rate (BMR). Also, 10% of the total daily energy consumption was considered as thermic effect of food (TEF) [14, 44]. To estimate the thermic effect of activity (TEA), athletes were instructed both verbally and in writing to accurately mention the amount of exercise per week (number of sessions per week and the duration of each session) in addition to the exact level of all daily physical activities. Finally, the thermal effect of activity (TEA) was obtained from the sum of the thermal effect of specialized exercise and the thermal effect of daily physical activity. Herewith, metabolic equivalents (METs) were used to measure the heat effect of daily physical activity [45], and the specialized thermal effect of tennis was considered to be 8 kcal/h/kg [14].

The received energy data were compared with the estimated energy consumption, and then the percentage of difference was recorded. If this rate was $\pm 10\%$, the intake energy would be considered “adequate” [18].

5. Dietary intervention

The short-term dietary modification is described in (Table 1). Athletes were recommended to follow the specified diet from the day before the match until the end of it. The exact amount of macronutrients in the recommended range was selected according to the activity level of each athlete and that the diet of each athlete was designed according to individual interests and habits.

From onset of warm-up, DM subjects received a carbohydrate drink, and the N-DM ones consumed a placebo drink with the same taste and color. The drinks of each tennis player were divided equally into 4 bottles and were given to them at 30-minute intervals, and each athlete had to consume one-third of each bottle at 10-minute intervals. Athletes had free access to mineral water. According to the recommendations of (Table 1), tennis players would consume 0.7 g/kg/h of carbohydrates during the match; therefore, for equalization, a 6.4% carbohydrate drink was prepared and given to athletes (0.7 g/kg/h) by dissolving a certain amount of tasteless carbohydrate powder (GLYGO-MAIZE, Optimum Nutrition Company) in mineral water (Nestle Pure Life Company, made in Iran) with the following specifications: Ca 38, Mg 7.8, Na 1, HCO₃ 132, Fluoride 0.07, Chloride 1.5, No₃ 3.5, No₂ 0.01, pH = 7.8, TDS 178 mg/l; for example, the drink of an 80 kg athlete was 1750 ml and contained 112 g of carbohydrates within two hours.

6. Blood Sample Analysis

Five ml blood was taken from anterior brachial vein was taken in two stages of fasting

Table 1
Macronutrient consumption criteria in tennis players over 18 years
based on 1.5–3 h/day training [32, 33, 36, 44]

Nutrients	Daily requirements	Before training	During training	After training
Carbohydrates	• (6–10 g/kg/day)	• 1–4 h Pre- exercise (1–4 g/kg) • 36–48 h Pre-match > 90 min: (10–12 g/kg/day)	• (0.7 g/kg/h) or (30–60 g/h) • beverage concentration 6–8%	• (1–1.2 g/kg) first 1 h or (0.8 g/kg) + protein (0.25–0.3 g/kg) • first 24h after match (8–10 g/kg/day)
Protein	• (1.4–2 g/kg/day) 0.25–0.3 g/kg every 3–5 h	• 1–4 h Pre- exercise (0.25–0.3 g/kg)	• (0.25 g/kg) in case of high intensity training > 2.5h	• (0.25–0.3 g/kg) + CHO (0.8 g/kg) first 1 h
Fat	• Do not restrict to <20% total energy expenditure • Consider limiting fat intake only during carbohydrate loading, or pre-race if GI comfort concerns			

and immediately after the match. Blood samples taken at each step were immediately sent to the laboratory in purple EDTA anticoagulated tubes to separate plasma by centrifugation and keep in pre-coded microtubules at -70°C up to the end of sampling. Lactate level at each stage was measured using a blood sample from the earlobe by a portable Lactate Scout Analyzer (made in Germany) with a sensitivity of 0.1 mmol/l. Serotonin and dopamine levels were measured after the second match and completion of the samples according to instructions of ZELLBIO ELISA kits (made in Germany) with a sensitivity of 1.2 ng/ml for serotonin and 1.5 ng/l for dopamine. The Ion Selective Electrode method was used to evaluate the plasma ammonia levels.

7. Statistical Analysis

The Shapiro – Wilk test was used to determine the normality of the data. To compare changes independent variables over time between intervention conditions, two-way repeated measures ANOVA with time and intervention as the main within-group factors was conducted. Correlation analysis was performed to examine the association between RPE and variables. Our criterion for considering the size of the correlation was: $r = 0.1-0.29 =$ small, $0.3-0.49 =$ moderate, $0.5-0.69 =$ large, $0.7-0.89 =$ very large, $0.9-0.99 =$ nearly perfect, $1 =$ perfect [15]. Statistical analysis was conducted using IBM SPSS statistics version 23 software for windows, and significant level was accepted at $p \leq 0.05$.

Results

Energy balance and macronutrients intakes

As shown in (Table 2), the adequacy of the daily consumption of macronutrients was remarkable in athletes. The percentage difference between the average energy intake and energy expenditure was lower and higher than the re-

commended range in 31.25% and 50% of subjects, respectively. In the study of the type, amount, and time of food received by athletes before, during, and after exercise, it was observed that 56.25%, 78.12% and 40.62% of athletes had mistaken food habits before, during and, after exercise, respectively. Therefore, required to modify the diet in at least one of the criteria of energy balance, the amount of macronutrients consumed during the day or in meals during, before, and after exercise.

Fatigue indices

Lactate: the effect of intervention \times time interaction [$F(1.23,18.57) = 0.27, p > 0.05$] and the main effect of intervention [$F(1,15) = 1.96, p > 0.05$] were not significant (Fig. 1-A); but the main effect of time was significant [$F(1.80,27.12) = 453.6, p < 0.001, \eta^2 = 0.96$]. Subsequently, the results of post hoc tests showed that there was a significant difference only between before and after the tennis match, which means that the tennis match significantly increased the blood lactate levels of tennis athletes in both interventions.

Ammonia: Examination of plasma ammonia levels also indicated that the effect of intervention \times time interaction was not significant [$F(1.07,16.04) = 0.42, p > 0.05$], but as can be seen in (Fig. 1-B), the main effect of time [$F(1.68,25.21) = 200.06, p < 0.001, \eta^2 = 0.93$] and the main effect of intervention [$F(1,15) = 36.97, p < 0.001, \eta^2 = 0.71$] were significant. Afterward, the results of post hoc tests showed that there was a significant difference only between before and after the tennis match as well as a significant difference in post-match intervention, meaning that the tennis match significantly increased plasma ammonia levels in the tennis players in both interventions. However, post-match ammonia levels in DM significantly less increased than N-DM.

Table 2
Distribution of percentage of energy balance and adequacy of daily macronutrients intake in tennis players

	Energy balance %	Carbohydrate g/kg/day	Protein g/kg/day	Lipid % total energy
Recommended range	-10% to +10%	6-10	1.4-2	20-30%
less than range n (%)	10 (31.25%)	18 (56.25%)	4 (12.5%)	2 (6.25%)
In the range n (%)	6 (18.75%)	4 (12.5%)	15 (46.87%)	12 (37.5%)
More than range n (%)	16 (50%)	10 (31.25)	13 (40.62%)	18 (56.25%)

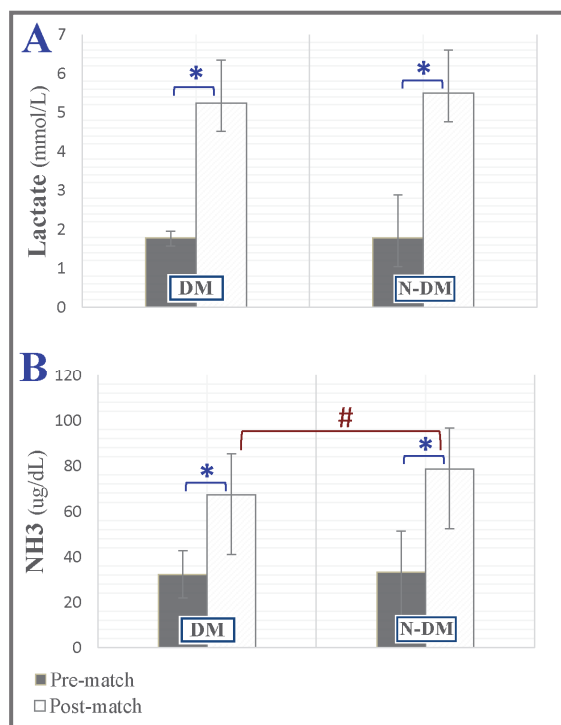


Fig. 1. Comparison of blood Lactate (A) and Ammonia (B) in DM and N-DM measurements:
– significant differences in interventions;
* – significant differences in times

Serotonin: It was observed that the effect of intervention \times time interaction was not significant [F (1.04, 15.56) = 0.43, $p > 0.05$] and that the main effect of time [(F(1.59, 23.99) = 105.29, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.87$] as well as the main effect of intervention [(F(1,15) = 6.36, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.29$] was significant. According to (Fig. 2-A), post hoc tests showed that the tennis match caused a significant increase in plasma serotonin levels in both interventions, but this increase in DM was significantly less than in N-DM.

Dopamine: The effect of intervention \times time interaction [F(1.02,15.32) = 0.14, $p > 0.05$] and the main effect of intervention [(F(1,15) = 1.76, $p > 0.05$] were not significant. However, the main effect of time [(F(1.27,19.1) = 27.65, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.65$] was significant. Finally, post hoc test showed that the tennis match significantly increased plasma dopamine levels in both interventions, and as can be seen in (Fig. 2-B), the increase in DM (106.5 \pm 39.4 ng/l) was slightly more than N-DM (98.5 \pm 25.4 ng/l), but the difference between the two interventions was not significant.

Serotonin/dopamine ratio: The effect of intervention \times time interaction was not significant [(F(1.1,16.5) = 0.75, $p > 0.05$] but the main effect

of time [(F(1.58, 23.63) = 7.86, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.34$] also the main effect of intervention [(F(1,15) = 5.28, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.13$] was significant. Post hoc tests showed that this ratio increased in both DM and N-DM after the match but that this increase was significant only in N-DM ($p < 0.001$). According to (Fig. 2-C), the comparison of DM and N-DM subjects showed no significant difference between the pre-tests ($p > 0.05$), while there was a significant difference between DM and N-DM post-tests ($p < 0.05$).

RPE: Summary of the results of correlation between subjects' RPE scores with research variables is given in (Table 3), which shows that there is a large correlation between RPE and serotonin/dopamine ratio that is the highest coefficient between the variables. Also, the correlation between RPE and other variables was moderate, which was negative for dopamine ($p < 0.05$).

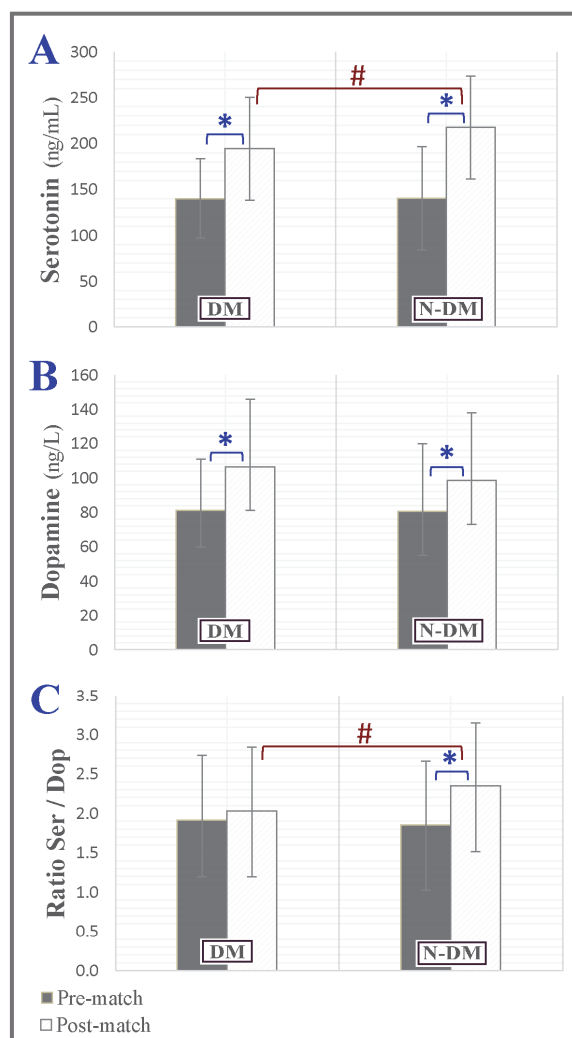


Fig. 2. Comparison of plasma serotonin (A) Dopamine (B) and serotonin/Dopamine Ratio (C) in DM and N-DM measurements

Table 3

Correlations between RPE and physiological values after the match

	Serotonin	Dopamine	Ser/Dop ratio	Lactate	Ammonia
RPE (all post-match tests)	r = 0.4 p < 0.001	r = -0.31 p < 0.05	r = 0.58 p < 0.001	r = 0.42 p < 0.001	r = 0.48 p < 0.001

Discussion

Lactate: The results of the present study showed that blood lactate levels increased in both DM and N-DM interventions immediately after a two-hour tennis match. Although this increase was 21% higher in N-DM intervention, the difference was not significant. This means that short-term diet modification with carbohydrate intake during exercise did not have a significant effect on the level of lactate accumulation in the blood.

In carbohydrate metabolism, if its oxidation is disrupted and pyruvate production in sarcoplasm exceeds its oxidation capacity in mitochondria for reasons such as oxygen deficiency and low mitochondrial oxidative capacity, pyruvate is converted back to lactate. The lactate produced in the muscle enters the bloodstream during exercise and, depending on the individual's capacity, enters the liver and is converted back to pyruvate [23].

Due to the high-intensity intermittent anaerobic and low to moderate severity bouts in tennis, ATP production is provided by both anaerobic and aerobic systems. Analysis of professional tennis matches shows that the effective rally or competition time (percentage of total rally time in a match) is about 20–30% on clay courts. This interval nature of tennis reduces the dependence on anaerobic glycolysis for ATP production and provides significant opportunities for lactate clearance. However, it seems that the cumulative effects of intense intermittent activity during the match put pressure on the athlete and gradually exhaust the athlete until the end of the match. There are also cases in which tennis athletes experience temporary fatigue, which reduces their ability for some time after high-intensity activity and limits their performance [11, 17].

In some studies, high lactate concentrations were reported in long games or long intense rallies, which revealed that lactate accumulation is higher in service games than in return games. Blood lactate levels may reach 8.6 mmol/l even in professional players [29, 30]; Reed et al. [37] reported that blood lactate levels reached 10.6 mmol/l while tennis training drills. In the pre-

sent study, lactate levels also increased, which was probably due to the cumulative effect of lactate production during two hours of the match as well as poor clearing probably because of reasons such as being semi-professional and dietary deficiencies of the subjects. It should be noted that lactate levels of our study were 5.25 and 5.5 mmol/l for DM and N-DM respectively and did not reach the extreme levels, which is likely a function of the interval nature of tennis. In the present study, it was also observed that there is a slight difference (21%) between the percentage of increase in lactate levels after the match between DM and N-DM individuals. Although this difference was not significant, this small difference was probably because of stable PCr and ATP levels, reduced ADP, AMP, IMP, and most importantly, decreased Pi as well as more PDH activity and thus decreased lactate production. Obviously, it should be noted that the accumulation of muscle lactate does not lead to fatigue during exercise, but they seem to be a good indicator of fatigue or play a role in causing fatigue in humans. This may be due to a decrease in muscle pH, which releases higher levels of K⁺ from active muscles and leads to the feeling of tiredness [3]. Some investigations have found that blood lactate levels remain low during tennis match. Most of these reports represent average levels from the concentration of the first to the final game, so the low levels reported can be justified [9, 10].

Ammonia: Assessment of plasma ammonia levels also showed that after the tennis match, ammonia levels increased in both interventions, but this increase in DM intervention was significantly less than in N-DM intervention.

According to previous research results, it was expected that ammonia as the factor of central and peripheral fatigue would increase after a two-hour tennis match, which could be due to an imbalance in ammonia production and its clearance in active muscles during the match. This increase of ammonia in strenuous activity may increase peripheral fatigue to the point of toxicity to the brain and muscles [31].

The main cause of ammonia accumulation in

submaximal exercise is AMP deamination and catabolism of nitrogenous compounds such as amino acids, especially branched-chain amino acids (BCAA). However, the accumulation of ammonia in intense and long-term training has another factor, namely reduced muscle glycogen sources and the resulting inhibition of re-phosphorylation for ADP and ATP synthesis, IMP increase, and eventual ammonia production [39]. This rise in ammonia levels is called metabolic stress because its effect on the feeling of fatigue and contraction of active muscles cannot be ignored. Rising ammonia levels may also enhance ammonia transport from the blood-brain barrier (BBB), disrupt brain mitochondria and inhibit motor activity due to glutamate stimulation in parts of the brain that control motor activity [31, 47].

The findings of the present study were consistent with those of Carvalho-Peixoto's research [5]. In that study, the effect of glutamine consumption with or without carbohydrate on ammonia levels of professional runners was examined, and it was concluded that supplementation was ineffective within the first hour but increased plasma ammonia levels to a lower extent in the second hour. The results of the present study were also in agreement with the study of Snow [41] who showed that in a 2-hour workout, 250 ml of 8% carbohydrate solution every 15 minutes could modulate the increase in ammonia from 60 to 120 minutes.

The mechanism of carbohydrate effect on ammonia accumulation seems to be the relative reduction in pure AMP catabolism in active muscle by maintaining phosphocreatine levels and ATP re-synthesis late in long-term exercise. Besides, carbohydrate intake is likely to reduce protein degradation and amino acid catabolism, thereby decreasing ammonia accumulation by maintaining muscle glycogen storage; in the present study, ammonia accumulation was significantly lower in DM intervention. Some studies have acknowledged that the lack of carbohydrates in athletes' diets leads to more ammonia accumulation [5, 40].

Serotonin: Regarding the serotonin variable, the results showed that after a two-hour tennis match, plasma serotonin levels increased in both DM and N-DM interventions, but this increase was 17% lower in DM. In other words, after the match, 57% and 40% increase was observed in plasma serotonin levels of N-DM and DM subjects, respectively. Therefore, short-term diet modification had a positive effect on inhibiting

the increase of serotonin as an indicator of central fatigue.

In fact, serotonin (5-hydroxytryptamine; 5-HT) is a neurotransmitter in the brain that is produced from the essential amino acid tryptophan. 80–90% of tryptophan is transported in the blood by binding to its carrier (albumin), and the rest freely circulates in the blood. Free tryptophan in the blood is easily transported through BBB by specific transporter proteins, which is then hydroxylated by tryptophan hydroxylase to generate serotonin. Therefore, any condition elevating free tryptophan in plasma will increase the concentration of this amino acid in CNS and thus increase 5-HT biosynthesis [8].

During prolonged exercise, the concentration of free fatty acid (FFA) increases in the blood. FFA competes with tryptophan for albumin binding, which results in a marked increase in free tryptophan and eventually elevates tryptophan concentration in the brain, in turn leading to increasing serotonin production in the brain [7, 8, 34]. In addition, the specific tryptophan transporter in BBB is also a transporter of BCAAs, and if the concentration of BCAAs increases in the plasma, this will cause more competition between tryptophan and BCAAs for entering into the brain and hence less tryptophan moves into the brain. Plasma BCAA concentrations also decrease during prolonged exercise. This condition increases cerebral tryptophan uptake, which will be amplified if accompanied by an increase in plasma free tryptophan concentration due to exercise [7, 8, 34]. Therefore, following exercise, serotonin synthesis increases and rising brain HT-5 can cause feelings of lethargy and lack of motivation to continue exercising; in other words, it exacerbates the feeling of fatigue. As a result, increasing concentration of this neurotransmitter in CNS during exercise may interfere with mental and physical functions [4, 6]. Increase of serotonin following exercise in the present study was similar to some previous findings [21, 48].

Adequate diet and, above all, proper carbohydrate intake during exercise appear to reduce tryptophan by releasing blood glucose and providing adequate levels of muscle and liver glycogen by delaying FFA accumulation because FFA itself is a strong competitor to tryptophan for albumin binding. Adequate carbohydrate levels will also maintain BCAA levels and reduce the ratio of free tryptophan to BCAAs. As mentioned, BCAAs compete with tryptophan to pass through BBB and it is inevitable that higher con-

centrations of BCAAs will cause less tryptophan to enter the brain and less serotonin to be synthesized [4]. In the present study, as mentioned, serotonin increased after exercise, but by modifying the short-term diet and consuming 0.7 g/kg/h of carbohydrates during the match, this increase was adjusted by 17%, which was similar to some previous findings [19].

Dopamine: Dopamine (DA; 3,4-dihydroxyphenylethylamine) is another neurotransmitter involved in central fatigue mechanisms. The results showed that dopamine levels increased immediately after a two-hour tennis match, and its level increased by 31% and 23% in DM and N-DM subjects, respectively. This means that short-term diet modification with carbohydrate intake during exercise causes a relatively greater increase in dopamine levels, but this was not statistically significant. Dopamine is synthesized from the amino acid tyrosine, which crosses BBB and converts to L-3,4-dihydroxyphenylalanine (L-DOPA) by tyrosine hydroxylase and finally to DA by dopa carboxylase. The limiting step in the synthesis of this monoamine is the tyrosine hydroxylase step, which is stimulated by calcium [8]. It seems that increasing activity of the dopaminergic system is a function of rising central calcium levels at the beginning of exercise, which increases tyrosine hydroxylase activity by activating the calcium-calmodulin system [8, 43]. Although the role of serotonin in central fatigue has been well established, there is evidence that dopamine also affects central fatigue. Research shows that dopamine neurotransmission is associated with many physiological functions that can improve athletic performance, including arousal, motivation, reinforcement, and motor behavior control. In fact, various studies provide evidence that the activation of central dopamine plays an essential role in thermoregulatory mechanisms, which is also important in exercise [7, 8, 22, 27].

Analysis and interpretation of studies show that the dopaminergic system is likely to affect various neural pathways, including motivation and reward, and has a positive effect on physical function even in pathological conditions such as Parkinson's disease [8, 12, 22, 27]. On the other hand, evidence shows that inactivity of the dopaminergic system is related to the development of fatigue. Studies have also shown that central dopamine metabolism enhances during exercise in different brain regions [2, 7, 12], in the present study the tennis match significantly increased the plasma dopamine levels of tennis athletes in

both interventions, which is consistent with the results of these studies.

Serotonin/dopamine ratio: Obviously, given the complexity of the function, a single neurotransmitter cannot be blamed for central fatigue. Therefore, in general, it can be acknowledged that the activity of dopaminergic and serotonergic systems in interaction with each other increases or decreases physical function. It is important to note that with the onset of exercise, both serotonergic and dopaminergic systems are gradually enhanced with a kinetic pattern; however, while serotonin concentration peaks at the fatigue point, dopaminergic activity decreases as the exercise progresses or returns to resting levels at fatigue [4, 6–8]. So, the modulatory effects on fatigue during exercise may be due to the interaction between these two neurotransmitters because there is evidence that dopamine receptor antagonists increase serotonergic activity and dopamine receptor agonists decrease serotonergic activity. It has also been shown that the use of serotonin agonists inhibits the increase in brain dopamine concentration caused by exercise, and conversely, by intervening through the administration of serotonin antagonists, central dopamine levels are maintained during fatigue. In addition, the dopamine precursor (tyrosine) competes with the serotonin precursor (tryptophan) to enter the brain [7, 22, 35]. Therefore, the existence of an inhibitory relationship between dopaminergic and serotonergic systems is undeniable and fatigue does not depend on just one of the two systems, but it is a function of increased serotonergic activity and decreased dopaminergic activity. Therefore, the higher serotonin/dopamine ratio, the weaker the exercise performance, and the lower this ratio is maintained, fewer signs of fatigue and weakness are seen in exercise performance [7, 8, 22, 35]. Therefore, it seems that the serotonin / dopamine ratio can be generalized to determine fatigue and that it is better than analysis and intervention on one of the two. The findings of the present study also proved this fact because the serotonin/dopamine ratio was significantly lower in DM intervention, moreover, in the study of the correlation between RPE and the measured fatigue indices, the highest correlation was observed between the serotonin/dopamine ratio with the rating of perceived exertion.

Conclusions

Despite the importance of nutrition in athletic performance and delaying fatigue, this study shows that many athletes do not follow a proper

eating pattern. The present study showed athletes and researchers that diet modification, albeit short-term, can help alleviate tennis players' concerns regarding fatigue. Therefore, tennis players are advised to modify their diet as the first and most important step to maintain performance and delay fatigue. In this study, for the first time, the serotonin/dopamine ratio was considered an indicator of fatigue. The high correlation of this ratio with RPE pressure perception scores showed that among conventional fatigue factors, serotonin/dopamine ratio can be the most valid indicator. There were limitations in this research due to ethics issues in research and human subjects, which made it impossible to study the tissue and brain levels of the studied factors to compare blood levels with tissue levels; therefore, it is suggested that histological studies should be performed on laboratory animals to help understand whether blood levels can be generalized to tissues and the brain.

References

1. Ali A., Williams C. Carbohydrate Ingestion and Soccer Skill Performance During Prolonged Intermittent Exercise. *Journal of Sports Sciences*, 2009, vol. 27, no. 14, pp. 1499–1508. DOI: 10.1080/02640410903334772
2. Balthazar C.H., Leite L.H.R., Rodrigues A.G., Coimbra C.C. Performance-Enhancing and Thermoregulatory Effects of Intracerebroventricular Dopamine In Running Rats. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 2009, vol. 93, no. 4, pp. 465–469. DOI: 10.1016/j.pbb.2009.06.009
3. Bangsbo J., Hostrup M. Lactate Production Contributes to Development of Fatigue During Intense Exercise in Humans. *Ugeskrift for laeger*, 2019, vol. 181, no. 8.
4. Basso J.C., Suzuki W.A. The Effects of Acute Exercise on Mood, Cognition, Neurophysiology, and Neurochemical Pathways: A Review. *Brain Plasticity*, 2017, vol. 2, no. 2, pp. 127–152. DOI: 10.3233/bpl-160040
5. Carvalho-peixoto J., Alves R.C., Cameron L.C. Glutamine and Carbohydrate Supplements Reduce Ammonemia Increase During Endurance Field Exercise. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 2007, vol. 1190, pp. 1186–1190. DOI: 10.1139/H07-091
6. Chuckravanen D., Bulut S., Kürklü G.B., Yapali G. Review of Exercise-Induced Physiological Control Models to Explain the Development of Fatigue To Improve Sports Performance and Future Trend. *Science & Sports*, 2018, vol. 34, no. 3, pp. 131–140. DOI: 10.1016/j.scispo.2018.10.017
7. Coimbra C.C., Soares D.D., Leite L.H. The Involvement of Brain Monoamines in the Onset of Hyperthermic Central Fatigue. *An International Perspective on Topics in Sports Medicine and Sports Injury*, 2012, pp. 275–306. DOI: 10.5772/26191
8. Cordeiro L.M.S., Rabelo P.C.R., Moraes M.M., Teixeira-Coelho F. Physical Exercise-Induced Fatigue: the Role of Serotonergic and Dopaminergic Systems. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 2017, vol. 50, no. 12, pp. 1–13. DOI: 10.1590/1414-431x20176432
9. Fernandez-Fernandez J., Mendez-Villanueva A., Fernandez-Garcia B., Terrados N. Match Activity and Physiological Responses During a Junior Female Singles Tennis Tournament. *British Journal of Sports Medicine*, 2007, vol. 41, no. 11, pp. 711–716. DOI: 10.1136/bjsm.2007.036210
10. Fernandez-Fernandez J., Sanz-Rivas D., Fernandez-Garcia B., Mendez-Villanueva A. Match Activity and Physiological Load During a Clay-Court Tennis Tournament in Elite Female Players. *Journal of Sports Sciences*, 2008, vol. 26, no. 14, pp. 1589–1595. DOI: 10.1080/02640410802287089
11. Fernandez-Fernandez J., Sanz-Rivas D., Mendez-Villanueva A. A Review of the Activity Profile and Physiological Demands of Tennis Match Play. *Strength and Conditioning Journal*, 2009, vol. 31, no. 4, pp. 15–26. DOI: 10.1519/SSC.0b013e3181ada1cb
12. Foley T.E., Fleshner M. Neuroplasticity of Dopamine Circuits after Exercise: Implications for Central Fatigue. *NeuroMolecular Medicine*, 2008, vol. 10, no. 2, pp. 67–80. DOI: 10.1007/s12017-008-8032-3
13. Fonseca A., Bernardo M.A., Mesquita M.F.D., Brito J. Effect of 6% Maltodextrin Intake on Capillary Lactate Concentration in Soccer Players. *Medical Sciences Forum*, 2021, vol. 5, no. 1, p. 42. DOI: 10.3390/msf2021005042
14. Heater H.F., Alan E.M. *Practical Application in Sports Nutrition*, 5th Edition. Massachusetts, Jones and Bartlett Publisher, 2018. pp. 302–306.
15. Hopkins W.G., Marshall S.W., Batterham A.M., Hanin J. Progressive Statistics for Studies in Sports Medicine and Exercise Science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2009, vol. 41, no. 1, pp. 3–12. DOI: 10.1249/MSS.0b013e31818cb278

16. Hornery D.J., Farrow D., Mujika I., Young W.B. Caffeine, Carbohydrate, and Cooling Use During Prolonged Simulated Tennis. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2008, vol. 2, no. 4, pp. 423–438. DOI: 10.1123/ijsp.2.4.423
17. Hornery D.J., Farrow D., Mujika I., Young W. Fatigue In Tennis. *Sports Medicine*, 2007, vol. 37, no. 3, pp. 199–212. DOI: 10.2165/00007256-200737030-00002
18. Juzwiak C.R., Amancio O.M.S., Vitale M.S.S., Pinheiro M.M. Body Composition and Nutritional Profile of Male Adolescent Tennis Players. *Journal of Sports Sciences*, 2008, vol. 26, no. 11, pp. 1209–1217. DOI: 10.1080/02640410801930192
19. Kim D.-H., Kim S.-H., Jeong W.-S., Lee H.-Y. Effect of BCAA Intake During Endurance Exercises on Fatigue Substances, Muscle Damage Substances, and Energy Metabolism Substances. *Journal of Exercise Nutrition and Biochemistry*, 2013, vol. 17, no. 4. DOI: 10.5717/jenb.2013.17.4.169
20. Kovacs M.S. Carbohydrate Intake and Tennis: Are There Benefits? *British Journal of Sports Medicine*, 2006, vol. 40, no. 5, pp. 1–6. DOI: 10.1136/bjism.2005.023291
21. Kwak J., Yook J.S., Ha M. Potential Biomarkers of Peripheral and Central Fatigue in High- Intensity Trained Athletes at High-Temperature. *Journal of Immunology Research*, 2020. DOI: 10.1155/2020/4768390
22. Leite L.H., Rodrigues A.G., Soares D.D., Marubayashi U. Central Fatigue Induced by Losartan Involves Brain Serotonin and Dopamine Content. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2010, vol. 42, no. 8, pp. 1469–1476. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181d03d36
23. MacLaren D., Morton J. *Biochemistry for Sport and Exercise Metabolism*. John Wiley & Sons, 2011. 265 p.
24. Maraga N., Duffield R., Gescheit D., Perri T. Playing Not Once, Not Twice but Three Times in a Day: the Effect of Fatigue on Performance in Junior Tennis Players. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 2018, vol. 18, no. 1, pp. 104–114. DOI: 10.1080/24748668.2018.1452110
25. McMahan G., Thornbury A. Ingestion of Carbohydrate Prior to and during Maximal, Sprint Interval Cycling Has No Ergogenic Effect: A Randomized, Double-Blind, Placebo Controlled, Crossover Study. *Nutrients*, 2020, vol. 12, no. 8, pp. 1–12. DOI: 10.3390/nu12082223
26. McRae K.A., Galloway S.D.R. Carbohydrate-Electrolyte Drink Ingestion and Skill Performance During and after 2 Hr of Indoor Tennis Match Play. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 2012, vol. 22, no. 1, pp. 38–46. DOI: 10.1123/ijsnem.22.1.38
27. Meeusen R., Roelands B. Fatigue: Is It All Neurochemistry? *European Journal of Sport Science*, 2018, vol. 18, no. 1, pp. 37–46. DOI: 10.1080/17461391.2017.1296890
28. Mehrez A., Salesi M. *Sport Nutrition and Doping Knowledge, Eating Habits and Supplement Use in Tennis Athletes and Coaches*. Shiraz University, 2017.
29. Mendez-Villanueva A., Fernandez-Fernandez J., Bishop D., Fernandez-Garcia B. Activity Patterns, Blood Lactate Concentrations and Ratings of Perceived Exertion During a Professional Singles Tennis Tournament. *British Journal of Sports Medicine*, 2007, vol. 41, no. 5, pp. 296–300. DOI: 10.1136/bjism.2006.030536
30. Mendez-Villanueva A., Fernandez-Fernández J., Bishop D., Fernandez-Garcia B. Ratings of Perceived Exertion-Lactate Association During Actual Singles Tennis Match Play. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2010, vol. 24, no. 1, pp. 165–170. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181a5bc6d
31. Nybo L., Dalsgaard M.K., Steensberg A., Møller K. Cerebral Ammonia Uptake and Accumulation During Prolonged Exercise In Humans. *Journal of Physiology*, 2005, vol. 563, no. 1, pp. 285–290. DOI: 10.1113/jphysiol.2004.075838
32. Oršolić M., Barbaros Tudor P., Šarić A. Recommended Amounts of Macronutrients before and after Tennis Matches. *Hrana u zdravlju i bolesti*, 2020, vol. 9, no. 1, pp. 40–47.
33. Parker-Simmons S., Love P. Sports Nutrition for Tennis Players. *Tennis Medicine*, 2018, vol. 34, no. 1, pp. 563–572. DOI: 10.1007/978-3-319-71498-1
34. Phillips S. *Fatigue in Sport and Exercise*. London, Routledge, 2015. 271 p. DOI: 10.4324/9781315814858
35. Rabelo P.C.R., Almeida T.F., Guimarães J.B., Barcellos L.A.M. Intrinsic Exercise Capacity Is Related to Differential Monoaminergic Activity in the Rat Forebrain. *Brain Research Bulletin*, 2015, vol. 112, pp. 7–13. DOI: 10.1016/j.brainresbull.2015.01.006
36. Ranchordas M.K., Rogerson D., Ruddock A., Killer C. Nutrition for Tennis: Practical Recommendations. *Journal of Sports Science & Medicine*, 2013, vol. 12, no. 2, pp. 211–224.

37. Reid M., Duffield R., Dawson B., Baker J. Quantification of the Physiological and Performance Characteristics of On-Court Tennis Drills. *British Journal of Sports Medicine*, 2008, vol. 42, no. 2, pp. 146–151. DOI: 10.1136/bjism.2007.036426
38. Rota S., Morel B., Saboul D., Rogowski I. Influence of Fatigue on Upper Limb Muscle Activity and Performance in Tennis. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2014, vol. 24, no. 1, pp. 90–97. DOI: 10.1016/j.jelekin.2013.10.007
39. Rusip G., Suhartini S.M., Suen A.B. Influence of Exercise on Plasma Ammonia and Urea after Ingestion Beverages of Carbohydrate Electrolyte. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2018, vol. 130, no. 1, pp. 12–20. DOI: 10.1088/1755-1315/130/1/012020
40. Schulz H., Heck H. Glycogen Depletion as Indication for Ammonia Determination in Exercise Testing. *European Journal of Sport Science*, 2003, vol. 3, no. 3, pp. 1–9. DOI: 10.1080/17461390300073303
41. Snow R.J., Carey M.F., Stathis C.G., Febbraio M.A. Effect of Carbohydrate Ingestion on Ammonia Metabolism During Exercise in Humans. *Journal of Applied Physiology*, 2020, vol. 88, no. 5, pp. 1576–1580. DOI: 10.1152/jap.2000.88.5.1576
42. Soraya S., Elias M., Saad H.A., Nasir M. Effects of Sports Nutrition Education Intervention on Sports Nutrition Knowledge, Attitude and Practice, and Dietary Intake of Malaysian Team Sports Athletes. *Malaysian Journal of Nutrition*, 2018, vol. 24, no. 1, p. 103.
43. Sutoo D., Akiyama K. Regulation of Brain Function by Exercise. *Neurobiology of Disease*, 2003, vol. 13, no. 1, pp. 1–14. DOI: 10.1016/S0969-9961(03)00030-5
44. Thomas D.T., Erdman K.A., Burke L.M. American College of Sports Medicine Joint Position Statement Nutrition and Athletic Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2016, vol. 48, no. 3, pp. 543–568. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000852
45. Thomas D.T., Erdman K.A., Burke L.M. American College of Sports Medicine Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2016, vol. 48 (3), pp. 543–568. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000852
46. Vergauwen L.I.E.V.E.N., Brouns F.R.E.D., Hespel P. Carbohydrate Supplementation Improves Stroke Performance in Tennis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1998, vol. 30, no. 8, pp. 1289–1295. DOI: 10.1097/00005768-199808000-00017
47. Wilkinson D.J., Smeeton N.J., Watt P.W. Ammonia Metabolism, the Brain and Fatigue; Revisiting the Link. *Progress in Neurobiology*, 2010, vol. 91, no. 3, pp. 200–219. DOI: 10.1016/j.pneurobio.2010.01.012
48. Zimmer P., Stritt C., Bloch W., Schmidt F.P. The Effects of Different Aerobic Exercise Intensities on Serum Serotonin Concentrations and Their Association with Stroop Task Performance: a Randomized Controlled Trial. *European Journal of Applied Physiology*, 2016, vol. 116, no. 10, pp. 2025–2034. DOI: 10.1007/s00421-016-3456-1

Received 13 September 2021

УДК 796.342

DOI: 10.14529/hsm210415

ВЛИЯНИЕ КРАТКОВРЕМЕННОЙ СМЕНЫ ДИЕТЫ НА ПОКАЗАТЕЛИ УТОМЛЯЕМОСТИ У ТЕННИСИСТОВ

А.М. Мехрез^{1,2}, М. Салези¹, М. Коушки¹, М. Акбарзадех³

¹Ширазский университет, г. Шираз, Иран,

²Тишринский университет, г. Латакия, Сирия,

³Ширазский медицинский университет, г. Шираз, Иран

Цель. Целью данного исследования было определение влияния кратковременной смены диеты на плазменные показатели утомляемости (плазменные концентрации серотонина и дофамина, соотношение серотонин / дофамин, содержание аммиака и лактата) после

часового теннисного матча. **Материалы и методы.** Рандомизированное перекрестное исследование с участием 32 полупрофессиональных теннисистов, поделенных на две группы в зависимости от режима питания (со сменой диеты и без смены диеты). Все участники исследования сыграли двухчасовую партию в теннис. До и после теннисной партии у всех участников были определены плазменные показатели утомляемости и показатели субъективно воспринимаемой напряженности. **Результаты.** Результаты исследований показывают статистически значимый прирост ($p < 0,001$) плазменных концентраций серотонина, дофамина, лактата и аммиака в обеих группах по сравнению с исходными значениями, при этом статистически значимое ($p < 0,001$) увеличение соотношения серотонин / дофамин было зарегистрировано только в группе без изменения диеты. Увеличение концентраций аммиака ($p < 0,001$) и серотонина ($p < 0,05$), а также увеличение соотношения серотонин / дофамин ($p < 0,05$) в группе со сменой диеты было значительно ниже по сравнению с показателями контрольной группы. Хотя концентрации лактата и дофамина после партии в группе со сменой диеты были выше на 21 и 8 % соответственно, данные изменения не были статистически значимыми. Сильная и умеренная корреляция была зарегистрирована между показателями субъективно воспринимаемой напряженности и соотношением серотонин / дофамин ($p < 0,001$) и прочими переменными ($p < 0,001$) соответственно, при этом для дофамина была обнаружена отрицательная корреляция ($p < 0,05$). **Заключение.** По результатам исследования было установлено, что кратковременная смена диеты может повлечь изменения большинства показателей утомляемости. Таким образом, изменение режима питания может быть рекомендовано для контроля утомляемости и поддержания результативности теннисистов. Наиболее информативным показателем утомляемости может считаться соотношение концентраций серотонина и дофамина.

Ключевые слова: утомляемость, теннис, смена режима питания, лактат, аммиак, дофамин, субъективно воспринимаемая напряженность.

Ахмад М. Мехрез, аспирант по направлению «Физиология упражнений», кафедра спортивных наук, Ширазский университет, г. Шираз, Иран; Тишринский университет, г. Латакия, Сирия. E-mail: mehrez.ahmed@hotmail.com, ORCID: 0000-0001-8274-9274.

Мохсен Салези, PhD в области физиологии упражнений, доцент кафедры спортивных наук, Ширазский университет, г. Шираз, Иран. E-mail: mhsnsls@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2969-9102.

Мариам Джахроми Коушки, PhD в области физиологии упражнений, профессор кафедры спортивных наук, Ширазский университет, г. Шираз, Иран. E-mail: koushkie53@yahoo.com, ORCID: 0000-0001-9563-9461.

Марзие Акбарзадех, PhD в области пищевых наук, доцент кафедры общественного питания, Школа питания и пищевых наук, Ширазский медицинский университет, г. Шираз, Иран. E-mail: m_akbarzadeh@sums.ac.ir. ORCID: 0000-0001-7646-2162.

Поступила в редакцию 13 сентября 2021 г.

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Short-Term Diet Modification Can Moderate the Levels of Fatigue Indices in Tennis Players / A.M. Mehrez, M. Salesi, M. Koushkie, M. Akbarzadeh // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 127–138. DOI: 10.14529/hsm210415

FOR CITATION

Mehrez A.M., Salesi M., Koushkie M., Akbarzadeh M. Short-Term Diet Modification Can Moderate the Levels of Fatigue Indices in Tennis Players. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 4, pp. 127–138. DOI: 10.14529/hsm210415

СПОРТИВНАЯ АДДИКЦИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

М.И. Зинченко, В.В. Гультаева, Д.Ю. Урюмцев, С.Г. Кривощёков

Научно-исследовательский институт нейронаук и медицины, г. Новосибирск, Россия

Цель данного исследования – проанализировать литературные данные за последнее десятилетие, касающиеся концепции, механизмов развития, сопутствующих факторов и распространённости спортивной аддикции (СА). **Материалы и методы.** Поиск статей осуществлялся по базам Medline, Web of Science, Elibrary. **Результаты.** В основе определения СА заложены признаки, характерные для других поведенческих аддикций, когда тренировка становится не просто важной, а самой главной частью жизни человека. В последнее десятилетие внимание ученых обращено к изучению функциональных и нейробиологических изменений при СА в системах вознаграждения и тормозного контроля, связанных с нейромедиаторным дисбалансом, приводящим к гиперактивации дофаминергической системы. Вероятно, в патогенез развития СА вносит вклад сама физическая нагрузка, повышая чувствительность системы вознаграждения в центральной нервной системе, но эти изменения проявляются после длительного периода тренировок. Также развитию СА может способствовать употребление анаболических стероидов, провоцирующих дисбаланс в системе нейротрансмиттеров, вовлеченных в процесс поощрения в головном мозге. В фитнесе частота встречаемости лиц с высоким риском СА у российских спортсменов выше, чем у спортсменов Дании и Венгрии, но не отличается от немецких. У российских футболистов выявлен более высокий риск развития СА по сравнению с датскими футболистами. **Заключение.** Для глубинного понимания проблемы спортивной аддикции, в частности, изучения механизмов патогенеза и влияния СА на производительность спортсмена, необходимы дальнейшие исследования.

Ключевые слова: спортивная аддикция, зависимость от спорта, поведенческая аддикция, тормозный контроль, система вознаграждения.

Введение

Регулярная физическая нагрузка (ФН) играет ключевую роль в поддержании здоровья и профилактике заболеваемости, в то же время избыточная ФН способна оказывать противоположный эффект на физическое и ментальное здоровье [19], что особенно выражено при развитии аддикции к физическим упражнениям, или спортивной аддикции (СА) [25, 30, 35]. СА характеризуется «снижением контроля над спортивным поведением и имеет негативные физические или психосоциальные последствия для индивида, включающие все компоненты аддиктивных расстройств («сверхценность», синдром отмены и другие)», поэтому СА относят к поведенческим (или нехимическим) аддикциям [3]. Известно, что СА отрицательно влияет на спортивную производительность [27], так как компульсивные (навязчивые, чрезмерные) физические упражнения, характерные для СА,

приводят к перетренированности. У лиц, вовлеченных в большой объем тренировок, зачастую выявляются эндокринная, метаболическая и иммунная дисфункции [36], травмы, фиброз миокарда, остеопороз [27], неспецифическая дорсалгия [14]. Поэтому раннее выявление СА способствует предупреждению появления вышеперечисленных состояний и снижения спортивной результативности.

В связи с вышесказанным нами была сформулирована цель данного литературного обзора: проанализировать данные за последнее десятилетие, касающиеся концепции, механизмов развития, сопутствующих факторов и распространённости СА.

Материалы и методы

Поиск статей осуществлялся с помощью баз Medline, Web of Science, Elibrary по ключевым словам «спортивная аддикция, exercise addiction, exercise dependence, sport addiction». Сравнение распространённости СА в россий-

ском и зарубежном спорте проводили среди работ, в которых для определения СА использован опросник Exercise Addiction Inventory (EAI) (см. табл. 1). Сравнение частот встречаемости СА проведено в статистической программе Statistica 10.0 по хи-квадрат критерию. Различия считались достоверными при $p \leq 0,05$.

Результаты

Определение и симптомы СА. СА чаще всего определяют как дезадаптивный паттерн поведения, который приводит к клинически значимому ухудшению физического состояния и проявляется наличием как минимум трёх из семи симптомов аддикции [5, 26]: 1) толерантность – потребность во все увеличивающемся количестве тренировок или ослабление эффекта прежнего объема тренировок, 2) симптомы отмены (тревога, утомление), для устранения которых требуется привычный или даже больший объем физической нагрузки, 3) эффекты намерения – выполняется более интенсивная или длительная физическая нагрузка, чем планировалось, 4) потеря контроля – неудачные попытки снизить объем тренировок или взять их под контроль, 5) время – огромное количество времени тратится на деятельность, необходимую для получения физической нагрузки, 6) конфликт – сокращение важной социальной деятельности, направленной на общение, работу или отдых, потому что она препятствует запланированному объему тренировок, 7) продолжительность – тренировки продолжаются, несмотря на знание о существовании физических (травм) или психологических проблем, которые были вызваны этими тренировками или усугублены ими. Для выявления этих симптомов разработаны опросники СА [19].

М. Friemuth с коллегами [24] выделяют признаки, характерные для каждой из 4 стадий развития СА: на 1-й стадии занятие спортом приносит удовольствие, поведение находится под контролем, возможны небольшие травмы, на 2-й стадии спортивная деятельность начинает использоваться как единственная или предпочтительная копинг-стратегия борьбы со стрессом, на 3-й дневное расписание выстраивается строго вокруг обязательных усиленных ежедневных индивидуальных тренировок, на 4-й выявляется полная манифестация проявлений СА с классическими симптомами.

Необходимо отметить, что неприятные психологические ощущения отмечают у себя

почти все регулярно занимающиеся спортом, когда вынуждены отказываться от тренировок в силу определенных обстоятельств, но именно интенсивность симптомов отмены является решающим фактором в разделении на просто постоянно активно тренирующихся и зависимых от физических упражнений [16]. Для спортсменов с СА тренировка становится не просто важной, а самой главной частью жизни, решающее значение для них имеет именно внутреннее вознаграждение (удовлетворение). Напротив, для лиц, регулярно занимающихся физическими упражнениями, но не страдающих зависимостью от спорта, значимо внешнее вознаграждение, включающее пользу для здоровья, улучшение социальных отношений, статуса, а также финансовое вознаграждение в профессиональном спорте [45].

Чаще всего спортсмены с СА испытывают: 1) чувство эйфории после интенсивной мышечной работы, 2) сильное желание увеличить объем тренировок, 3) сложности в профессиональной и социальной активности, 4) при депривации – резкие смены настроения, раздражительность или тревожность. Могут быть также жалобы на необъяснимое снижение производительности, постоянную усталость, нарушения сна [13]. Спортсмены с СА могут продолжать тренировки, несмотря на травмы или болезни, отказываются от социальной и семейной жизни. Причём ситуация особенно обостряется, когда необходимо воздержаться от занятий спортом или ограничить их (например, при восстановлении после травм) [6, 23, 27].

Механизмы развития СА. Существует несколько теорий, объясняющих патогенез СА, среди которых катехоламиновая, бета-эндорфиновая, цитокиновая и другие, частично объясняющие механизмы развития СА (подробнее в обзорах С.Г. Кривощёкова, А.Ю. Егорова, А. Weinstein с соавт. [3, 5, 49]). В последнее десятилетие особое внимание ученых обращено к изучению функциональных и нейробиологических изменений в системах вознаграждения и тормозного контроля, связанных с нейромедиаторным дисбалансом, приводящим к гиперактивации дофаминергической системы. Исследования в этой области могут дать ответ на вопрос – можно ли поставить СА в один ряд с другими видами аддикций (поведенческими и химическими) по схожести механизмов патогенеза.

Известно, что следствием нарушения

тормозного контроля является гиперактивация системы вознаграждения и развитие импульсивного поведения, а «именно импульсивность выступает в роли мощного предиктора» формирования аддиктивной патологии (эти патогенетические процессы хорошо изучены при химических аддикциях) [2]. В исследованиях поведенческих аддикций (зависимость от видеоигр, нарушение пищевого поведения и других), в том числе с привлечением методов нейровизуализации, обнаруживаются нарушения тормозного контроля [9, 10, 43, 44], сходные с таковыми при химических аддикциях (зависимость от алкоголя, наркотических средств и др.). В работах Q. Huang (2019) и L. Martin (2017) с соавт. также были получены результаты, свидетельствующие об ухудшении тормозного контроля и гиперактивации системы вознаграждения у лиц с высокой выраженностью признаков СА [33, 34]. Тогда как K. Ryu и соавт. (2016) приходят к противоположному выводу: зависимость от физических упражнений оказывает положительное нейрофизиологическое влияние на когнитивные функции [46]. Между тем исследования M.C. Wardle (2018) с соавт. показывают, что реакция системы вознаграждения здорового человека на ФН напрямую зависит от спортивного стажа [48].

Таким образом, вероятно, систематическая интенсивная ФН влияет на систему вознаграждения и тормозного контроля, но эти изменения проявляются после длительного периода тренировок. Необходимы дальнейшие исследования в этом направлении, так как полученные к настоящему времени данные носят неоднозначный характер. Кроме того, ни одна из существующих в настоящее время гипотез не может ответить на вопрос, почему при одинаковой нагрузке у одних спортсменов развивается СА, а у других – нет. На наш взгляд, ответ на этот вопрос может лежать в области целеполагания, приоритетов и осознанности жизни человека как личности.

Факторы, сопутствующие СА. Среди сопутствующих СА факторов и коморбидных состояний чаще всего перечисляют расстройства пищевого поведения и другие виды зависимостей, в том числе химические. Как показывают крупные популяционные исследования [20], имеется положительная связь между величиной физической активности индивидуума и потреблением им алкоголя. Это сочетание даже получило своё название – «функ-

циональная пара» [12]. Около 20 % людей с высоким риском развития СА имеют зависимость от алкоголя, наркотиков или никотина [4], что косвенно также подтверждает общность патогенеза формирования этих аддикций.

По данным исследования L. Rossi и J. Tigre-regui, среди тех, кто потребляет специальные пищевые добавки для спортсменов, риск развития СА в 4,5 раза больше, чем у тех, кто эти добавки не потребляет [40]. Имеются сведения, что анаболические стероиды, применяемые для наращивания мышечной массы, провоцируют дисбаланс в системе нейротрансмиттеров, связанных с системой вознаграждения в ЦНС, приводя к увеличенной чувствительности к наркотическим средствам и стимуляторам [15], что также может способствовать формированию аддикций.

У мужчин чаще встречается первичная аддикция к физической нагрузке, а у женщин – вторичная, возникающая на фоне расстройств пищевого поведения, в частности, нервной анорексии [11]. Первичную и вторичную аддикцию различает то, что в первом случае при зависимости от физических упражнений целью является само упражнение, в то время как во втором случае целью является потеря веса, где постоянные тренировки – одно из основных средств в достижении желаемой цели [16]. СА часто сопутствует как расстройствам пищевого поведения, так и расстройствам представления о своём теле [49], таким как, например, мышечная дисморфия [32].

Лицам с СА присущи и некоторые психологические особенности. По мнению психологов, воспитание спортсмена высокого класса само по себе способствует развитию профессионально обусловленных деформаций и развитию СА [1], а самоориентированный перфекционизм является самым важным предиктором СА среди разных видов перфекционизма и объясняет 4 из 7 симптомов СА (синдром отмены, сниженный контроль и другие) [28]. Спортсмены, которые считают, что тренируются много и имеют при этом заниженную самооценку, имеют больший риск стать зависимыми от спорта [42, 47]. Q. Huang и соавт. [33] были найдены более высокие показатели нейротизма и более низкие – экстраверсии у лиц с СА по сравнению с регулярно занимающимися спортом без СА, что может свидетельствовать о проблемах с регуляцией эмоций и склонности к импульсивному поведению у таких спортсменов.

Спортивная тренировка

Отмечено, что у лиц, склонных к суицидальному поведению, выше риск развития СА. Механизм данной связи пока не установлен, но существует предположение, что здесь может играть роль меньшая чувствительность к болевым ощущениям у регулярно тренирующихся людей по сравнению с ведущими сидячий образ жизни [22].

Lichtenstein M. и соавт. [39] обследовали атлетов с травмами, временно исключаящими занятия спортом. Из тех, кто имел высокий риск развития СА (по опроснику EAI), 26 % имели симптомы тяжёлой депрессии и 53 % – находились в состоянии эмоционального дистресса. Степень депрессии и тревожности, возникающих после перенесенных травм у спортсменов, зависит не от тяжести травмы, а от личностных психологических характеристик, таких как повышенная эмоциональная лабильность, исходно повышенный уровень тревожности и других [37], и, как в итоге можно предположить, от наличия СА. Существует взаимосвязь между физической нагрузкой с одной стороны и тревожностью и депрессией – с другой: недостаток ФН приводит к повышенной тревожности и депрессии, умеренная ФН может их снижать, а избыточная – повышать [8].

Не имея достаточно знаний по механизмам развития СА, сложно рекомендовать лечение. Тем не менее авторы на основе своего опыта для лечения и предупреждения развития СА рекомендуют когнитивно-поведенче-

скую терапию и мотивационное интервьюирование [18]. При этом прекращать занятия спортом полностью не следует, но необходимым условием является соответствие физической активности нормальному уровню, что и является главной целью лечения [24, 31]. Снижать количество и длительность тренировок надо постепенно, используя индивидуальный подход. Хороший эффект показало использование практики майндфулнесс [14]. Достаточно действенной может оказаться смена вида спорта [49].

Распространённость. Изучение распространённости спортивной аддикции как сформировавшегося симптомокомплекса сталкивается с определенными трудностями, так как исследования по СА в основном базируются на опросниках, которые показывают лишь риск развития СА. Наиболее часто используемые опросники – EAI и Exercise Dependence Scale (EDS) [19]. В соответствии с ними распространённость СА составляет 0,3–0,5 % взрослой венгерской популяции [38] и 6,4 % популяции США [11]. По другим странам популяционных исследований мы не обнаружили, поэтому сравнение в настоящем обзоре не представляется возможным. В контингентах лиц, занимающихся различными видами спорта, обнаружены некоторые закономерности. Так, согласно обзору Marques с соавт. (2019) наиболее высокий риск развития СА наблюдается в видах спорта на выносливость, у молодых, профессиональных спортсменов [35].

Распространённость высокого риска развития СА по опроснику EAI
The frequency of high risk of EA development according to the EAI questionnaire

Вид спорта Activity	Высокий риск развития СА (%) High risk of EA (%)	Число участников исследования Sample size	Возраст (среднее) Age (mean)	Автор, год Author, year	Страна Country
Фитнес Fitness	6,8*	577	26,7	[29] 2017	Дания Denmark
	7*	1743	31,7	[21] 2014	Венгрия Hungary
	10,2	1008	29	[41] 2018	Германия Germany
	13,5	114	37,4	[7] 2017	Россия Russia
Футбол Football	7,1*	98	23,7	[17] 2014	Дания Denmark
	25	50	23,2	[6] 2017	Россия Russia

Примечание. * – достоверное отличие по критерию хи-квадрат в данном виде спорта от российской выборки.

Note. * – differences are significant with respect to the chi-square test for this type of activity compared with the Russian sample.

В таблице приведены сравнения частоты встречаемости высокого риска СА у спортсменов из России и других стран по опроснику EAI. Самый высокий риск СА зафиксирован у российских футболистов (25 %) (уровень спортивного мастерства в выборке – не ниже кандидата в мастера спорта) [6]. Необходимо отметить, что целью последнего исследования являлось изучение симптомов депривации, а не распространённости СА у футболистов. В фитнесе встречаемость СА у спортсменов из России достоверно выше, чем из Дании и Венгрии. Это указывает на необходимость дальнейших исследований СА в российской популяции.

Заключение

СА негативно влияет на результативность спортсмена. Однако методы выявления СА на сегодняшний день ограничиваются опросниками. Исследователи причисляют аддикцию физических упражнений к поведенческим, или нехимическим аддикциям, так как при СА отмечены симптомы и некоторые аспекты патогенеза, общие с другими аддикциями. Особое место в изучении механизмов развития СА уделяется исследованию состояния тормозного контроля, а также системы вознаграждения в ЦНС, чувствительность которой зависит от спортивного стажа. Однако результаты этих исследований противоречивы и не позволяют сделать однозначных выводов. У российских футболистов выявлен более высокий риск развития СА по сравнению с датскими футболистами, в фитнесе у российских спортсменов риск СА оказался выше по сравнению со спортсменами Дании и Венгрии.

Для всестороннего изучения СА, в частности, изучения механизмов патогенеза и её влияния на производительность спортсмена необходимы дальнейшие исследования. В российской популяции эта проблема требует особенно пристального изучения.

Работа выполнена за счёт федерального бюджета на проведение фундаментальных научных исследований (тема № АААА-А21-121011990040-8).

Литература

1. Барабанищикова, В.В. Профессиональные деформации в спорте высших достижений. / В.В. Барабанищикова, О.А. Климова // *Национальный психологический журнал*. – 2015. – Т. 18, № 2. – С. 3–12. DOI: 10.11621/npj.2015.0201
2. Дубатова, И.В. Роль импульсивности и расстройств импульсного контроля в формировании аддитивных расстройств / И.В. Дубатова, А.В. Анцыборов // *Интерактивная наука*. – 2019. – Т. 6, № 40. – С. 68–84. DOI: 10.21661/r-497111
3. Егоров, А.Ю. Модели спортивной аддикции / А.Ю. Егоров, А. Сабо, О.В. Фельсендорфф // *Вопросы психологии*. – 2016. – №. 3. – С. 96–109.
4. Егоров А.Ю. Спортивная аддикция (обзор литературы) / А.Ю. Егоров, О.В. Фельсендорфф // *Дневник психиатра*. – 2013. – № 4. – С. 7–9.
5. Кривощёков С.Г. Психофизиология спортивных аддикций (аддикция упражнений) / С.Г. Кривощёков, О.Н. Лушников // *Физиология человека*. – 2011. – Т. 37, № 4. – С. 135–140.
6. Кривощёков С.Г. Функциональное состояние спортсменов-аддиктов при депривации физической нагрузки / С.Г. Кривощёков, О.Н. Лушников // *Физиология человека*. – 2017. – Т. 43, № 6. – С. 80–87. DOI: 10.7868/S0131164617040075
7. Фельсендорфф О.В. Риски развития аддикции упражнений и расстройств пищевого поведения среди женщин, посещающих фитнес-клубы / О.В. Фельсендорфф, А.Ю. Егоров // *Обзор психиатрии и медицинской психологии им. В.М. Бехтерева*. – 2017. – Т. 1, № 2. – С. 96–101.
8. Физическая нагрузка при лечении депрессии. Физиологические механизмы / В.В. Гультяева, М.И. Зинченко, Д.Ю. Урюмцев и др. // *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. – 2019. – Т. 119, № 7. – С. 112–119. DOI: 10.17116/jnevro2019119071112
9. Aberrant brain activation during a response inhibition task in adolescent eating disorder subtypes / J. Lock, A. Garrett, J. Beenhakker, A.L. Reiss // *The American journal of psychiatry*. – 2011. – Vol. 168, no. 1. – P. 55–64. DOI: 10.1176/appi.ajp.2010.10010056
10. An fMRI study of cognitive control in problem gamers / M. Luijten, G.J. Meerkerk, I.H. Franken, et al. // *Psychiatry research*. – 2015. – Vol. 231, no. 3. – P. 262–268. DOI: 10.1016/j.psychresns.2015.01.004
11. Conceptualizing primary and secondary pathological exercise using available measures of excessive exercise / H.E. Cunningham, S. Pearnan and T.D. Brewerton // *The International journal of eating disorders*. – 2016. – Vol. 49, no. 8. – P. 778–792. DOI: 10.1002/eat.22551

12. *Daily physical activity and alcohol use across the adult lifespan* / D.E. Conroy, N. Ram, A.L. Pincus, et al. // *Health psychology: official journal of the Division of Health Psychology, American Psychological Association*. – 2015. – Vol. 34, no. 6. – P. 653–660. DOI: 10.1037/hea0000157
13. *Definitions and measures of exercise dependence* / B. Allegre, M. Souville, P. Therme, M. Griffiths // *Addiction research and theory*. – 2006. – Vol. 14, no. 6. – P. 631–646. DOI: 10.1080/16066350600903302
14. *Effect of physical therapy management of nonspecific low back pain with exercise addiction behaviors: a case series* / S. Anandkumar, M. Manivasagam, V.T.S. Kee, U. Meyding-Lamade // *Physiotherapy theory and practice*. – 2018. – Vol. 34, no. 4. – P. 316–328. DOI: 10.1080/09593985.2017.1394410
15. *Effects of anabolic-androgens on brain reward function* / E. Mhillaj, M.G. Morgese, P. Tucci, et al. // *Frontiers in neuroscience*. – 2015. – Vol. 9. – Article 295. DOI: 10.3389/fnins.2015.00295
16. *Exercise addiction – the emergence of a new disorder* / K. Berczik, M.D. Griffiths, A. Szabó, et al. // *Australasian epidemiologist*. – 2014. – Vol. 21, no. 2. – P. 36–40.
17. *Exercise addiction in team sport and individual sport: prevalences and validation of the exercise addiction inventory* / M.B. Lichtenstein, K.S. Larsen, E. Christiansen, et al. // *Addiction research and theory*. – 2014. – Vol. 22, no. 5. – P. 431–437. DOI: 10.3109/16066359.2013.875537
18. *Exercise addiction: links, risks and challenges faced* / M. Lichtenstein, C.J. Hinze, B. Emborg, et al. // *European psychiatry*. – 2017. – Vol. 41. – P. S868–S869. DOI: 10.1016/j.eurpsy.2017.01.1742
19. *Exercise addiction: symptoms, diagnosis, epidemiology, and etiology* / K. Berczik, A. Szabo, M.D. Griffiths, et al. // *Substance use and misuse*. – 2012. – Vol. 47, no. 4. – P. 403–417. DOI: 10.3109/10826084.2011.639120
20. *Exercise and alcohol consumption: what we know, what we need to know, and why it is important* / J.L. Leasure, C. Neighbors, C.E. Henderson, C.M. Young // *Frontiers in Psychiatry*. – 2015. – Vol. 6. – Article 156. DOI: 10.3389/fpsy.2015.00156
21. *Exercise dependence among hungarian fitness center users: preliminary results* / Z. Menczel, E. Kovacs, A. Eisinger, et al. // *New Medicine*. – 2014. – No. 3. – P. 103–108.
22. *Exercise dependence: associations with capability for suicide and past suicidal behavior* / M.L. Rogers, M.E. Duffy, J.M. Buchman-Schmitt, et al. // *Journal of clinical psychology*. – 2019. – Vol. 75, no. 1. – P. 165–177. DOI: 10.1002/jclp.22696
23. *Exercise deprivation increases negative mood in exercise-addicted subjects and modifies their biochemical markers* / H.K.M. Antunes, G.S.F. Leite, K.S. Lee, et al. // *Physiology and behavior*. – 2016. – Vol. 156. – P. 182–190. DOI: 10.1016/j.physbeh.2016.01.028
24. *Freimuth M. Clarifying exercise addiction: differential diagnosis, co-occurring disorders, and phases of addiction* / M. Freimuth, S. Moniz, S.R. Kim // *International journal of environmental research and public health*. – 2011. – Vol. 8, no. 10. – P. 4069–4081. DOI: 10.3390/ijerph8104069
25. *Gender differences in exercise dependence and eating disorders in young adults: a path analysis of a conceptual model* / S. Meulemans, P. Pribis, T. Grajales, G. Krivak // *Nutrients*. – 2014. – Vol. 6, no. 11. – P. 4895–4905. DOI: 10.3390/nu6114895
26. *Hausenblas, H.A. Exercise dependence: a systematic review* / H.A. Hausenblas, D.S. Downs // *Psychology of Sport and Exercise*. – 2002. – No. 3. – P. 89–123. DOI: 10.1016/S1469-0292(00)00015-7
27. *Hausenblas H.A. Practice pointer. Addiction to exercise* / H.A. Hausenblas, K. Schreiber, J.M. Smoliga // *British Medical Journal*. – 2017. – Vol. 357. – No. j1745. DOI: 10.1136/bmj.j1745
28. *Hill, A.P. The predictive ability of perfectionistic traits and self-presentational styles in relation to exercise dependence* / A.P. Hill, S.J. Robson, G.M. Stamp // *Personality and Individual Differences*. – 2015. – Vol. 86. – P. 176–183. DOI: 10.1016/j.paid.2015.06.015
29. *Is exercise addiction in fitness centers a socially accepted behavior?* / M.B. Lichtenstein, B. Emborg, S.D. Hemmingsen, et al. // *Addictive Behaviors Reports*. – 2017. – No. 6. – P. 102–105. DOI: 10.1016/j.abrep.2017.09.002
30. *Jee, Y.S. Exercise addiction and psychophysiological health in korean collegiate students* / Y.S. Jee, D. Eun // *International journal of mental health and addiction*. – 2018. – Vol. 16, no. 2. – P. 451–465.

31. Landolfi, E. Exercise addiction / E. Landolfi // *Sports medicine*. – 2013. – Vol. 43, no. 2. – P. 111–119. DOI: 10.1007/s40279-012-0013-x
32. Leone, J.E. Muscle dysmorphia symptomatology and extreme drive for muscularity in a 23-year-old woman: a case study / J.E. Leone // *Journal of Strength and Conditioning Research*. – 2009. – Vol. 23, no. 3. – P. 988–995. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181a0547a
33. Overactivation of the reward system and deficient inhibition in exercise addiction / Q. Huang, J. Huang, Y. Chen, et al. // *Medicine and science in sports and exercise*. – 2019. – Vol. 51, no. 9. – P. 1918–1927. DOI: 10.1249/MSS.0000000000001988
34. Pilot study of endurance runners and brain responses associated with delay discounting / L.E. Martin, J.F.V. Sisante, D.R. Wilson, et al. // *International journal of exercise science*. – 2017. – Vol. 10, no. 5. – P. 690–701.
35. Prevalence of risk for exercise dependence: a systematic review / A. Marques, M. Peralta, H. Sarmento, et al. // *Sports medicine*. – 2019. – Vol. 49, no. 2. – P. 319–330. DOI: 10.1007/s40279-018-1011-4
36. Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine / R. Meeusen, M. Duclos, C. Foster, et al. // *Medicine and science in sports and exercise*. – 2013. – Vol. 45, no. 1. – P. 186–205. DOI: 10.1249/MSS.0b013e318279a10a
37. Psychological response of athletes to injury / R. Masten; K. Stazar, I. Zilavec et al. // *Kinesiology*. – 2014. – Vol. 46, no. 1. – P. 127–134.
38. Psychometric properties and concurrent validity of two exercise addiction measures: a population wide study / K. Monok, K. Berczik, R. Urban et al. // *Psychology of Sport and Exercise*. – 2012. – Vol. 13, no. 6. – P. 739–746. DOI: 10.1016/j.psychsport.2012.06.003
39. Psychosocial functioning in injured and non-injured athletes with symptoms of exercise addiction / M. Lichtenstein, R.O. Nielsen, C. Gudex, et al. // *European Psychiatry*. – 2017. – Vol. 41. – P. S205–S205. DOI: 10.1016/j.eurpsy.2017.01.2163
40. Rossi, L. Assessment of physical exercise addiction in karate and its relation to time of engagement / L. Rossi, J. Tirapegui // *Revista brasileira de medicina do esporte*. – 2015. – Vol. 21, no. 1. – P. 32–35. DOI: 10.1590/1517-86922015210102060
41. Rudolph, S. The connection between exercise addiction and orthorexia nervosa in German fitness sports / S. Rudolph // *Eating and Weight Disorders*. – 2018. – Vol. 23, no. 5. – P. 581–586. DOI: 10.1007/s40519-017-0437-2
42. Running on empty: high self-esteem as a risk factor for exercise addiction / M.M. Ertl, L.M. Longo, G.H. Groth et al. // *Addiction research and theory*. – 2017. – Vol. 26, no. 3. – P. 205–211. DOI: 10.1080/16066359.2017.1347257
43. Saliency processing and obesity: a preliminary imaging study of the stop signal task / O.M. Hendrick, X. Luo, S. Zhang, C.S. Li // *Obesity (Silver Spring)*. – 2012. – Vol. 20, no. 9. – P. 1796–1802. DOI: 10.1038/oby.2011.180
44. Systematic review of ERP and fMRI studies investigating inhibitory control and error processing in people with substance dependence and behavioural addictions / M. Luijten, M.W. Machielsen, D.J. Veltman, et al. // *Journal of Psychiatry and Neuroscience*. – 2014. – Vol. 39, no. 3. – P. 149–169. DOI: 10.1503/jpn.130052
45. Terry, A. The exercise addiction inventory: a new brief screening tool / A. Terry, A. Szabo, M.D. Griffiths // *Addiction Research and Theory*. – 2004. – Vol. 12, no. 5. – P. 489–499. DOI: 10.1080/16066350310001637363
46. The frontal executive function in exercise addicts, moderate exercisers, and exercise avoiders / K. Ryu, Y. Kim, M. Kwon, et al. // *American journal on addictions*. – 2016. – Vol. 25, no. 6. – P. 466–471. DOI: 10.1111/ajad.12422
47. Unraveling exercise addiction: the role of narcissism and self-esteem / A. Bruno, D. Quattrone, G. Scimeca, et al. // *Journal of addiction*. – 2014. – Vol. 2014. – No. 987841. DOI: 10.1155/2014/987841
48. Wardle M.C. Effects of an acute bout of physical exercise on reward functioning in healthy adults / M.C. Wardle, P. Lopez-Gamundi, E.C. LaVoy // *Physiology and behavior*. – 2018. – Vol. 194. – P. 552–559. DOI: 10.1016/j.physbeh.2018.07.010
49. Weinstein, A. Exercise addiction – diagnosis, bio-psychological mechanisms and treatment issues / A. Weinstein, Y. Weinstein // *Current pharmaceutical design*. – 2014. – Vol. 20, no. 25. – P. 4062–4069. DOI: 10.2174/13816128113199990614

Зинченко Маргарита Ивановна, кандидат медицинских наук, научный сотрудник отдела функциональных резервов и спортивной медицины, Научно-исследовательский институт нейронаук и медицины. 630117, г. Новосибирск, ул. Академика Тимакова, 4. E-mail: miz@physiol.ru, ORCID: 0000-0003-3107-0493.

Гульятеева Валентина Владимировна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела функциональных резервов и спортивной медицины, Научно-исследовательский институт нейронаук и медицины. 630117, г. Новосибирск, ул. Академика Тимакова, 4. E-mail: gulyaevavv@physiol.ru, ORCID: 0000-0001-9981-2452.

Урюмцев Дмитрий Юрьевич, кандидат медицинских наук, научный сотрудник отдела функциональных резервов и спортивной медицины, Научно-исследовательский институт нейронаук и медицины. 630117, г. Новосибирск, ул. Академика Тимакова, 4. E-mail: piud@physiol.ru, ORCID: 0000-0002-6434-8220.

Кривошёков Сергей Георгиевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом функциональных резервов и спортивной медицины, заведующий лабораторией функциональных резервов организма, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский институт нейронаук и медицины. 630117, г. Новосибирск, ул. Академика Тимакова, 4. E-mail: krivosch@physiol.ru, ORCID: 0000-0002-2306-829X.

Поступила в редакцию 10 сентября 2021 г.

DOI: 10.14529/hsm210416

EXERCISE ADDICTION: A LITERATURE REVIEW

M.I. Zinchenko, miz@physiol.ru, ORCID: 0000-0003-3107-0493,

V.V. Gulyaeva, gulyaevavv@physiol.ru, ORCID: 0000-0001-9981-2452,

D.Yu. Uryumtsev, piud@physiol.ru, ORCID: 0000-0002-6434-8220,

S.G. Krivoschekov, krivosch@physiol.ru, ORCID: 0000-0002-2306-829X

Scientific Research Institute of Neurosciences and Medicine, Novosibirsk, Russian Federation

Aim. This study aims to analyze the new data obtained over the past decade about the concept, mechanisms of development, concomitant factors and the frequency of exercise addiction (EA). **Materials and methods.** The following databases were used to find the relevant information: PubMed, Web of Science, E-library. All information sources were published between 2011 and 2020. **Results.** The definition of EA is based on the general components of behavioral addictions and describes the state when exercise becomes the most important part of a person's life. Over the past decade, scientific attention has been focused on functional and neurobiological EA-related changes in the reward and inhibitory control systems. These changes are associated with neurotransmitter imbalance that leads to hyperactivation of the dopaminergic system. It is likely that physical activity itself contributes to EA pathogenesis through the increase of the sensitivity of the reward system. However, these changes manifest themselves after a long period of training. Moreover, anabolic steroids can provoke imbalance in the neurotransmitter system, which is involved in the brain reward system, and thus promote EA development. Only two studies about the frequency of EA in Russia were found. The frequency of EA among Russian athletes (fitness) was higher than that of Danish and Hungarian athletes and did not differ from German athletes. The frequency of EA among Russian football players was higher compared to Danish athletes. **Conclusion.** The understanding of EA pathogenesis and EA impact on athletic performance requires further research.

Keywords: *exercise addiction, behavioral addiction, inhibitory control, reward system.*

References

1. Barabanshchikova V.V., Klimova O.A. [Professional Deformations in Elite Sports]. *Natsional'nyy psikhologicheskiy zhurnal* [National Psychological Journal], 2015, vol. 18, no. 2, pp. 3–12. (in Russ.) DOI: 10.11621/npj.2015.0201
2. Dubatova I.V., Antsyborov A.V. [The Role of Impulsivity and Impulse Control Disorders in the Formation of Addictive Disorders]. *Interaktivnaya nauka* [Interactive Science], 2019, vol. 6, no. 40, pp. 68–84. (in Russ.) DOI: 10.21661/r-497111
3. Egorov A.Yu., Sabo A., Fel'sendorff O.V. [Models of Sports Addiction]. *Voprosy psikhologii* [Questions of Psychology], 2016, no. 3, pp. 96–109. (in Russ.)
4. Egorov A.Yu., Fel'sendorff O.V. [Sports Addiction (Literature Review)]. *Dnevnik psikhiatra* [Diary of a Psychiatrist], 2013, no. 4, pp. 7–9. (in Russ.)
5. Krivoshchekov S.G., Lushnikov O.N. [Psychophysiology of Sports Addictions (Addiction Exercises)]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2011, vol. 37, no. 4, pp. 135–140. (in Russ.) DOI: 10.1134/S0362119711030030
6. Krivoshchekov S.G., Lushnikov O.N. [Functional State of Sportsmen-Addicts During Physical Load Deprivation]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2017, vol. 43, no. 6, pp. 80–87. (in Russ.) DOI: 10.7868/S0131164617040075
7. Fel'sendorff O.V., Egorov A.Yu. [Risks of Developing Exercise Addiction and Eating Disorders Among Women Attending Fitness Clubs]. *Obzreniye psikhiiatrii i meditsinskoy psikhologii imeni V.M. Bekhtereva* [Review of Psychiatry and Medical Psychology named after V.M. Ankylosing Spondylitis], 2017, vol. 1, no. 2, pp. 96–101. (in Russ.)
8. Gul'tyayeva V.V., Zinchenko M.I., Uryumtsev D.Yu. et al. [Exercise in the Treatment of Depression. Physiological Mechanisms]. *Zhurnal nevrologii i psikhiiatrii imeni S.S. Korsakova* [Journal of Neurology and Psychiatry named after S.S. Korsakov], 2019, vol. 119, no. 7, pp. 112–119. (in Russ.) DOI: 10.17116/jnevro2019119071112
9. Lock J., Garrett A., Beenhakker J., Reiss A.L. Aberrant Brain Activation During a Response Inhibition Task in Adolescent Eating Disorder Subtypes. *The American Journal of Psychiatry*, 2011, vol. 168, no. 1, pp. 55–64. (in Russ.) DOI: 10.1176/appi.ajp.2010.10010056
10. Luijten M., Meerkerk G.J., Franken I.H. et al. An fMRI Study of Cognitive Control in Problem Gamers. *Psychiatry Research*, 2015, vol. 231, no. 3, pp. 262–268. DOI: 10.1016/j.psychres.2015.01.004
11. Cunningham H.E., Pearman S., Brewerton T.D. Conceptualizing Primary and Secondary Pathological Exercise Using Available Measures of Excessive Exercise. *The International Journal of Eating Disorders*, 2016, vol. 49, no. 8, pp. 778–792. DOI: 10.1002/eat.22551
12. Conroy D.E., Ram N., Pincus A.L. et al. Daily Physical Activity and Alcohol Use Across the Adult Lifespan. *Health Psychology: Official Journal of the Division of Health Psychology, American Psychological Association*, 2015, vol. 34, no. 6, pp. 653–660. (in Russ.) DOI: 10.1037/hea0000157
13. Allegre B., Souville M., Therme P., Griffiths M. Definitions and Measures of Exercise Dependence. *Addiction Research and Theory*, 2006, vol. 14, no. 6, pp. 631–646. DOI: 10.1080/16066350600903302
14. Anandkumar S., Manivasagam M., Kee V.T.S., Meyding-Lamade U. Effect of Physical Therapy Management of Nonspecific Low Back Pain with Exercise Addiction Behaviors: a Case Series. *Physiotherapy Theory and Practice*, 2018, vol. 34, no. 4, pp. 316–328. DOI: 10.1080/09593985.2017.1394410
15. Mhillaj E., Morgese M.G., Tucci P. et al. Effects of Anabolic-Androgens on Brain Reward Function. *Frontiers in Neuroscience*, 2015, vol. 9, Art. 295. DOI: 10.3389/fnins.2015.00295
16. Berczik K., Griffiths M.D., Szabó A. et al. Exercise Addiction – the Emergence of a New Disorder. *Australasian Epidemiologist*, 2014, vol. 21, no. 2, pp. 36–40.
17. Lichtenstein M.B., Larsen K.S., Christiansen E. et al. Exercise Addiction in Team Sport and Individual Sport: Prevalences and Validation of the Exercise Addiction Inventory. *Addiction Research and Theory*, 2014, vol. 22, no. 5, pp. 431–437. DOI: 10.3109/16066359.2013.875537
18. Lichtenstein M., Hinze C.J., Emborg B. et al. Exercise Addiction: Links, Risks and Challenges Faced. *European Psychiatry*, 2017, vol. 41, pp. 868–869. DOI: 10.1016/j.eurpsy.2017.01.1742

19. Berczik K., Szabo A., Griffiths M.D. et al. Exercise Addiction: Symptoms, Diagnosis, Epidemiology, and Etiology. *Substance Use and Misuse*, 2012, vol. 47, no. 4, pp. 403–417. DOI: 10.3109/10826084.2011.639120
20. Leasure J.L., Neighbors C., Henderson C.E., Young C.M. Exercise and Alcohol Consumption: what we Know, what we Need to Know, and why it is Important. *Frontiers in Psychiatry*, 2015, vol. 6, art. 156. DOI: 10.3389/fpsy.2015.00156
21. Menczel Z., Kovacs E., Eisinger A. et al. Exercise Dependence Among Hungariane Fitness Center Users: Preliminary Results. *New Medicine*, 2014, no. 3, pp. 103–108.
22. Rogers M.L., Duffy M.E., Buchman-Schmitt J.M. et al. Exercise Dependence: Associations with Capability for Suicide and Past Suicidal Behavior. *Journal of Clinical Psychology*, 2019, vol. 75, no. 1, pp. 165–177. DOI: 10.1002/jclp.22696
23. Antunes H.K.M., Leite G.S.F., Lee K.S. et al. Exercise Deprivation Increases Negative Mood in Exercise-Addicted Subjects and Modifies their Biochemical Markers. *Physiology and Behavior*, 2016, vol. 156, pp. 182–190. DOI: 10.1016/j.physbeh.2016.01.028
24. Freimuth M., Moniz S., Kim S.R. Clarifying Exercise Addiction: Differential Diagnosis, Co-Occurring Disorders, and Phases of Addiction. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2011, vol. 8, no. 10, pp. 4069–4081. DOI: 10.3390/ijerph8104069
25. Meulemans S., Pribis P., Grajales T., Krivak G. Gender Differences in Exercise Dependence and Eating Disorders in Young Adults: a Path Analysis of a Conceptual Model. *Nutrients*, 2014, vol. 6, no. 11, pp. 4895–4905. DOI: 10.3390/nu6114895
26. Hausenblas H.A., Downs D.S. Exercise Dependence: a Systematic Review. *Psychology of Sport and Exercise*, 2002, no. 3, pp. 89–123. DOI: 10.1016/S1469-0292(00)00015-7
27. Hausenblas H.A., Schreiber K., Smoliga J.M. Practice Pointer. Addiction to Exercise. *British Medical Journal*, 2017, vol. 357, no. j1745. DOI: 10.1136/bmj.j1745
28. Hill A.P., Robson S.J., Stamp G.M. The Predictive Ability of Perfectionistic Traits and Self-Presentational Styles in Relation to Exercise Dependence. *Personality and Individual Differences*, 2015, vol. 86, pp. 176–183. DOI: 10.1016/j.paid.2015.06.015
29. Lichtenstein M.B., Emborg B., Hemmingsen S.D. et al. Is Exercise Addiction in Fitness Centers a Socially Accepted Behavior? *Addictive Behaviors Reports*, 2017, no. 6, pp. 102–105. DOI: 10.1016/j.abrep.2017.09.002
30. Jee Y.S., Eun D. Exercise Addiction and Psychophysiological Health in Korean Collegiate Students. *International Journal of Mental Health and Addiction*, 2018, vol. 16, no. 2, pp. 451–465.
31. Landolfi E. Exercise Addiction. *Sports Medicine*, 2013, vol. 43, no. 2, pp. 111–119. DOI: 10.1007/s40279-012-0013-x
32. Leone J.E. Muscle Dysmorphia Symptomatology and Extreme Drive for Muscularity in a 23-Year-Old Woman: a Case Study. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2009, vol. 23, no. 3, pp. 988–995. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181a0547a
33. Huang Q., Huang J., Chen Y. et al. Overactivation of the Reward System and Deficient Inhibition in Exercise Addiction. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2019, vol. 51, no. 9, pp. 1918–1927. DOI: 10.1249/MSS.0000000000001988
34. Martin L.E., Sisante J.F.V., Wilson D.R. et al. Pilot Study of Endurance Runners and Brain Responses Associated with Delay Discounting. *International Journal of Exercise Science*, 2017, vol. 10, no. 5, pp. 690–701.
35. Marques A., Peralta M., Sarmiento H. et al. Prevalence of Risk for Exercise Dependence: a Systematic Review. *Sports Medicine*, 2019, vol. 49, no. 2, pp. 319–330. DOI: 10.1007/s40279-018-1011-4
36. Meeusen R., Duclos M., Foster C. et al. Prevention, Diagnosis, and Treatment of the Overtraining Syndrome: Joint Consensus Statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2013, vol. 45, no. 1, pp. 186–205. DOI: 10.1249/MSS.0b013e318279a10a
37. Masten R., Stazar K., Zilavec I. et al. Psychological Response of Athletes to Injury. *Kinesiology*, 2014, vol. 46, no. 1, pp. 127–134.

38. Monok K., Berczik K., Urban R. et al. Psychometric Properties and Concurrent Validity of Two Exercise Addiction Measures: a Population Wide Study. *Psychology of Sport and Exercise*, 2012, vol. 13, no. 6, pp. 739–746. DOI: 10.1016/j.psychsport.2012.06.003
39. Lichtenstein M., Nielsen R.O., Gudex C. et al. Psychosocial Functioning in Injured and Non-Injured Athletes with Symptoms of Exercise Addiction. *European Psychiatry*, 2017, vol. 41, pp. 205–205. DOI: 10.1016/j.eurpsy.2017.01.2163
40. Rossi L., Tirapegui J. Assessment of Physical Exercise Addiction in Karate and Its Relation to Time of Engagement. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 2015, vol. 21, no. 1, pp. 32–35. DOI: 10.1590/1517-86922015210102060
41. Rudolph S. The Connection Between Exercise Addiction and Orthorexia Nervosa in German Fitness Sports. *Eating and Weight Disorders*, 2018, vol. 23, no. 5, pp. 581–586. DOI: 10.1007/s40519-017-0437-2
42. Ertl M.M., Longo L.M., Groth G.H. et al. Running on Empty: High Self-Esteem as a Risk Factor for Exercise Addiction. *Addiction Research and Theory*, 2017, vol. 26, no. 3, pp. 205–211. DOI: 10.1080/16066359.2017.1347257
43. Hendrick O.M., Luo X., Zhang S., Li C.S. Saliency Processing and Obesity: a Preliminary Imaging Study of the Stop Signal Task. *Obesity (Silver Spring)*, 2012, vol. 20, no. 9, pp. 1796–1802. DOI: 10.1038/oby.2011.180
44. Luijten M., Machielsen M.W., Veltman D.J. et al. Systematic Review of ERP and fMRI Studies Investigating Inhibitory Control and Error Processing in People with Substance Dependence and Behavioural Addictions. *Journal of Psychiatry and Neuroscience*, 2014, vol. 39, no. 3, pp. 149–169. DOI: 10.1503/jpn.130052
45. Terry A., Szabo A., Griffiths M.D. The Exercise Addiction Inventory: a New Brief Screening Tool. *Addiction Research and Theory*, 2004, vol. 12, no. 5, pp. 489–499. DOI: 10.1080/16066350310001637363
46. Ryu K., Kim Y., Kwon M. et al. The Frontal Executive Function in Exercise Addicts, Moderate Exercisers, and Exercise Avoiders. *American Journal on Addictions*, 2016, vol. 25, no. 6, pp. 466–471. DOI: 10.1111/ajad.12422
47. Bruno A., Quattrone D., Scimeca G. et al. Unraveling Exercise Addiction: the Role of Narcissism and Self-Esteem. *Journal of Addiction*, 2014, vol. 2014, no. 987841. DOI: 10.1155/2014/987841
48. Wardle M.C., Lopez-Gamundi P., LaVoy E.C. Effects of an Acute Bout of Physical Exercise on Reward Functioning in Healthy Adults. *Physiology and Behavior*, 2018, vol. 194, pp. 552–559. DOI: 10.1016/j.physbeh.2018.07.010
49. Weinstein A., Weinstein Y. Exercise Addiction – Diagnosis, Bio-Psychological Mechanisms and Treatment Issues. *Current Pharmaceutical Design*, 2014, vol. 20, no. 25, pp. 4062–4069. DOI: 10.2174/13816128113199990614

Received 10 September 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Спортивная аддикция (обзор литературы) / М.И. Зинченко, В.В. Гульяева, Д.Ю. Урюмцев, С.Г. Кривощёков // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 139–149. DOI: 10.14529/hsm210416

FOR CITATION

Zinchenko M.I., Gulyaeva V.V., Uryumtsev D.Yu., Krivoschekov S.G. Exercise Addiction: a Literature Review. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 4, pp. 139–149. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210416

ЗНАЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО КОНТРОЛЯ УРОВНЯ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СПОРТСМЕНОВ НА НАЧАЛЬНОМ И ТРЕНИРОВОЧНОМ ЭТАПАХ

А.П. Морозов

«Юность Москвы» Москомспорта, г. Москва, Россия

Цель: совершенствование требований к организации мониторинга различных сторон подготовленности юных спортсменов на начальном и тренировочном этапах спортивной подготовки в настоящее время является одной из первостепенных задач. **Материалы и методы исследования.** При проведении данного исследования были проанализированы различные виды и формы контроля, применяемые в спортивной практике, сформированы требования к программе исследования уровня подготовленности юных спортсменов на первых двух этапах спортивной подготовки. Для уточнения содержания программы контроля также были применены опрос и экспертная оценка. Педагогический эксперимент заключался в применении на начальном и тренировочном этапах форм и видов контроля, характерных для этапа высшего спортивного мастерства, с соответствующим изменением батарей тестов и критериев оценки. **Результаты.** Предварительные результаты исследования показали значительный вклад систематического комплексного контроля в улучшение уровня спортивной формы, способствовали оптимизации параметров тренировочной нагрузки. **Заключение.** Коррекция тренировочных планов на начальном и тренировочном этапах должна основываться на дифференцированном анализе результатов педагогических тестов и медико-биологических обследований, особенно важно проводить сопоставление результатов с чувствительными периодами развития физических качеств и индивидуальными особенностями развития детей и подростков.

Ключевые слова: спортсмен, анализ данных, оперативный, методические приемы, управление, состояние.

Введение. Планирование тренировочного процесса в детско-юношеском спорте требует в настоящее время и соответствующих средств и методов для осуществления контроля и управления тренировочным процессом на высоком профессиональном уровне. Большое количество различных комплексов физических упражнений и вариантов их сочетаний, разностороннего воздействия на организм требует наличия у тренерского состава соответствующего уровня физической и технической подготовленности. В связи с этим особое значение имеет объективная оценка возможностей юных спортсменов выполнить поставленные двигательные задачи без чрезмерного напряжения функциональных систем [1, 2].

В детском и подростковом возрасте эволюционные изменения организма имеют нарастающий, как правило, скачкообразный характер, требующий постоянной и целостной оценки [3], без которой невозможно качественно осуществлять тренировочную деятельность, что лежит в основе необходимости регулярной оценки уровня спортивной формы для предупреждения форсирования тренировочных

вочных [2–4] и соревновательных нагрузок [5, 10, 12]. Основной дилеммой является то, что именно в подростковом возрасте, периоде, на который в основном приходится тренировочный этап спортивной подготовки, – наибольшее в процентном соотношении увеличение параметров физической нагрузки [6].

Гормональные скачки обуславливают сильное изменение уровня функциональной готовности органов и систем к повышению физической нагрузки в детском и подростковом возрасте. Необходимо особо указать на важность систематического мониторинга деятельности сердечно-сосудистой системы в подростковом возрасте [6, 7]. Большое количество неблагоприятных последствий, связанных с досрочным прекращением спортивной карьеры или внезапной смертью в возрасте 11–16 лет, связано именно с недостаточными возможностями сердца и сосудов переносить предлагаемую тренировочную нагрузку. Даже обучение простейшему подсчету ЧСС на сонной или лучезапястной артериях и регулярное его проведение, не говоря уже о применении в тренировочной деятельности телеметриче-

ских кардиодатчиков, обеспечивает своевременный анализ функционального состояния сердечно-сосудистой системы и будет способствовать коррекции параметров тренировочной нагрузки [4, 5, 8, 9, 11].

Материалы и методы. В предварительных исследованиях по включению комплексного контроля тренировочного процесса на начальном и тренировочном этапах приняли участие юные спортсмены, занимающиеся гандболом, легкой атлетикой, футболом, самбо, греко-римской и вольной борьбой. Общее количество составило 200 человек на начальном этапе и 100 – на тренировочном этапе.

Были изучены требования основных нормативных документов, регламентирующих подготовку спортивного резерва в России, и учтены современные тенденции организации тренировочной и соревновательной деятельности в соответствии с требованиями к уровню подготовленности на данных этапах. При организации комплексного контроля в данном исследовании были применены все традиционные формы оценки различных сторон подготовленности – оперативный, текущий, этапный контроль и обследование соревновательной деятельности. Оценка функционального состояния организма проводилась на основании данных углубленных медицинских обследований, проводимых согласно графику два раза в год.

Это позволило определить, что основными составляющими программ комплексного контроля должны быть не только проведение функциональной оценки систем организма, тестирование уровня физической и технической подготовленности (перечень испытаний должен включать в себя как обязательные из федеральных стандартов по видам спорта, так и специально разработанные с учетом специфики вида спорта), но и дифференцированный анализ как годичного, так и многолетнего планирования, результаты анализа соревновательной деятельности (видеоанализ, экспертная оценка) [12–14].

Результаты. При планировании годичного плана должны учитываться все возможные варианты применения форм и видов комплексного контроля, перечень тестов и показателей оценки. Кроме того, на основе анализа предшествующего годичного цикла помимо вносимых оперативных коррекций должны формироваться методические рекомендации, построенные на объективном анализе полу-

ченных данных, с указанием наиболее проблемных моментов в подготовке. Совокупность данных форм и видов контроля обеспечит проведение глубокого и объективного анализа адаптационных возможностей организма юных спортсменов к выполнению объемных показателей физической нагрузки в каждом годичном цикле тренировочного процесса и всего этапа подготовки в целом [15–17].

На тренировочном этапе спортивной подготовки в связи с повышением требований к уровню технической и специальной физической подготовки, увеличением количества соревнований особое внимание уделялось показателям соревновательной деятельности, в частности биомеханическим параметрам, и оценке функционального состояния органов и систем. Также необходимо отметить, что текущее обследование на тренировочном этапе осуществлялось в рамках проведения сборов

Применяемая программа комплексного контроля включала в себя разработанные в отечественной спортивной науке формы – оперативный, текущий, этапный контроль, оценку соревновательной деятельности. Данные формы прекрасно зарекомендовали себя при работе со спортсменами высокого класса, однако в детско-юношеском спорте на данный момент не все они применяются в полном объеме.

В структуре программы были учтены особенности соревновательной деятельности во всех видах спорта, сроки и продолжительность тренировочных мероприятий. В таблице представлена схема комплексного контроля на начальном и тренировочном этапах в годичном цикле подготовки.

Углубленные медицинские обследования проходили не менее двух раз в год во врачебно-физкультурных диспансерах согласно утвержденному графику.

На основе систематически получаемых данных педагогических тестов, функциональных проб и других средств и методов в планы подготовки вносились необходимые изменения, обеспечивающие повышение эффективности тренировочного процесса без форсирования объемов и интенсивности тренировочной и соревновательной нагрузки. Данные изменения заключались в следующем.

По результатам проведения исследования были сформированы требования к организации тренировочного процесса на данных этапах спортивной подготовки:

Спортивная тренировка

Структура комплексного контроля на этапе начальной подготовки и тренировочном этапе
The structure of the comprehensive control system at the initial and training stages

Этап спортивной подготовки Stage	Форма контроля Control	Количество исследований в годичном цикле Number of examinations per year
Начальный Initial	Оперативный Essential	Не менее 2 раз в микроцикл At least 2 times
	Текущий Current	4 раза в год 4 times
	Обследование соревновательной деятельности Competitive	Согласно календарю соревнований и тренировочному плану According to the competition schedule and training program
Тренировочный Training	Оперативный Essential	Не менее 3 раз в микроцикл At least 3 times
	Текущий Current	Не менее 3 раз в год At least 3 times
	Этапный Stage-related	Не менее 2 раз, совместно с углубленным медицинским обследованием At least 2 times together with a thorough medical examination
	Обследование соревновательной деятельности Competitive	Согласно календарю соревнований и тренировочному плану According to the competition schedule and training program

– проведение педагогических тестирований должно иметь статус не только обязательного элемента спортивной подготовки, позволяющего оценить выполнение переводных нормативов, но прежде всего метода более гибкого и точного управления спортивной формой юных спортсменов;

– внесение изменений в планы подготовки должно осуществляться регулярно, на основе динамики не только качественных и количественных показателей различных сторон подготовленности, но и учета индивидуальных особенностей спортсменов;

– на протяжении времени занятий на этапе начальной подготовки и тренировочном этапе основой будущих спортивных достижений является обязательное применение разнообразных средств и методов подготовки с целью расширения двигательного потенциала и снижения уровня перенапряжения нервно-мышечного аппарата вследствие выполнения специфических для конкретного вида спорта нагрузок.

Формирование объективного представления о состоянии уровня спортивной формы необходимо для осуществления оперативного управления тренировочным процессом в периоде, когда рост и развитие организма во многом обуславливает эффективность приме-

няемых тренировочных средств и методов. Данная информация является совершенно необходимым элементом организации и управления тренировочным процессом, и именно регулярная оценка физической подготовленности способствует рациональному выбору средств и методов тренировочного процесса, эффективному планированию многолетнего тренировочного процесса. Внедрение в многолетний тренировочный процесс комплексного контроля с включением всех его форм способствует не только накоплению данных о динамике спортивной формы, результативности соревновательных периодов, но и обеспечивает формирование методических рекомендаций по оптимизации тренировочного процесса, коррекции и дополнению применяемых методов и средств.

Заключение. Наличие в тренерском арсенале соответствующих знаний в области применения контроля уровня спортивной подготовленности воспитанников обеспечивает высокую эффективность планирования тренировочной нагрузки, сохранения здоровья юных спортсменов, повышение мотивации к последующей тренировочной деятельности. Регулярный анализ выполненной тренировочной работы совместно с объективными данными педагогических и медико-биологиче-

ских тестирований, оценкой психологического состояния позволяет оптимизировать процесс спортивной подготовки и достичь поставленные в долгосрочной перспективе задачи спортивной подготовки, более гибко реагировать на естественное снижение возможностей своих воспитанников, более точно дозировать параметры нагрузки и отдыха. Ключевым моментом является то, что реализация всех мероприятий по оценке состояния здоровья и уровня спортивной формы юных спортсменов позволяет предупредить истощение резервных возможностей организма, наступление перетренированности и прекращения занятий видом спорта.

Литература

1. Барчукова, Г.В. Управление тренировочной нагрузкой на основе данных вариационной пульсометрии в микроцикле спортсменов, специализирующихся в настольном теннисе / Г.В. Барчукова, А.И. Лаптев // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2018. – № 4 (158). – С. 32–35.
2. Головкин, Д.Е. Кинезиологический потенциал спортсменов как фактор управления тренировочным процессом / Д.Е. Головкин, А.И. Загребская // Теория и практика физ. культуры. – 2019. – № 11. – С. 80.
3. Гузь, С.М. Педагогическая оценка специальной физической подготовки атлетов (12–18 лет) в силовом троеборье / С.М. Гузь // Науч.-теорет. журнал «Ученые записки». – 2009. – № 3 (49). – С. 13–17.
4. Комплексный контроль координационных способностей в методике их совершенствования у футболистов 14–15 лет / Ф. Зерег, М.В. Жийяр, К.С. Мохамед, Б. Хоусине // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2017. – № 3 (145). – С. 65–70.
5. Комплексный подход к анализу и изучению спортивных точностных двигательных действий / Е.А. Рассудихин, А.Н. Фураев, А.В. Лаптев, Д.А. Плужников // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2019. – № 8 (174). – С. 187–190.
6. Макарова, Г.А. Справочник детского спортивного врача: клинические аспекты / Г.А. Макарова. – М.: Совет. спорт, 2008. – 400 с.
7. Мехдиева, К.Р. Нагрузочное тестирование спортсменов для управления тренировочным процессом / К.Р. Мехдиева, А.В. Захарова, Н.М. Тарбеева // Теория и практика физ. культуры. – 2020. – № 5. – С. 64.
8. Никитушкин, В.Г. Комплексный контроль в подготовке юных спортсменов: моногр. / В.Г. Никитушкин. – М.: Физ. культура, 2013. – 208 с.
9. Нопин, С.В. Тестирование функционального состояния опорно-двигательного аппарата спортсменов циклических и ситуационных видов спорта / С.В. Нопин, Ю.В. Корягина, Г.Н. Тер-Акопов // Теория и практика физ. культуры. – 2020. – № 4. – С. 25.
10. Талибов, А.Х. Комплексный контроль в тренировочном процессе тяжелоатлетов высокой квалификации / А.Х. Талибов, В.П. Аксенов // Науч.-теорет. журнал «Ученые записки». – 2009. – № 6 (52). – С. 80–83.
11. Тарасова, Л.В. Индикаторы физической подготовленности высококвалифицированных стрелков из лука в процессе их адаптации к условиям соревнований / Л.В. Тарасова, Ю.Н. Зубарев // Теория и практика физ. культуры. – 2017. – № 2. – С. 7–8.
12. Углубленный контроль скоростных способностей футболистов на этапе спортивной подготовки / А.В. Захарова, К.Р. Мехдиева, С.В. Кондратович, В.Э. Тимохина // Теория и практика физ. культуры. – 2020. – № 5. – С. 80.
13. Espada, M. Evaluation of anxiety control in school-age sports / M. Espada, E. Fradejas // International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education (IJCRSEE). – 2019. – No. 7 (3). – P. 27–35.
14. Liang, Y. The effect of contact sport expertise on postural control / Y. Liang, M. Hiley, K. Kanosue // PLoS ONE. – 2019. – No. 14 (2). – e0212334. DOI: 10.1371/journal.pone.0212334
15. Open vs. Closed Skill Sports and the Modulation of Inhibitory Control / C.H. Wang, C.C. Chang, Y.M. Liang et al. // PLoS ONE. – 2013. – No. 8, iss. 2. – e55773. DOI: 10.1371/journal.pone.0055773
16. Sport Skill-Specific Expertise Biases Sensory Integration for Spatial Referencing and Postural Control / M. Thalassinou, G. Fotiadis, F. Arabatzi et al. // Journal of Motor Behavior. – 2018. – Vol. 50, no. 4. – P. 426–435.
17. Tang, Y. Control of Sports Training Chaos Predicting Model / Y. Tang, G. Li. Weight // Journal of Engineering Science and Technology Review. – 2015. – No. 8 (2). – P. 225–231.

Морозов Антон Павлович, кандидат педагогических наук, начальник научно-методического отдела, «Юность Москвы» Москомспорта. 107014, г. Москва, ул. Стромынка, д. 4, стр. 1. E-mail: morozov_anton_87@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0209-4859.

Поступила в редакцию 6 сентября 2021 г.

DOI: 10.14529/hsm210417

IMPORTANCE OF A COMPREHENSIVE CONTROL OF ATHLETIC FITNESS AT THE INITIAL AND TRAINING STAGES

A.P. Morozov, morozov_anton_87@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0209-4859

“Youth of Moscow” Moscow State Sport Department (Moscomsport), Moscow, Russian Federation

Aim. The study aims to improve the requirements for athletic fitness among young athletes at the initial and training stages, which is one of the primary tasks of modern sport. **Materials and methods.** During this study, various forms of control used in sports were analyzed, and the requirements for the assessment of athletic fitness among young athletes were proposed. The control program and its content were specified by means of a survey and expert assessment. The pedagogical experiment consisted in the use of the battery of tests and evaluation criteria that were typical for the stage of elite athletic performance with corresponding changes associated with the relevant stage of training. **Results.** Preliminary results of the study showed that regular comprehensive control contributed significantly to athletic fitness and allowed to optimize training intensity. **Conclusions.** The introduction of changes into training programs should be based on a differentiated analysis of the results of pedagogical tests and medical examination. These results should be compared with those obtained for the sensitive periods of development (physical qualities, individual features) of children and adolescents.

Keywords: athlete, data analysis, teaching methods, management, condition.

References

1. Barchukova G.V., Laptev A.I. [Training Load Management Based on Variational Pulsometry Data in the Microcycle of Athletes Specializing in Table Tennis]. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific notes University P.F. Lesgaft], 2018, no. 4 (158), pp. 32–35. (in Russ.)
2. Golovko D.E., Zagrevskaya A.I. [Kinesiological Potential of Athletes as a Factor in the Management of the Training Process]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2019, no. 11, p. 80. (in Russ.)
3. Guz S.M. [The Pedagogical Assessment of the Special Physical Training of Athletes (12–18 Years Old) in Powerlifting]. *Nauchno-teoreticheskiy zhurnal “Uchenye zapiski”* [Scientific Notes], 2009, no. 3 (49), pp. 13–17. (in Russ.)
4. Zereg F., Zhiyar M.V., Kuchuk S.M., Benzidane K. [Integrated Control of Coordination Abilities in the Methodology of Their Improvement Among Football Players Aged 14–15]. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific notes University P.F. Lesgaft], 2017, no. 3 (145), pp. 65–70. (in Russ.)
5. Rassudikhin E.A., Furaev A.N., Laptev A.V., Pluzhnikov D.A. [An Integrated Approach to the Analysis and Study of Sports Precision Motor Actions] [Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta]. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific notes University P.F. Lesgaft], 2019, no. 8 (174), pp. 187–190. (in Russ.)
6. Makarova G.A. *Spravochnik detskogo sportivnogo vracha: klinicheskie aspekty* [Handbook of a Children's Sports Doctor. Clinical Aspects]. Moscow, Soviet Sport Publ., 2008. 400 p.

7. Mehdieva K.R., Zakharova A.V., Tarbeeva N.M. [Load Testing of Athletes to Control the Training Process]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2020, no. 5, p. 64. (in Russ.)
8. Nikitushkin V.G. *Kompleksnyy kontrol' v podgotovke junyh sportsmenov: monografiya* [Integrated Control in the Training of Young Athletes]. Moscow, Physical Education Publ., 2013. 208 p.
9. Nopin S.V., Koryagina Yu.V., Ter-Akopov G.N. [Testing the Functional State of the Musculoskeletal System of Athletes in Cyclic and Situational Sports]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2020, no. 4, p. 25. (in Russ.)
10. Talibov A.Kh., Aksenov V.P. [Integrated Control in the Training Process of Highly Qualified Weightlifters]. *Nauchno-teoreticheskiy zhurnal "Uchenye zapiski"* [Scientific Notes], 2009, no. 6 (52), pp. 80–83. (in Russ.)
11. Tarasova L.V., Zubarev Yu.N. [Physical Fitness Indicators of Highly Qualified Archery in the Process of Their Adaptation to the Conditions of the Competition]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2017, no. 2, pp. 7–8. (in Russ.)
12. Zakharova A.V., Mehdieva K.R., Kondratovich S.V., Timokhin V.E. [In-Depth Control of Speed Abilities of Football Players at the Stage of Sports Training]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2020, no. 5, p. 80. (in Russ.)
13. Espada M., Fradejas E. Evaluation of Anxiety Control in School-Age Sports. *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education (IJCRSEE)*, 2019, no. 7 (3), pp. 27–35. DOI: 10.5937/IJCRSEE1903027E
14. Liang Y., Hiley M., Kanosue K. The Effect of Contact Sport Expertise on Postural Control. *PLoS ONE*, 2019, no. 14 (2), e0212334. DOI: 10.1371/journal.pone.0212334
15. Wang C.H., Chang C.C., Liang Y.M. et al. Open vs. Closed Skill Sports and the Modulation of Inhibitory Control. *PLoS ONE*, 2013, no. 8, iss. 2, e55773. DOI: 10.1371/journal.pone.0055773
16. Thalassinis M., Fotiadis G., Arabatzi F. et al. Sport Skill-Specific Expertise Biases Sensory Integration for Spatial Referencing and Postural Control. *Journal of Motor Behavior*, 2018, vol. 50, no. 4, pp. 426–435. DOI: 10.1080/00222895.2017.1363704
17. Tang Y., Li G. Weight Control of Sports Training Chaos Predicting Model. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 2015, no. 8 (2), pp. 225–231. DOI: 10.25103/jestr.082.28

Received 6 September 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Морозов, А.П. Значение комплексного контроля уровня подготовленности спортсменов на начальном и тренировочном этапах / А.П. Морозов // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 150–155. DOI: 10.14529/hsm210417

FOR CITATION

Morozov A.P. Importance of a Comprehensive Control of Athletic Fitness at the Initial and Training Stages. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 4, pp. 150–155. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210417

THE EFFECT OF BALANCE EXERCISES BASED ON ACTIVE VIDEO GAMES ON STATIC AND DYNAMIC BALANCE OF SEDENTARY FEMALE STUDENTS

Z. Shahvali¹, z.shahvali94@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3433-1142,
 R. Abedanzadeh¹, r.abedanzadeh@scu.ac.ir, ORCID: 0000-0002-3629-8465,
 M. Mehravar², mohammad.mehravar@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8834-6521

¹Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran,

²Ahvaz Jondishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran

Aim. The aim of this study was to investigate the effect of balance exercises using active video games on static and dynamic balance of sedentary female students. **Materials and Methods.** In this semi-experimental study with a pre-test–post-test design, 24 sedentary female students in Izeh city, aged 18–29, were purposefully selected. After performing the pre-test, they were randomly divided into two equal groups of balance exercises based on active video games (Xbox) and the group of traditional balance exercises (TE). The duration of the training was four weeks, two sessions per week of twenty minutes (totally eight sessions). The intervention of the Xbox group was performed by the Kinect 360 device, and the TE group performed traditional balance training. Data analysis was performed at the level of $p \leq 0.05$. **Results.** The within-group results showed both of Xbox group and TE improved static and dynamic balance. The between-group results showed that there was no significant difference in static balance between the two groups, but there was a significant difference in dynamic balance between the two groups and this significance was in favor of the Xbox group. **Conclusions:** According to the results of the present study, it seems that virtual reality exercises can be used as a new and attractive training method as an effective intervention in improving balance, especially dynamic balance.

Keywords: active video game, static balance, dynamic balance, virtual reality.

Introduction

Today, many children and adults use video games for entertainment purposes. A large fraction of these individuals needs to have physical activity [34]. They are games that require essential movements by the player, unlike conventional video games that are played by pressing buttons. These games are a common technique to encourage individuals to achieve a higher level of physical activity to improve health among those who are at a high level of inactivity [45]. Postural control lays the ground for many motor skills and represents a perfect condition for routine activities. It is typically defined as the ability to maintain, achieve, or revive balance during a state or activity [29]. A number of instruments have been introduced to contribute to postural control. Several research teams recently utilized such methods for balance exercises, reporting positive findings of their effects on balance [15]. Active video games have been increasingly considered as a technique of balance training in the game and media industries [6]. These games were played using Kinect sensors. Previous studies have shown that kinematic measurement using

Kinect sensors to measure postural control is accurate and reliable [12].

The Covid-19 pandemic appeared in December 2019, in Wuhan, China [50]. Since the COVID-19 virus has been present all around the world, authorities implemented different protective measures, such as closing schools and universities and banning travels, cultural and sports events, and human gatherings [27]. These measures led to spending longer time watching screens and had consequent negative impacts on physical health, sleep cycle, quality of life, and motor behavior. Therefore, a compatible physical exercise at home during the pandemic, which may last longer, can mitigate the negative physiological and mental impacts of sedentary behavior [28]. As a result, physical activity motives can be an efficient approach to keep adolescents active at home. Active video games are very popular, and some of these games may sufficiently increase the level of physical activity to influence the health and fitness of adolescents. These games can facilitate joy, and research has shown that increased joy is associated with physical activity among girls [4]. Furthermore, falling

becomes more likely and more intensive as individuals grow older [31]. Falling is a health condition that needs preventive intervention and research [35]. It can occur at any age rather than being specific to the elderly [40]. However, regular exercising to enhance the ability to maintain balance and reduce the risk of falling and hurt has been significantly accepted [16]. Since most adults are working and educating, they somewhat have to be sitting for a large portion of the day. It is important to realize the possible adverse impacts of immobility on health [21]. These games have become popular as an instrument to improve the ability to maintain balance in the past decade [26]. Balance is necessary for daily and sports activities and is often endangered after an injury [24]. Freiwald, Papadopoulos, Slomka, Bizzini and Baumgart [18] mentioned the importance of training balance in scientific curriculums in order to avoid injury and improve performance. The use of active video games is a balance improvement method. These games represent a combination of player motion, attractive entertainment, performance feedback, and social interaction through a competition. They enhance motivation and increase the following of exercises among children and adults [3].

Most studies in the literature focused on the use of different technologies to enhance balance in elderly populations [23, 33, 36], while only few studies investigated sedentary students. To the best of the author's knowledge, the most of the studies employ Nintendo Wii Fit rather than Microsoft Xbox Kinect technology. Therefore, it is expected that balance exercises using Xbox Kinect device leads to higher balance improvement among sedentary girls as compared to traditional exercises since Kinect is a greater motivator of physical activity.

Materials and methods

Participants

The present semi-empirical study is applied research in terms of objectives and adopted a pretest-posttest design. Twenty-four participants were selected from female students at the age of 18–29 with a sedentary lifestyle in Izeh, Iran, by using purposeful sampling (those with a score below 600 in the international physical activity questionnaire (IPCQ)). Then, the participants were divided into two equal groups: 1) the group of balance exercises based on active video games and 2) the group of traditional balance exercises. The participants voluntarily participated in the study and signed a prior written consent.

Also, they were allowed to withdraw from the study. The present study was approved by the Committee of Research Ethics at the Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

Tools

Xbox 360 Console with a Kinect Device.

This console uses motor sensing rather than a joystick. It stores information, color, and depth, creating a spot cloud of colorful points. The software can calculate the three-dimensional positions of points and establish a 3D image of the environment. This technology has a Kinect video recorder to record facial expressions and a microphone to detect and locate sounds. Each movement is an input to the console.

International Physical Activity Questionnaire (IPCQ).

IPCQ was used to measure the physical activity of the participants. It involves questions on the physical activity status and classifies participants into low, medium, and high physical activity groups. This questionnaire measures physical activity in the past seven days, detecting the intensity of activities based on the final score. The energy of the total activity in the past seven days is calculated based on IPCQ, where individuals with total weekly energy below 600 MET/cal/week is classified as low, energy between 600 to 3000 MET/cal/week is classified as medium, and energy above 3000 MET/cal/week is classified as high. IPCQ gives a score of 3.3 METs to walking, 4 METs to medium activity, and 8 METs to intense activity. One metabolic equivalent (MET) is equal to the energy consumed for one minute of resting. To calculate the total physical activity per week, the low (days×minutes×MET), medium, and high activities in the past week are summed up.

Flamingo Balance Test (FBT). FBT was used to measure static balance. It involves a static status where the participant stands on a flat surface without shoes on, puts their hands on the hips, and raises the non-support leg (preferred foot) and holds its foot close to the knee of the support leg (non-preferred leg). The participant performs this procedure for a while. Then, they raise the heel off the ground to keep balance on the toes. The stopwatch starts once the heel is raised off the ground. The time during which the participant keeps balance on the toes is recorded as the score, and the stopwatch stops once an error occurs. Errors include taking the hands off the hip, support leg motion in any direction, the separation of the non-support foot from the knee, and touching the ground with the support foot.

Timed Up and Go (TUG) Test. The TUG test was used to measure dynamic balance. It involves six stages. A chair without an armrest is used 3 m from an obstacle (the end of the path). Then, the participant was asked to stand up without using their hands and go three meters and then return back on the chair. The participant was asked to go as fast as possible without running. The process was practiced three times by the participants before the test. Then, the participants performed three rounds of the TUG test, recording the average value as the final result. The six stages of the test include: 1) standing up, 2) going a path of three meters, 3) revolving the obstacle, 4) returning to the chair, 5) revolving the chair, and 6) sitting on the chair. The participant starts once they are told to go, and the time was recorded as the score.

Procedure

The objectives of the study and the FBT and TUG tests were explained to the participants. Then, the participants signed a written consent before undergoing the pretest and FBT and TUG tests. The participants were randomly divided into two groups based on their scores: 1) active video game balance exercise group and 2) traditional balance exercise group.

Active video game balance exercise. The participants played the active Zumba fitness video game by the Xbox 360 console with Kinect in the acquisition stage. Zumba was selected to be played since it consists of a variety of movements, including static and dynamic balance exercises. The game was played for four 5-min rounds, with a 2-min interval between the rounds. The participants stood in front of the Kinect camera and started playing once they saw the screen. The exercises were performed for four weeks, two sessions a week. The test took a total of eight weeks. The participants played for 20 min in each session.

Traditional balance exercise. The participants performed static and dynamic balance exercises. The static exercises included 1) standing on one foot for 10 s and then standing on the other foot (two rounds for each foot), (b) standing on

the toes of both feet for four rounds, each round for 10 s, (c) standing on both feet with eyes closed and turning the head right and left for 10 s, (d) standing on both feet with eyes closed and turning the head up and down for 10 s, (e) swan balance exercise, standing on both feet for 10 s. The dynamic balance exercises, on the other hand, included (a) opening the hips to the side, each five times, (b) holding a small dumbbell in the hand and bending forward to bring the dumbbell onto contact with the ground while opening the hip to the back, side hip five times, (c) boxing the hips to the sides for four come-and-go rounds, (d) raising a hand and the opposite foot for both sides for ten times, and (e) touching the toes forward, sideward, backward, three times for each foot. The traditional balance exercise group has the same exercise duration as that of the active video game balance exercise group.

Statistical Analysis

To analyze the data, descriptive statistical methods were employed to calculate the centrality and dispersion indices. Concerning inferential statistics, the Shapiro–Wilk test was carried out to evaluate the natural distribution of the data, whereas the mixed-ANOVA was used to compare the two groups in the test and post hoc independent and dependent t-tests with modified α based on the Bonferroni method. The data were analyzed at a level of $p \leq 0.05$. The index η^2 was employed to measure the effect.

Results

Table 1 reports the means and standard deviations of height, age, body mass index (BMI), and physical activity level data of the participants in the two experimental groups (where XBX represents the active video game group, whereas TE stands for the traditional exercise group).

Table 2 provides the means and standard deviations of the dependent variables (i.e., static and dynamic balance) of the participants in the two groups for the pre-test and post-test stages.

The distribution of the data was evaluated using the Shapiro – Wilk test. It was found that the data had a normal distribution ($p > 0.05$). Then, Levene’s test was performed to ensure examine

Table 1
Means (Standard deviations) of demographic indices of participants

Group	Height (CM)	Weight (Kg)	BMI	MET
XBX	161.83 (2.94)	59 (7.39)	22.49 (2.42)	< 600
TE	162.83 (3.15)	58.83 (7.62)	22.51 (2.41)	< 600

Note. XBX – Active video games, TE – Traditional exercise, BMI – Body mass index, MET – Metabolic equivalent.

the homoscedasticity of variance ($p > 0.05$). Therefore, it was found that parametric tests could be applied to verify the hypotheses.

Table 2
Means (Standard deviations)
of static and dynamic balance scores in pre-posttest

Group	Static balance		Dynamic balance	
	Pre	Post	Pre	Post
XBX	5.55 (2.38)	9.42 (2.75)	8.46 (0.81)	5.52 (0.75)
TE	7.65 (2.86)	10.96 (3.46)	8.05 (2.11)	7.22 (2.20)

To study the static balance differences between the groups in the pre-test and post-test, a total of 2 (test stages) \times 2 (groups) combined ANOVAs with repeated measure were carried out, as shown in Table 3.

As can be seen in Table 3, the main test effect ($p = 0.0001$) and the dual group \times test interaction ($p = 0.07$) were found to be significant. To further investigate the interaction effect, the present study performed two independent t-tests for evaluating the differences between the groups in the pretest ($t_{(22)} = -1.94$, $p = 0.06$) and post-test ($t_{(22)} = -1.19$, $p = 0.24$) along with two dependent t-tests for examining the pretest-posttest differences of the active video game group ($t_{(11)} = -5.82$, $p = 0.0001$, MD = -3.86) and traditional exercise group ($t_{(11)} = -11.39$, $p = 0.0001$, MD = -3.31).

It was found that the pretest-posttest mean differences of both groups were significant

($p = 0.0001$) in favor of the post-test; that is, both groups improved in static balance performance. As can be seen, the traditional exercise group had a significant mean static balance score difference between the pretest (7.65) and posttest (10.96) ($p = 0.0001$). Furthermore, the difference in the mean static balance score was significant ($p = 0.0001$) between the pretest (5.55) and post-test (9.42) for the traditional exercise group. Overall, no significant difference in static balance was found between the two intervention groups (i.e., XBX and TE). However, both groups showed higher performance in the posttest than in the pretest.

To evaluate the dynamic balance difference between the groups in the pretest and posttest, a total of 2 (groups) \times 2 (test stages) ANOVAs with frequent measurement were performed, as shown in Table 4.

As can be seen in Table 4, the main effect ($p = 0.001$) and dual group \times test interaction ($p = 0.0001$) were found to be significant. To further evaluate the interaction effect, the present work performed two independent t-tests to measure the differences between the two groups in the pretest ($t_{(14/21)} = 0.63$, $p = 0.53$) and posttest ($t_{(13/56)} = -2.53$, $p = 0.02$) along with two dependent t-tests to examine the difference between the pretest and posttest for the active video game group ($t_{(11)} = 11.49$, $p = 0.0001$, MD = 2.94) and the traditional exercise group ($t_{(11)} = 6.08$, $p = 0.0001$, MD = 0.82). It should be noted that variance inequality statistics were used for the data

Table 3
The results of mixed-ANOVA 2 \times 2 for considering
of differences between two groups in two stage tests on static balance task

	SS	df	MS	F	Sig.	η_p^2
Test	177.06	1	177.06	184.56	0.0001	0.89
Test \times Group	3.33	1	3.33	3.47	0.07	0.13
Error (Test)	21.10	22	0.95			
Group	51.31	1	51.31	3.33	0.08	0.13
Error (Group)	338.35	22	25.38			

Note. Here and in Table 4 SS – Sum of squares, df – Degrees of freedom, MS – Mean of squares, η_p^2 – Square of partial eta.

Table 4
The results of mixed-ANOVA 2 \times 2 for considering
of differences between two groups in two stage tests on dynamic balance task

	SS	df	MS	F	Sig.	η_p^2
Test	42.54	1	42.54	169.20	0.0001	0.88
Test \times Group	13.40	1	13.40	53.32	0.0001	0.70
Error (Test)	5.53	22	0.25			
Group	4.98	1	4.98	0.99	0.33	0.04
Error (Group)	110.52	22	5.02			

reported in Table 4 since Leven's test showed significance (i.e., the variance equality presumption was rejected). The difference between the two groups was insignificant in the pretest ($p = 0.53$) and significant in the posttest ($p = 0.02$). This suggests a significant difference between the two intervention methods in improving dynamic balance performance. According to the mean scores (Table 2), it can be said that the active video game group had higher performance (52.5) than the traditional exercise group (22.7).

Moreover, the mean score differences of both groups between the pretest and posttest were significant ($p_s = 0.0001$) (posttest > pretest). That is, both groups improved in dynamic balance performance from the pretest to the posttest. As can be seen, the difference in the mean static balance score between the pretest (8.05) and posttest (7.22) was significant for the traditional exercise group (0.0001) (posttest > pretest). Furthermore, the difference in the mean dynamic balance score between the pretest (8.46) and posttest (5.52) was found to be significant for the traditional exercise group ($p = 0.001$) (posttest > pretest). Overall, there was a significant difference in dynamic balance between the two intervention groups (i.e., XB and TE). Both groups improved in performance from the pretest to the posttest. Also, the active video game group outperformed the traditional exercise group.

Discussion

The present study sought to explore the effects of active video game-based balance exercises on static and dynamic balance among female students. The results revealed that active video game exercises influenced the static and dynamic balance of female students. The findings were found to be in agreement with Cheung, Maron, Tatla and Jarus [10], Demir and Akin [14], and Wang, Wang and Shadiev [44]. According to the results, virtual reality-based exercises improved static balance since the participants adjusted their gestures based on the feedback of the system [44, 46]. According to Brumels, Blasius, Cortright, Oumedian, and Solberg [7], video game-based balance programs are less difficult and more attractive and entertaining than traditional exercises. On the other hand, there is an increasing concern that children and adolescents are sedentary and have insufficient activity to be healthy. Considering sedentary behaviors as a changeable risk factor for lifestyle-related disease, the development of video games may encourage physical activity in

sedentary time [30]. Based on the model of smooth performance through playing games, a theoretical framework can be established to ensure the cognitive and emotional engagement of a participant in the game, which is necessary to successfully perform video games in training curriculums [38]. However, the findings were observed to be inconsistent with Chanpimol [9], who suggested that their observations may have been influenced a potential ceiling effect. Moreover, vestibular disorders such as vertigo, clumsiness, and imbalance are common with high frequency and intensity among people with chronic brain damage [17]. Active video games train complicated movements that require high acceleration, coordination, and carefulness [41]. However, as mentioned, people with chronic brain damage suffer from vestibular disorders and are likely not to properly play active video games that require high coordination. The present study showed that exercises based on active video games improved dynamic balance among sedentary female students. This finding is consistent with Kim, Son, Ko and Yoon [22], Szturm, Betker, Moussavi, Desai and Goodman [39], and Ustinova et al. [41]. Deci and Ryan [13] suggested that immediate, positive feedback during participation in an activity could lead to increased intrinsic competence and motivation. Physical activity is more likely to be continued by people with higher self-confidence. Based on observational learning theory [1], individuals imitate the pattern observed on the screen by cognitive evaluation. Thus, learning can occur when observing a behavior and its outcomes. Also, Vernadakis, Derri, Tsitskari and Antoniou [42] and Brumels et al. [7] concluded that the enjoyment score was higher in the Xbox group than in the traditional exercise one. Therefore, they found that Xbox-based balance programs were more enjoyable than traditional exercises. Bieryla and Dold [5] showed that a course of exercises based on active video games did not improve dynamic balance, which is inconsistent with the finding of the present study that a course of active video game exercises improved dynamic balance. They suggested that this insignificance may have arisen from the ceiling effect. Also, they employed Nintendo Wii Fit for the active video game group. They suggested that Wii Fit may not improve dynamic exercise since the participants had to put their feet on the balance plate. This static foot situation may not lead to more dynamic activity. Also, they argued that partici-

pants may not completely challenge themselves during the exercise due to the fear of rushing into the lead.

The present study found that traditional exercises improved static balance. This finding is in agreement with Yaggie and Campbell [47]. Improved static balance may be attributed to the fact that the central nervous system receives information from different neuroreceptors (e.g., sensory receptors, visual system, and vestibular system) and integrates them to make the best possible response. Moreover, exercise-increased nervous consistency (e.g., enhanced nervous system activation, enhanced synaptic communications, and reorganization in the somatosensory cortex), decreased neuroinhibitor reflexes, and diminished impulse transmission resistance in neural pathways are other explanations for improved static balance. They improved static balance among female students in traditional exercises in the present study. It was also found that the traditional exercises improved dynamic balance. This finding well agrees with Cerrah et al. [8]. Gurkan et al. [20] suggested that long-term training in healthy adolescents improved dynamic balance. They argued that this improvement could have stemmed from the increased muscular power. Improved balance is valuable for not only public health but also for preventing domestic and sports injuries. The findings revealed no significant difference in static balance between active video game exercises and traditional exercises. This finding is consistent with Vernadakis et al [43]. An explanation can be the fact that Xbox balance programs are task-based and require solving a problem. These characteristics increase behavioral changes and physical power growth in adolescents. Another possible explanation can be the fact that Xbox enables students to be active participants in the exercise [43]. Moreover, the characteristics and frequency of Xbox feedback to students on awareness of performance and awareness of the outcomes can be another contributor to balance. Added feedback has been known as awareness of performance or awareness of outcomes to learn motor skills [37]. Static balance improved in both the video game and traditional exercise groups, but the groups were unexpectedly found to have no difference in static balance. This can be attributed to the fact that Xbox trains complicated movements that require higher acceleration, coordination, and accuracy than standing activity [41]. Thus, the video game group seems to more improve in dynamic balance

as compared to the traditional exercise group that improves in static balance. As a result, video game exercises can lead to a greater improvement in dynamic balance than in static balance.

The findings demonstrated a significant difference in dynamic balance between active video game exercises and traditional exercises (Xbox had a higher dynamic balance). This finding is in agreement with Cho, Lee and Song [11], and Yang, Hsieh, Chen, Yang, and Lin [48]. According to Brumels et al. [7], improved dynamic balance in the traditional exercise group may have stemmed from a training effect of these activities [7]. According to previous studies, balance skill improvement can be suggestive of the occurrence of learning mechanisms with characteristics such as diverse and repeated sensory feedback in the virtual environment [49]. Moreover, performance and feedback have been reported as the most important indicators of motor improvement [25]. You et al. [49] reported changes in the central nervous system following virtual reality interventions. They found evidence of increased activity in the somatosensory cortex and reduced activity in other areas after video game exercises. These findings support the theory of smooth performance in games that players immerse in the video game and perform tasks for their intrinsic motives. Smooth performance enhances self-confidence and self-efficacy. According to Bandura's self-efficacy theory, individuals with higher self-efficacy are more committed to their exercises than others [2].

Overall, it can be concluded that active video games improve static and dynamic balance performance among sedentary female students. In contrast to traditional exercises that induced poor motivation to continue exercising, active video games are very entertaining, appealing, affordable, and accessible. Due to the Covid-19 pandemic, a huge number of individuals adopted domestic entertainment and began playing video games to avoid pandemic stress and have fun in 2020. From March 16 to March 22, 2020, a total of 158 physical games were sold in the world. This 82% rise in the sales of games in a week stemmed from the increased use of popular active video games [19]. The World Health Organization (WHO) detected this significant interest in active video games and evaluated these games to prevent the spread of the virus. Today, WHO has begun broadcasting messages with the large, international game industry to reduce the spread rate of Covid-19 [32]. These recommendations

indicate that this large international organization keeps the game industry under close observation.

The present study encountered limitations in the timely cooperation of all the participants at the scheduled times. The study was conducted under all relevant preventive protocols due to the Covid-19 pandemic. Furthermore, the effects of participant characteristics, such as high excitement and boredom, could not be completely controlled by the author.

Finally, considering the positive effects of active video games on static and dynamic balance, sports mentors and trainers are recommended to incorporate such games into their curriculums to improve static and dynamic balance. Also, researchers are recommended to measure the effects of this intervention method on static and dynamic balance using a large sample size. Since balance is crucial for children and the elderly, it is suggested that future works conduct similar studies on these age ranges. Moreover, since balance evaluation using advanced laboratory equipment would yield more accurate and more reliable results, it is suggested that equipment such as force plates and the Biodex balance system is employed in order to measure balance.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

1. Bandura A. Self-Efficacy: Toward a Unifying Theory of Behavioral Change. *Psychological Review*, 1977, vol. 84, no. 2, p. 191. DOI: 10.1037/0033-295X.84.2.191
2. Bandura A. Self-Efficacy. V.S. Ramachandran (Ed.), *Encyclopedia of Human Behavior*. New York: Academic Press, 1994, pp. 71–81.
3. Baranowski T., Buday R., Thompson D.I., Baranowski J. Playing for Real: Video Games and Stories for Health-Related Behavior Change. *American Journal of Preventive Medicine*, 2008, vol. 34, pp. 74–82. DOI: 10.1016/j.amepre.2007.09.027
4. Barnett A., Cerin E., Baranowski T. Active Video Games for Youth: a Systematic Review. *Journal of Physical Activity and Health*, 2011, vol. 8, pp. 724–737. DOI: 10.1123/jpah.8.5.724
5. Bieryla K.A., Dold N.M. Feasibility of Wii Fit Training to Improve Clinical Measures of Balance in Older Adults. *Clinical Interventions in Aging*, 2013, vol. 8, p. 775. DOI: 10.2147/CIA.S46164
6. Bisson E., Contant B., Sveistrup H., Lajoie Y. Functional Balance and Dual-Task Reaction Times in Older Adults are Improved by Virtual Reality and Biofeedback Training. *Cyberpsychology & Behavior*, 2007, vol. 10, no. 1, pp. 16–23. DOI: 10.1089/cpb.2006.9997
7. Brumels K.A., Blasius T., Cortright T. et al. Comparison of Efficacy Between Traditional and Video Game Based Balance Programs. *Clinical Kinesiology*, 2008, vol. 62, no. 4, 26 p.
8. Cerrah A.O., Bayram I., Yildizer G. et al. Effects of Functional Balance Training on Static and Dynamic Balance Performance of Adolescent Soccer Players. *Uluslararası Spor Egzersiz ve Antrenman Bilimi Dergisi*, 2016, vol. 2, no. 2, pp. 73–81.
9. Chanpimol S., Seamon B., Hernandez H. et al. Using Xbox Kinect Motion Capture Technology to Improve Clinical Rehabilitation Outcomes for Balance and Cardiovascular Health in an Individual with Chronic TBI. *Archives of Physiotherapy*, 2017, vol. 7, no. 1, p. 6. DOI: 10.1186/s40945-017-0033-9
10. Cheung J., Maron M., Tatla S., Jarus T. Virtual Reality as Balance Rehabilitation for Children with Brain Injury: A Case Study. *Technology and Disability*, 2013, vol. 25, no. 3, pp. 207–219. DOI: 10.3233/TAD-130383
11. Cho K.H., Lee K.J., Song C.H. Virtual-Reality Balance Training with a Video-Game System Improves Dynamic Balance in Chronic Stroke Patients. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 2012, vol. 228, no. 1, pp. 69–74. DOI: 10.1620/tjem.228.69
12. Clark R.A., Pua Y.H., Fortin K. et al. Validity of the Microsoft Kinect for Assessment of Postural Control. *Gait Posture*, 2012, vol. 36, pp. 372–377. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2012.03.033 PMID: 22633015
13. Deci E., Ryan R. Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being. *American Psychologist*, 2000, vol. 55, pp. 68–78. DOI: 10.1037/0003-066X.55.1.68
14. Demir A., Akin M. The Effect of Exergame Education on Balance in Children. Malaysian. *Online Journal of Educational Technology*, 2020, vol. 8, no. 3, pp. 100–107. DOI: 10.17220/mojet.2020.03.006
15. Duque G., Boersma D., Loza-Diaz G. et al. Effects of Balance Training Using a Virtual-Reality System in Older Fallers. *Clinical Interventions in Aging*, 2013, vol. 8, pp. 257–263. DOI: 10.2147/CIA.S41453

16. Federici A., Bellagamba S., Rocchi M.B. Does Dance-Dased Training Improve Balance in Adult and Young Old Subjects? A Pilot Randomized Controlled Trial. *Aging Clinical and Experimental Research*, 2005, vol. 17, no. 5, pp. 385–389. DOI: 10.1007/BF03324627
17. Franke L.M., Walker W.C., Cifu D.X. et al. Sensorintegrative Dysfunction Underlying Vestibular Disorders After Traumatic Brain Injury: A review. *Journal of Rehabilitation Research Development*, 2012, vol. 49, p. 985. DOI: 10.1682/JRRD.2011.12.0250
18. Freiwald J., Papadopoulos C., Slomka M. et al. Prevention in Soccer. *Sport Orthopadie Traumatologie*, 2006, vol. 22, no. 3, pp. 140–150. DOI: 10.1078/0949-328X-00312
19. Gough C. COVID-19: Global Video Game and Console Increase as of March 2020. Statista 2020 March 18. Available at: <https://www.statista.com/statistics/1109979/video-game-console-sales-covid/>
20. Gürkan A.C., Demirel H., Demir M. et al. Effects of Long-Term Training Program on Static and Dynamic Balance in Young Subjects. *Clinical and Investigative Medicine*, 2016, pp. 31–33. DOI: 10.25011/cim.v39i6.27497
21. Jans M.P., Proper K.I., Hildebrandt V.H. Sedentary Behavior in Dutch Workers: Differences Between Occupations and Business Sectors. *American Journal of Preventive Medicine*, 2007, vol. 33, no. 6, pp. 450–454. DOI: 10.1016/j.amepre.2007.07.033
22. Kim J., Son J., Ko N., Yoon B. Unsupervised Virtual Reality-Based Exercise Program Improves hip Muscle Strength and Balance Control in Older Adults: a Pilot Study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2013, vol. 94, no. 5, pp. 937–943. DOI: 10.1016/j.apmr.2012.12.010
23. Kosse N.M., Caljouw S.R., Vuijk P.J., Lamoth C.J. Exergaming: Interactive Balance Training in Healthy Community-Dwelling Older Adults. *Journal of Cyber Therapy and Rehabilitation*, 2011, vol. 4, no. 3, pp. 399–407.
24. Mattacola C.G., Dwyer M.K. Rehabilitation of the Ankle After Acute Sprain or Chronic Instability. *Journal of Athletic Training*, 2002, vol. 37, no. 4, pp. 413–429.
25. Mitchell L., Ziviani J., Oftedal S., Boyd R. The Effect of Virtual Reality Interventions on Physical Activity in Children and Adolescents with Early Brain Injuries Including Cerebral Palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 2012, vol. 54, pp. 667–671. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2011.04199.x
26. Molina K.I., Ricci N.A., de Moraes S.A., Perracini M.R. Virtual Reality Using Games for Improving Physical Functioning in Older Adults: a Systematic Review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 2014, vol. 11, p. 156. DOI: 10.1186/1743-0003-11-156
27. Parnell D., Widdop P., Bond A., Wilson R. COVID-19, Networks and Sport. *Managing Sport and Leisure*, 2020, pp. 1–7. DOI: 10.1080/23750472.2020.1750100
28. Pedersen B.K., Saltin B. Exercise as Medicine-Evidence for Prescribing Exercise as Therapy in 26 Different Chronic Diseases. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 2015, vol. 25, pp. 1–72. DOI: 10.1111/sms.12581
29. Pollock A.S., Durward B.R., Rowe P.J., Paul J.P. What is Balance? *Clinical Rehabilitation*, 2000, vol. 14, pp. 402–406. PMID: 10945424 DOI: 10.1191/0269215500cr342oa
30. Riddoch C.J., Mattocks C., Deere K. et al. Objective Measurement of Levels and Patterns of Physical Activity. *Archives of Disease in Childhood*, 2007, vol. 92, pp. 963–969. DOI: 10.1136/adc.2006.112136
31. Rogers M.E., Rogers N.L., Takeshima N., Islam M.M. Methods to Assess and Improve the Physical Parameters Associated with Fall Risk in Older Adults. *Preventive Medicine*, 2003, vol. 36, pp. 255–264. DOI: 10.1016/S0091-7435(02)00028-2
32. Şener D., Yalçın T., Gulseven O. The Impact of Covid-19 on the Video Game Industry. Available at: SSRN 2021, 3766147. DOI: 10.2139/ssrn.3766147
33. Smith S.T., Sherrington C., Studenski S. et al. A Novel Dance Dance Revolution (DDR) System for in-home Training of Stepping Ability: Basic Parameters of System Use by Older Adults. *British Journal of Sports Medicine*, 2011, vol. 45, no. 5, pp. 441–445. DOI: 10.1136/bjism.2009.066845
34. Staiano A.E., Calvert S.L. Exergames for Physical Education Courses: Physical, Social, and Cognitive Benefits. *Child Development Perspective*, 2011, vol. 5, no. 2, pp. 93–98. DOI: 10.1111/j.1750-8606.2011.00162.x
35. Sterling D., O'Conner J.A., Bonadies J. Geriatric Falls: Injury Severity is High and Disproportionate to Mechanism. *Journal of Trauma-Injury Infection and Critical Care*, 2001, vol. 50,

no. 1, pp. 116–119. DOI: 10.1097/00005373-200101000-00021

36. Studenski S., Perera S., Hile E. et al. Interactive Video Dance Games for Healthy Older Adults. *The Journal of Nutrition, Health and Aging*, 2010, vol. 14, no. 10, pp. 850–852. DOI: 10.1007/s12603-010-0119-5

37. Swanson L.R., Lee T.D. Effects of Aging and Schedules of Knowledge of Results on Motor Learning. *Journal of Gerontology*, 1992, vol. 47, no. 6, pp. 406–411. DOI: 10.1093/geronj/47.6.P406

38. Sweetser P., Wyeth P. GameFlow: a Model for Evaluating Player Enjoyment in Games. *Computers in Entertainment*, 2005, vol. 3, no. 3, p. 3. DOI: 10.1145/1077246.1077253

39. Szturm T., Betker A.L., Moussavi Z. et al. Effects of an Interactive Computer Game Exercise Regimen on Balance Impairment in Frail Community-Dwelling Older Adults: a Randomized Controlled Trial. *Physical Therapy*, 2011, vol. 91, no. 10, pp. 1449–1462. DOI: 10.2522/ptj.20090205

40. Talbot L.A., Musiol R.J., Witham E.K., Metter E.J. Falls in Young, Middle-Aged and Older Community Dwelling Adults: Perceived Cause, Environmental Factors and Injury. *BMC Public Health*, 2009, vol. 5, p. 86. DOI: 10.1186/1471-2458-5-86

41. Ustinova K.I., Perkins J., Leonard W.A., Hausbeck C.J. Virtual Reality Game-Based Therapy for Treatment of Postural and Co-Ordination Abnormalities Secondary to TBI: a Pilot Study. *Brain Injury*, 2014, vol. 28, pp. 486–495. DOI: 10.3109/02699052.2014.888593

42. Vernadakis N., Derri V., Tsitskari E., Antoniou P. The Effect of Xbox Kinect Intervention on Balance Ability for Previously Injured Young Competitive Male Athletes: a Preliminary Study. *Physical Therapy in Sport*, 2014, vol. 15, no. 3, pp. 148–155. DOI: 10.1016/j.ptsp.2013.08.004

43. Vernadakis N., Gioftsidou A., Antoniou P. et al. The Impact of Nintendo Wii to Physical Education Students' Balance Compared to

the Traditional Approaches. *Computers & Education*, 2012, vol. 59, no. 2, pp. 196–205. DOI: 10.1016/j.compedu.2012.01.003

44. Wang W., Wang W., Shadiev R. A Kinect-Based Feedback System for Improving Static Balance Ability. In *2017 IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies*, 2017, pp. 451–453. DOI: 10.1109/ICALT.2017.21

45. Whitehead A., Johnston H., Nixon N., Welch J. Exergame Effectiveness: what the Numbers Can Tell us. In *Sandbox'10 Proceedings of the 5th ACM SIGGRAPH Symposium on Video Games*. New York: ACM, 2010, pp. 55–62. DOI: 10.1145/1836135.1836144

46. Wong C.H., Wong S., Pang W.S. et al. Habitual Walking and Its Correlation to Better Physical Function: Implications for Prevention of Physical Disability in Older Persons. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 2003, vol. 58, no. 6, pp. 555–560. DOI: 10.1093/gerona/58.6.M555

47. Yaggie J.A., Campbell B.M. Effects of Balance Training on Selected Skills. *The Journal of Strength and Research*, 2006, vol. 20, no. 2, pp. 422–428. DOI: 10.1519/00124278-200605000-00031

48. Yang C.M., Hsieh J.S.C., Chen Y.C. et al. Effects of Kinect Exergames on Balance Training Among Community Older Adults: A Randomized Controlled Trial. *Medicine*, 2020, vol. 99, no. 28. DOI: 10.1097/MD.00000000000021228

49. You S.H., Jang S.H., Kim Y.H. et al. Cortical Reorganization Induced by Virtual Reality Therapy in a Child with Hemiparetic Cerebral Palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 2005, vol. 47, pp. 628–635. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2005.tb01216.x

50. Zhang L., Zhu F., Xie L. et al. Clinical Characteristics of COVID-19-Infected Cancer Patients: a Retrospective Case Study in Three Hospitals within Wuhan, China. *Annals of Oncology*, 2020, vol. 31, no. 7, pp. 894–901. DOI: 10.1016/j.annonc.2020.03.296

Received 5 September 2021

ВЛИЯНИЕ УПРАЖНЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИДЕОИГР НА СТАТИЧЕСКОЕ И ДИНАМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ У СТУДЕНТОК, ВЕДУЩИХ МАЛОПОДВИЖНЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ

З. Шахвали¹, Р. Абеданзаде¹, М. Мехравар²

¹Университет имени Шахида Чамрана в г. Ахваз, г. Ахваз, Иран,

²Университет медицинских наук имени Ахваза Джондишапура, г. Ахваз, Иран

Цель. Целью исследования было изучить влияние упражнений с использованием видеоигр на статическое и динамическое равновесие у студенток, ведущих малоподвижный образ жизни. **Материалы и методы.** Данное исследование носит полуэкспериментальный характер и требует регистрации показателей участников до и после выполнения экспериментальных упражнений. В исследовании приняли участие 24 студентки г. Изе в возрасте от 18 до 29 лет, ведущие малоподвижный образ жизни. После выполнения входного тестирования все студентки были поделены случайным образом на две равные группы в зависимости от характера используемых упражнений: упражнения на основе видеоигр (Xbox) или традиционные упражнения на равновесие. Продолжительность программы упражнений в каждой группе составила 4 недели (2 раза в неделю, 20 минут, всего 8 занятий). В группе Xbox упражнения были выполнены с использованием устройства Kinect 360, контрольная группа занималась по стандартной программе с использованием традиционных упражнений на развитие равновесия. Статистический анализ выполнен на уровне значимости $p \leq 0,05$. **Результаты.** Данные, полученные внутри групп, продемонстрировали улучшение показателей статического и динамического равновесия в обеих группах. Межгрупповое сравнение не позволило обнаружить статистически значимые различия показателей статического равновесия, при этом статистически значимые различия были зарегистрированы для показателей динамического равновесия, которое было лучше у участников группы, выполнявших упражнения с использованием Xbox. **Заключение.** По результатам настоящего исследования можно сделать вывод, что использование упражнений с применением технологий виртуальной реальности может рассматриваться как новый и технически привлекательный метод развития навыков равновесия, в особенности динамического равновесия.

Ключевые слова: подвижные видеоигры, статическое равновесие, динамическое равновесие, виртуальная реальность.

Шахвали Захра, магистр, кафедра двигательного поведения, факультет спортивных наук, Университет имени Шахида Чамрана, г. Ахваз, Университетская площадь, ш. Голестан. E-mail: z.shahvali94@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3433-1142.

Абеданзаде Расул, PhD, доцент, кафедра двигательного поведения, факультет спортивных наук, Университет имени Шахида Чамрана, г. Ахваз, Университетская площадь, ш. Голестан. E-mail: r.abedanzadeh@scu.ac.ir, ORCID: 0000-0002-3629-8465.

Мехравар Мухаммед, магистр, преподаватель, кафедра физиотерапии, факультет реабилитации, Университет медицинских наук имени Ахваза Джондишапура, г. Ахваз, бульвар Фарвардин, ул. Эсфанд. E-mail: mohammad.mehrvavar@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8834-6521.

Поступила в редакцию 5 сентября 2021 г.

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Shahvali, Z. The Effect of Balance Exercises Based on Active Video Games on Static and Dynamic Balance of Sedentary Female Students / Z. Shahvali, R. Abedanzadeh, M. Mehravar // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 156–165. DOI: 10.14529/hsm210418

FOR CITATION

Shahvali Z., Abedanzadeh R., Mehravar M. The Effect of Balance Exercises Based on Active Video Games on Static and Dynamic Balance of Sedentary Female Students. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 4, pp. 156–165. DOI: 10.14529/hsm210418

ВЛИЯНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ АЛАКТАТНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫСТУПЛЕНИЯ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ЛЫЖНИЦ-ГОНЩИЦ В СОРЕВНОВАНИЯХ НА РАЗЛИЧНЫХ ДИСТАНЦИЯХ

А.И. Головачев, В.И. Колыхматов, С.В. Широкова

Федеральный научный центр физической культуры и спорта, г. Москва, Россия

Цель. Изучение влияния показателей максимальной алактатной производительности высококвалифицированных лыжниц-гонщиц на эффективность выступления в соревнованиях на различных дистанциях спортивного сезона 2017–2018 гг. **Организация и методы исследования.** В рамках исследования динамики корреляционной взаимосвязи показателей максимальной алактатной производительности со спортивными результатами в лыжных гонках к анализу были привлечены результаты 18 спортсменок, специализирующихся в различных видах соревновательной деятельности, в возрасте от 20 до 27 лет, с квалификацией от КМС до МСМК. Программа обследования включала оценку способности к быстрой и максимальной алактатной мощности лыжниц-гонщиц посредством выполнения серии ускорений на велоэргометре. Полученные показатели максимальной алактатной производительности подвергались корреляционному анализу с результатами (скоростью преодоления дистанции) на целеполагающих стартах заключительного года олимпийского цикла: всероссийские соревнования лыжников в Тюмени (конец сентября), финал Кубка России, Олимпийские игры в Пхенчхане (февраль), чемпионат России в Сыктывкаре (апрель). **Результаты.** Проведенный корреляционный анализ исследуемых показателей и результата на ключевых стартах спортивного сезона 2017–2018 гг. позволил установить, что успешность выступлений в главном старте сезона на различных дистанциях лыжных гонок оказалась существенно зависимой от степени становления относительной величины максимальной алактатной мощности, отражающей степень сформированности регуляторных механизмов, выражающейся в сбалансированности текущего состояния морфологического состояния (габаритных размеров тела) и развиваемой механической мощности. **Заключение.** Результаты исследования позволили выявить существующие закономерности проявления способности к быстрой и развитию максимальной анаэробно-алактатной мощности в зависимости от специфики соревновательной деятельности лыжниц-гонщиц, а также подойти к разработке обоснованной номенклатуры показателей, имеющих наибольшую корреляционную взаимосвязь с эффективностью соревновательной деятельности как на главном старте олимпийского цикла, так и на заключительном этапе подготовки на отборочных соревнованиях.

Ключевые слова: лыжные гонки, женщины, физические качества, способность к быстрой, максимальная алактатная мощность, спортивный результат, различные дистанции лыжных гонок, корреляционная взаимосвязь.

Введение. Поиск рациональных путей повышения эффективности тренировочного процесса с учетом требований специфики соревновательной деятельности на фоне высокой конкуренции на международной арене среди ведущих спортивных держав является ключевым направлением современной спортивной науки [1, 4, 8, 11, 12]. Современные исследования функционального состояния спортсменов высокой квалификации [6, 7, 9–15] и, в частности, анаэробной производительности лыжниц-гонщиц не позволяют определить единую номенклатуру показате-

лей, влияющих на эффективность соревновательной деятельности в лыжных гонках.

Именно поэтому одним из направлений поиска таких путей является изучение корреляционных взаимосвязей и установление наиболее значимых показателей, отражающих изменение состояния основных компонентов физической подготовленности, в частности, способности к быстрой и проявлению максимальной алактатной мощности, в соответствии с заданным уровнем в зависимости от специфики соревновательной деятельности. В связи с этим для научно обоснованного

управления подготовкой высококвалифицированных спортсменов специалистам необходимо иметь информацию о степени взаимосвязи отобранных показателей со спортивным результатом на различных дистанциях как в период главного старта (Олимпийских игр), так и всего годового цикла подготовки [3, 5, 13].

Данное исследование проведено специалистами лаборатории циклических олимпийских видов спорта ФГБУ ФНЦ ВНИИФК (Москва) в рамках выполнения научно-исследовательской работы «Индивидуально-типологические особенности становления физической подготовленности высококвалифицированных лыжниц-гонщиц на этапах олимпийского цикла подготовки» на 2018–2020 гг.

Цель исследования: изучить влияние показателей максимальной алактатной производительности высококвалифицированных лыжниц-гонщиц на эффективность выступления в соревнованиях на различных дистанциях спортивного сезона 2017–2018 гг.

Методы и организация исследования. Решение поставленных задач осуществлялось на основе применения следующих методов исследования: педагогические (сбор, обработка и анализ документации соревновательной деятельности); эргометрические методы исследования (выполнение тестовых процедур на велоэргометре); математико-статистические методы исследования (вычисление среднего арифметического, стандартного отклонения, корреляционный анализ).

Методологическая основа оценки способности к скорости и развитию максимальной алактатной мощности высококвалифицированных лыжниц-гонщиц опиралась на использование специальных программ, разработанных для спортсменов сборных команд, и включала выполнение кратковременных мышечных нагрузок с максимальной мощностью, обеспечиваемых фосфагенной энергетической системой [1, 2, 7, 8].

На протяжении спортивного сезона 2017–2018 гг. под наблюдением находилось 18 спортсменок сборной команды России по лыжным гонкам в возрасте от 20 до 27 лет, с квалификацией от КМС до МСМК.

Для оценки способности к скорости и максимальной алактатной мощности лыжницам-гонщицам предлагалось выполнить серию ускорений на специализированном велоэргометре Monark Ergonomic 894E Peak Bike (Швеция) в течение 6 секунд с нагрузками:

0; 2; 4 кР и предельно допустимой. Критерием высокого уровня способности к скорости выступает показатель максимального темпа педалирования ($\text{Темп}_{\text{макс}}^6$) при нулевом сопротивлении ($\text{НМ} = 0$), что в целом отражает генетическую предрасположенность мышечной системы спортсменов к сократительной способности мышц [2, 3, 10]. Критерием развития максимальной алактатной мощности выступает показатель механической мощности работы при максимальном сопротивлении, который сам выступает показателем реализации силового потенциала [2].

Для установления характера корреляционных связей были использованы результаты оценки способности к скорости, развитию максимальной алактатной мощности и результаты выступления на различных дистанциях (квалификационные забеги индивидуального спринта, индивидуальные гонки на 10 км, скиатлон и масстарт) на следующих этапах годового цикла 2017–2018 гг.: по окончании беснежного этапа подготовительного периода, включающего Всероссийские соревнования лыжников в Тюмени (конец сентября), середина и окончание соревновательного периода, включающего финал Кубка России (ФКР) и Олимпийские игры (ОИ), которые проводились в середине соревновательного периода и ассоциировались с достижением пикового уровня (февраль, март) на главном старте сезона, а также гонки чемпионата России в Сыктывкаре (ЧР) по окончании соревновательного периода, ассоциирующиеся с возможностью отобраться в команду для прохождения централизованной подготовки в следующем году (апрель).

Результаты исследования и их обсуждение. Для проведения корреляционного анализа были использованы следующие исходные показатели: максимальный темп движений при нулевом сопротивлении ($\text{Темп}_{\text{макс}}^6$; $\text{НМ} = 0$), величина нагрузочного сопротивления (НМ) при достижении максимальной мощности, максимальный темп движений при максимальном нагрузочном сопротивлении (Темп^6), абсолютная и относительная величина максимальной мощности ($W_{\text{абс}}$ и $W_{\text{отн}}$ соответственно), коэффициент реализации силового потенциала (КРС) и спортивные результаты. Среднегрупповые данные исследуемых показателей в зависимости от специфики соревновательной деятельности в спортивном сезоне 2017–2018 гг. представлены в табл. 1 и 2.

Спортивная тренировка

Таблица 1
Table 1

Динамика показателей максимальной алактатной производительности и спортивного результата в соревнованиях на различных дистанциях высококвалифицированных лыжниц-гонщиц в спортивном сезоне 2017–2018 гг. (mean ± SD) (n = 18)
The maximum alactic performance and athletic success of elite cross-country female skiers at various distances in 2017–2018 (mean ± SD) (n = 18)

Исследуемый показатель / Parameter	Сезон 2017–2018 гг. Season 2017–2018
БЫСТРОТА (SPEED)	
Максимальный темп движений при нулевом сопротивлении (Темп _{макс} ⁶), об/мин Maximum speed at zero resistance (Temp _{max} ⁶), rpm	188,8 ± 7,8
МАКСИМАЛЬНАЯ АЛАКТАТНАЯ МОЩНОСТЬ (MAXIMUM ALACTIC PERFORMANCE)	
Величина нагрузочного сопротивления (НМ), кР / Load resistance (LR), kP	7,3 ± 0,8
Максимальный темп движений при максимальном нагрузочном сопротивлении (Темп ⁶), об/мин / Maximum speed at maximum load resistance (Temp ⁶), rpm	100,2 ± 5,4
Абсолютная величина максимальной мощности (W _{6abc}), Вт Absolute value of maximum performance (W _{6abs}), W	738,2 ± 87,4
Относительная величина максимальной мощности (W _{6отн}), Вт/кг Relative value of maximum performance (W _{6rel}), W/kg	12,16 ± 1,17
Коэффициент реализации силового потенциала (КРС), % Coefficient of realization of performance potential (CRP), %	12,08 ± 1,12
СПОРТИВНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ (скорость преодоления дистанции на главном старте сезона) ATHLETIC SUCCESS (speed at the main event of the season)	
Индивидуальный спринт (Скорость в квалификации), м/с Individual sprint (Qualification Speed), m/s	6,23 ± 0,55
Индивидуальная гонка на 10 км, м/с / 10 km individual race, m/s	5,68 ± 0,37
Скиатлон (гонка на 15 км), м/с / Skiathlon (15 km), m/s	5,65 ± 0,21
Масстарт (гонка на 30 км), м/с / Mass start (30 km), m/s	5,75 ± 0,33

Таблица 2
Table 2

Корреляционная взаимосвязь показателей максимальной анаэробной производительности с эффективностью выступлений в соревнованиях по лыжным гонкам на различных дистанциях в спортивном сезоне 2017–2018 гг.
The correlation between maximum anaerobic performance and athletic success at various distances in 2017–2018

Соревнование / Event	Быстрота Speed	Максимальная мощность работы Maximum alactic performance				
	Темп _{макс} ⁶ Temp _{max} ⁶	НМ LR	Темп ⁶ Temp ⁶	W _{6abc} W _{6abs}	W _{6отн} W _{6rel}	КРС CRP
ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ СПРИНТ (INDIVIDUAL SPRINT)						
1,4 КЛ, 08.09.2017 – ВС Тюмень All-Russian ski race in Tyumen	0,650*	0,794*	-0,148	0,720*	0,442	0,542*
1,4 СВ, 25.02.2018 – ФКР Кононовская Russian Cup Final in Kononovskaya	0,553*	0,464	0,542*	0,248	0,596*	0,745*
1,14 КЛ, 13.02.2018 – ОИ Пхенчхан Winter Olympics in Pyeongchang	0,783*	0,450	0,899*	0,717*	0,894*	0,871*
1,4 СВ, 24.03.2018 – ЧР Сыктывкар Championship of Russia in Syktyvkar	0,222	0,717*	0,363	0,598*	0,539*	0,360
ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ГОНКА НА 10КМ (10 KM INDIVIDUAL RACE)						
15 СВ, 09.09.2017 – ВС Тюмень All-Russian ski race in Tyumen	-0,176	0,275	0,485	0,485	0,327	0,158
10 СВ, 24.02.2018 – ФКР Кононовская Russian Cup Final in Kononovskaya	-0,881*	0,597	0,592*	0,726*	0,221	-0,705*
10 СВ, 15.02.2018 – ОИ Пхенчхан Winter Olympics Pyeongchang	-0,747*	-0,667*	0,804*	-0,136	0,641*	0,442
10 КЛ, 27.03.2018 – ЧР Сыктывкар Championship of Russia in Syktyvkar	-0,128	0,212	0,162	0,259	0,228	0,170

Окончание табл. 2
Table 2 (end)

Соревнование / Event	Быстрота Speed	Максимальная мощность работы Maximum alactic performance				
	Темп _{макс} ⁶ Temp _{max} ⁶	НМ LR	Темп ⁶ Temp ⁶	W6abc W6abs	W6otn W6rel	KPC CRP
СКИАТЛОН (ГОНКА НА 15 КМ) SKIATHLON (15 KM)						
15 СК, 28.02.2018 – ФКР Кононовская Russian Cup Final in Kononovskaya	0,328	0,589*	0,684*	0,194	-0,298	0,594*
15 СК, 10.02.2018 – ОИ Пхенчхан Winter Olympics in Pyeongchang	-0,162	0,203	0,498	0,393	0,384	0,343
15 СК, 25.03.2018 – ЧР Сыктывкар Championship of Russia in Syktyvkar	-0,570*	-0,811*	0,058	-0,637*	-0,317	-0,375
МАССТАРТ (ГОНКА НА 30 КМ) MASS START (30KM)						
30 КЛ, 25.02.2018 – ОИ Пхенчхан Winter Olympics in Pyeongchang	-0,885*	-0,837*	0,239	-0,147	0,584*	0,583*
30 СВ, 31.03.2018 – ЧР Сыктывкар Championship of Russia in Syktyvkar	-0,386	-0,324	-0,194	-0,128	0,165	0,332

*коэффициенты корреляции, соответствующие уровню значимости $p < 0,05$.

*correlations are significant at $p < 0.05$.

Динамика коэффициентов корреляции максимального темпа педалирования при нулевом сопротивлении (Темп_{макс}⁶), отражающая способность к скорости движений, характеризуется положительным (по знаку «+») однонаправленным изменением взаимосвязи в диапазоне от 0,222 до 0,783 в индивидуальном спринте, по знаку «-» от -0,128 до -0,881 в индивидуальной гонке на 10 км и от -0,386 до -0,885 – в масстарте, разнонаправленным по знаку «+/-» от -0,570 до 0,328 – в скиатлоне. Достижение пикового уровня корреляционной взаимосвязи (Rtk) исследуемого показателя со спортивным результатом приходится на главные старты спортивного сезона: спринт на ОИ в Пхенчхане (Rtk = 0,783) и ВС в Тюмени (Rtk = 0,650); индивидуальные гонки на соревнованиях ФКР (Rtk = -0,881) и ОИ (Rtk = -0,747), а также с отрицательным вектором в масстарте на ОИ (Rtk = -0,885). Представленная динамика корреляционной взаимосвязи свидетельствует о высоком влиянии способности к скорости на итоговый результат в спринтерских гонках и отсутствие влияния на результат в дистанционных гонках.

Динамика коэффициентов корреляции показателя нагрузочного сопротивления (НМ), отражающего значимость показателя силовой составляющей максимальной мощности, характеризуется однонаправленным изменением тесноты взаимосвязи в диапазоне от 0,450 до 0,794 в индивидуальном спринте, разнонаправленным по знаку «+/-» от -0,667 до 0,597 – в индивидуальной гонке на 10 км, в скиатлоне –

от -0,811 до 0,589 и однонаправленным по знаку «-» в масстарте – от -0,324 до -0,837. Достижение пикового уровня корреляционной взаимосвязи (Rtk) исследуемого показателя со спортивным результатом в спринте приходится на летние ВС в Тюмени (Rtk = 0,794) и ЧР в Сыктывкаре (Rtk = 0,717); в индивидуальной гонке на 10 км пиковый уровень со знаком «+» отмечен на соревнованиях ФКР (Rtk = 0,597) и со знаком «-» на ОИ (Rtk = -0,667); в скиатлоне на соревнованиях ФКР (Rtk = 0,589) и с отрицательным вектором на гонке ЧР в Сыктывкаре (Rtk = -0,811); в масстарте с отрицательным вектором на ОИ (Rtk = -0,837). Представленная динамика корреляционной взаимосвязи свидетельствует о высоком влиянии уровня силовой составляющей (через величину нагрузочного сопротивления) в спринтерских гонках, о наличии положительного влияния в гонках на 10 и 15 км (преимущественно при отборочном характере проводимых соревнований) и об отсутствии его влияния на результат в дистанционной гонке на 30 км (масстарт).

Динамика коэффициентов корреляции показателя максимального темпа педалирования при установленном нагрузочном сопротивлении (Темп⁶ при НМ), отражающего значимость показателя скоростной составляющей максимальной мощности, характеризуется по сути однонаправленным по знаку «+» изменением тесноты взаимосвязи в диапазоне от 0,363 до 0,899 в индивидуальном спринте (за исключением ВС в Тюмени), в индивидуаль-

Спортивная тренировка

ной гонке на 10 км – от 0,162 до 0,804, в скиатлоне – от 0,058 до 0,684 и разнонаправленным по знаку «+/-» в масстарте – от -0,239 до -0,194. Достижение пикового уровня корреляционной взаимосвязи (R_{tk}) исследуемого показателя со спортивным результатом в спринте приходится на ОИ в Пхенчхане ($R_{tk} = 0,899$); в индивидуальной гонке на 10 км пиковый уровень со знаком «+» отмечен на соревнованиях ОИ ($R_{tk} = 0,804$) и в скиатлоне – на соревнованиях ФКР ($R_{tk} = 0,684$); в масстартах коэффициенты корреляции оказались на низком уровне, свидетельствуя лишь о наличии тенденций. Представленная динамика корреляционной взаимосвязи свидетельствует о высоком влиянии скоростной составляющей (через темп педалирования с нагрузочным сопротивлением) в спринтерских гонках, индивидуальной гонке на 10 и 15 км и об отсутствии его влияния на результат в дистанционной гонке на 30 км (масстарт).

Динамика коэффициентов корреляции показателя абсолютной величины максимальной алактатной мощности характеризуется однонаправленным по знаку «+» изменением тесноты взаимосвязи в диапазоне от 0,248 до 0,717 в индивидуальном спринте, разнонаправленным по знаку «+/-» в индивидуальной гонке на 10 км – от -0,136 до 0,726, в скиатлоне – от -0,637 до 0,393 и однонаправленным с отрицательным вектором «-» в масстарте – от -0,128 до -0,147. Достижение пикового уровня корреляционной взаимосвязи (R_{tk}) исследуемого показателя со спортивным результатом в спринте приходится на ОИ в Пхенчхане ($R_{tk} = 0,717$) и летние ВС в Тюмени ($R_{tk} = 0,720$); в индивидуальной гонке на 10 км на соревнованиях ФКР ($R_{tk} = 0,726$); в скиатлоне на соревнованиях ОИ ($R_{tk} = 0,393$) и с изменением направленности вектора – на ЧР в Сыктывкаре ($R_{tk} = -0,637$); в масстартах коэффициенты корреляции оказались на низком уровне с отрицательным знаком «-», свидетельствуя лишь о наличии тенденций. Представленная динамика корреляционной взаимосвязи свидетельствует о высоком влиянии уровня абсолютной величины максимальной алактатной мощности на результат в спринтерских гонках, индивидуальной гонке на 10 км (преимущественно в первой половине отборочных стартов), о наличии положительной тенденции в гонках на 15 км и об отсутствии ее влияния на результат в дистанционной гонке на 30 км (масстарт).

Динамика коэффициентов корреляции показателя относительной величины максимальной алактатной мощности характеризуется однонаправленным по знаку «+» изменением тесноты взаимосвязи в диапазоне от 0,442 до 0,894 в индивидуальном спринте, в индивидуальной гонке на 10 км – от 0,221 до 0,641, разнонаправленным по знаку «+/-» в скиатлоне – от -0,317 до 0,384 и однонаправленным с положительным вектором «+» в масстарте – от 0,165 до 0,584. Достижение пикового уровня корреляционной взаимосвязи (R_{tk}) исследуемого показателя со спортивным результатом в спринте приходится на ОИ в Пхенчхане ($R_{tk} = 0,894$); в индивидуальной гонке на 10 км пиковый уровень со знаком «+» отмечен на соревнованиях ОИ ($R_{tk} = 0,641$), в скиатлоне – на соревнованиях ОИ ($R_{tk} = 0,384$) и с изменением направленности вектора – на ФКР и ЧР в Сыктывкаре ($R_{tk} = -0,298$ и $-0,317$ соответственно), в масстарте – на ОИ ($R_{tk} = 0,584$). Представленная динамика корреляционной взаимосвязи свидетельствует о высоком влиянии уровня относительной величины максимальной алактатной мощности на результат практически во всех гонках: в спринтерских гонках, индивидуальной гонке на 10 км, гонках на 15 км (на уровне выраженной положительной тенденции) и на результат в дистанционной гонке на 30 км (на уровне значимых величин).

Заключение. Проведенный корреляционный анализ исследуемых показателей и результата на ключевых стартах спортивного сезона 2017–2018 гг. позволил установить, что успешность выступлений в главном старте сезона на различных дистанциях лыжных гонок оказалась существенно зависимой от степени становления относительной величины максимальной алактатной мощности, отражающей степень сформированности регуляторных механизмов, выражающейся в сбалансированности морфологического состояния и развиваемой механической мощности.

Результаты исследования позволили определить следующие закономерности проявления способности к скорости и развитию максимальной анаэробно-алактатной мощности в зависимости от специфики соревновательной деятельности лыжниц-гонщиц:

– в соревнованиях по индивидуальному спринту успешность выступлений в главном старте сезона определяется сбалансированностью развития способности к скорости, со-

пряженной с достижением высокого темпа педалирования (аналог скорости), включающей и способность к быстрому достижению самого пикового значения максимального темпа и развития максимальной мощности на фоне проявления высокого уровня реализации силового потенциала (КРС);

– в индивидуальной гонке на 10 км успешность выступлений в главном старте сезона определяется сбалансированностью развития абсолютного и относительного уровней максимальной алактатной мощности, сопряженной со становлением регуляторных механизмов (в частности, отработки физическими нагрузками неактивной массы тела);

– в скиатлоне (гонка на 15 км) успешность выступлений в главном старте сезона имеет положительную корреляционную взаимосвязь с относительным показателем максимальной алактатной мощности, в свою очередь сопряженной с показателем реализации силового потенциала (КРС), отражающего степень становления регуляторных механизмов (в частности, отработки физическими нагрузками неактивной массы тела);

– в масстарте (гонка на 30 км) успешность выступлений в главном старте определяется сбалансированностью развития абсолютного и относительного (но в меньшей степени, чем в скиатлоне) уровней максимальной алактатной мощности, сопряженной с еще более выраженной зависимостью от степени становления регуляторных механизмов (в частности, отработки физическими нагрузками неактивной массы тела), определяющейся, в том числе и становлением силового потенциала, находящего свое отражение в связи с КРС.

Результаты корреляционного анализа позволили установить и дифференцировать номенклатуру показателей, имеющих наибольшую корреляционную взаимосвязь с эффективностью соревновательной деятельности, как на главном старте олимпийского цикла, так и на отборочных соревнованиях.

Литература

1. Головачев, А.И. Поиск резервов повышения эффективности выступления на XXIII Олимпийских зимних играх 2018 года в Пхенчхане (Республика Корея) / А.И. Головачев, В.И. Колыхматов, С.В. Широкова // Теория и практика физ. культуры. – 2017. – № 2. – С. 11–13.

2. Головачев, А.И. Современные методи-

ческие подходы контроля физической подготовленности в лыжных гонках / А.И. Головачев, В.И. Колыхматов, С.В. Широкова // Вестник спортивной науки. – 2018. – № 5. – С. 11–17.

3. Модельные показатели функциональных возможностей систем энергообеспечения лыжниц-гонщиц высокой квалификации при подготовке к XXIV зимним Олимпийским играм 2022 г. в Пекине (Китай) / А.И. Головачев, В.И. Колыхматов, С.В. Широкова, Н.Б. Новикова // Теория и практика физ. культуры. – 2019. – № 12. – С. 89–91.

4. Платонов, В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения / В.Н. Платонов. – Киев: Олимп. лит., 2004. – 807 с.

5. Специальная работоспособность лыжников-гонщиков: современные тенденции (по материалам зарубежной литературы) / В.И. Михалев, Ю.В. Корягина, О.С. Антипова и др. // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2015. – № 4 (122). – С. 139–144.

6. Carlsson, M. Prediction of race performance of elite cross-country skiers by lean mass / M. Carlsson, T. Carlsson, D. Hammarstrom // International Journal of Sports Physiology and Performance. – 2014. – Vol. 9 (6). – P. 1040–1045. DOI: 10.1123/ijsp.2013-0509

7. Carlsson, M. Oxygen uptake at different intensities and sub-techniques predicts sprint performance in elite male cross-country skiers / M. Carlsson, T. Carlsson, M. Knutsson // European Journal of Applied Physiology. – 2014. – Vol. 114 (12). – P. 2587–2595. DOI: 10.1007/s00421-014-2980-0

8. Factors that Influence the Performance of Elite Sprint Cross-Country Skiers / K. Hebert-Losier, C. Zinner, S. Platt et al. // Sports Medicine. – 2017. – Vol. 47. – P. 319–342. DOI: 10.1007/s40279-016-0573-2

9. Gender differences in the physiological responses and kinematic behavior of elite sprint cross-country skiers / O. Sandbakk, G. Ettema, S. Leirdal, H.C. Holmberg // European Journal of Applied Physiology. – 2012. – Vol. 112, no. 3. – P. 1087–1094. DOI: 10.1007/s00421-011-2063-4

10. Losnegard, T. Anaerobic capacity as a determinant of performance in sprint skiing / T. Losnegard, H. Myklebust, J. Hallén // Medicine and Science in Sports and Exercise. – 2012. – Vol. 44 (4). – P. 673–681. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3182388684

11. Losnegard, T. *Physiological differences between sprint- and distance-specialized cross-country skiers* / T. Losnegard, J. Hallén // *International Journal of Sports Physiology and Performance*. – 2014. – Vol. 9 (1). – P. 25–31. DOI: 10.1123/ijsp.2013-0066

12. Sandbakk, O. *Physiological determinants of sprint and distance performance level in elite cross-country skiers* / O. Sandbakk, C.Å. Grasaas, E. Grasaas // *6 International Congress on Science and Skiing 2013, St. Christoph a. Arlberg, Austria*. – St. Christoph a. Arlberg, 2013. – P. 93.

13. Sandbakk, O. *A reappraisal of success factors for Olympic cross-country skiing* / O. Sand-

bakk, H.C. Holmberg // *International Journal of Sports Physiology and Performance*. – 2013. – Vol. 9 (1). – P. 117–121. DOI: 10.1123/IJSP.2013-0373

14. Sandbakk, O. *The physiology of world-class sprint skiers* / Ø. Sandbakk, H.-C. Holmberg, S. Leirdal // *Scand J Med Sci Sports*. – 2011. – Vol. 21 (6). – P. e9–e16. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2010.01117.x

15. *The physiological capacity of the world's highest ranked female cross-country skiers* / O. Sandbakk, A.M. Hegge, T. Losnegard et al. // *Med Sci Sports Exerc*. – 2016. – Vol. 48 (6). – P. 1091–1100. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000862

Головачев Александр Иванович, кандидат педагогических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией циклических олимпийских видов спорта, Федеральный научный центр физической культуры и спорта. 105005, г. Москва, Елизаветинский пер., д. 10, стр. 1. E-mail: malta94@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8839-9575.

Колыхматов Владимир Игоревич, кандидат педагогических наук, научный сотрудник лаборатории циклических олимпийских видов спорта, Федеральный научный центр физической культуры и спорта. 105005, г. Москва, Елизаветинский пер., д. 10, стр. 1. E-mail: kolykhmatov@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9452-4694.

Широква Светлана Владимировна, кандидат педагогических наук, старший научный сотрудник лаборатории циклических олимпийских видов спорта, Федеральный научный центр физической культуры и спорта. 105005, г. Москва, Елизаветинский пер., д. 10, стр. 1. E-mail: shirokova-vniifk@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-1225-3411.

Поступила в редакцию 10 сентября 2021 г.

DOI: 10.14529/hsm210419

THE EFFECT OF MAXIMUM ALACTIC PERFORMANCE ON ELITE CROSS-COUNTRY FEMALE SKIERS AT VARIOUS DISTANCES

A.I. Golovachev, malta94@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8839-9575,

V.I. Kolykhmatov, kolykhmatov@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9452-4694,

S.V. Shirokova, shirokova-vniifk@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-1225-3411

Federal Scientific Center of Physical Education and Sport, Moscow, Russian Federation

Aim. The paper aims to identify the effect of maximum alactic performance on the athletic success of elite cross-country female skiers during races at various distances in 2017–2018.

Materials and methods. The correlation between maximum alactic performance and athletic success in ski races was found by processing the data of 18 female skiers aged between 20 and 27 years (Candidates for Master of Sport, Master of Sport). Our examination involved the assessment of speed qualities and maximum alactic performance in a series of cycle ergometer

exercise tests. The results obtained were analyzed together with the results of the principal competitive events of the last year of the Olympic cycle (all-Russian ski race in Tyumen, Russian Cup Final, 2018 Winter Olympics, Championship of Russia). **Results.** The correlation analysis of the studied parameters and the results of the principal events of 2017–2018 confirmed that athletic success at various distances mostly depended on the relative value of maximum alactic performance, which reflected the state of regulatory mechanisms and the balance between body dimensions and its mechanical performance. **Conclusion.** The results of the study allowed to identify the existing patterns of speed qualities and maximum alactic performance depending on the features of competitive events and to develop the list of parameters, which demonstrated the most significant correlation with athletic success in the main competition of the Olympic cycle and at the final stage of athletic preparation.

Keywords: cross-country skiing, elite female skiers, physical abilities, speed quality, maximum alactic performance, athletic performance, correlation.

References

1. Golovachev A.I., Kolykhmatov V.I., Shirokova S.V. [Search of Reserves of Increase of Performance Efficiency at the XXIII Olympic Winter Games 2018 in Pyeongchang (Republic of Korea)]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2017, no. 2, pp. 11–13. (in Russ.) EID: 2-s2.0-85037175211
2. Golovachev A.I., Kolykhmatov V.I., Shirokova S.V. [Modern Methodological Approaches to Control of Physical Preparedness in Cross-Country Skiing]. *Vestnik sportivnoy nauki* [Bulletin of Sports Science], 2018, no. 5, pp. 11–17. (in Russ.)
3. Golovachev A.I., Kolykhmatov V.I., Shirokova S.V., Novikova N.B. [Model Indicators of Physical Preparedness of Elite Female Ski-Racers in Preparation for the 2022 Winter Olympic Games in Beijing (China)]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2019, no. 12, pp. 89–91. (in Russ.) EID: 2-s2.0-85074695667
4. Platonov V.N. *Sistema sportivnoy podgotovki* [The System of Training Athletes in Olympic Sports]. Kiev, Olympic Literature Publ., 2014. 807 p.
5. Mikhalev V.I., Koryagin Ju.V., Antipova O.S. et al. [Special Performance of Cross-Country Skiers. Modern Trends]. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific notes of the University named after P.F. Lesgaft], 2015, no. 4 (122), pp. 139–144. (in Russ.)
6. Carlsson M., Carlsson T., Hammarstrom D. Prediction of Race Performance of Elite Cross-Country Skiers by Lean Mass. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2014, vol. 9 (6), pp. 1040–1045. DOI: 10.1123/ijsp.2013-0509
7. Carlsson M., Carlsson T., Knutsson M. Oxygen Uptake at Different Intensities and Sub-Techniques Predicts Sprint Performance in Elite Male Cross-Country Skiers. *European Journal of Applied Physiology*, 2014, vol. 114 (12), pp. 2587–2595. DOI: 10.1007/s00421-014-2980-0
8. Hebert-Losier K., Zinner C., Platt S. et al. Factors that Influence the Performance of Elite Sprint Cross-Country Skiers. *Sports Medicine*, 2017, vol. 47, pp. 319–342. DOI: 10.1007/s40279-016-0573-2
9. Sandbakk O., Ettema G., Leirdal S. et al. Gender Differences in the Physiological Responses and Kinematic Behavior of Elite Sprint Cross-Country Skiers. *European Journal of Applied Physiology*, 2012, vol. 112 (3), pp. 1087–1094. DOI: 10.1007/s00421-011-2063-4
10. Losnegard T., Myklebust H., Hallén J. Anaerobic Capacity as a Determinant of Performance in Sprint Skiing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2012, vol. 44 (4), pp. 673–681. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3182388684
11. Losnegard T., Hallén, J. Physiological Differences Between Sprint- and Distance-Specialized Cross-Country Skiers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2014, vol. 9 (1), pp. 25–31. DOI: 10.1123/ijsp.2013-0066
12. Sandbakk O., Grasaas C.Å., Grasaas E. Physiological Determinants of Sprint and Distance Performance Level in Elite Cross-Country Skiers. *6 International Congress on Science and Skiing 2013*, St. Christoph a. Arlberg, Austria, 2013, p. 93.

13. Sandbakk O., Holmberg H.C. A Reappraisal of Success Factors for Olympic Cross-Country Skiing. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2013, vol. 9 (1), pp. 117–121. DOI: 10.1123/IJSP.2013-0373

14. Sandbakk O., Holmberg H.-C., Leirdal S. The Physiology of World-Class Sprint Skiers. *Scand J Med Sci Sports*, 2011, vol. 21 (6), pp. 9–16. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2010.01117.x

15. Sandbakk O., Hegge A.M., Losnegard T. et al. The Physiological Capacity of the World's Highest Ranked Female Cross-Country Skiers. *Med Sci Sports Exerc.*, 2016, vol. 48 (6), pp. 1091–1100. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000862

Received 10 September 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Головачев, А.И. Влияние максимальной алактатной производительности на эффективность выступления высококвалифицированных лыжниц-гонщиц в соревнованиях на различных дистанциях / А.И. Головачев, В.И. Колыхматов, С.В. Широкова // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 166–174. DOI: 10.14529/hsm210419

FOR CITATION

Golovachev A.I., Kolykhmatov V.I., Shirokova S.V. The Effect of Maximum Alactic Performance on Elite Cross-Country Female Skiers at Various Distances. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 4, pp. 166–174. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210419

НОВЫЕ ПОДХОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСТИТЕЛЬНЫХ АНТИОКСИДАНТОВ ДЛЯ СПОРТИВНОГО ПИТАНИЯ В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ COVID-19

Р.И. Фаткуллин¹, В.В. Ботвинникова², И.В. Калинина¹,
А.В. Ненашева¹, А.К. Васильев¹, Н.В. Науменко¹

¹Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия,

²ИЛ «Тест-Пушино», г. Пушино, Россия

Цель: оценка возможности использования технологий инкапсуляции для повышения биодоступности и биоактивности растительных антиоксидантов, а также перспектив использования полученных комплексов для регулирования окислительно-восстановительного гомеостаза в клетках организма спортсменов и возможности снижения негативных последствий, вызванных инфекцией SARS-CoV-2. **Материалы и методы.** В качестве растительных антиоксидантов использовали полифенолы: таксифолин и рутин в исходном и инкапсулированном виде с применением технологии комплексной коацервации в систему «желатин – пектин» и конъюгации в β -циклодекстрин. Для оценки эффективности выбранных подходов инкапсуляции были определены антиоксидантная активность (методом DPPH, %), эффективность инкапсуляции, индексы биодоступности и биоактивности в системе переваривания *in vitro*. **Полученные результаты.** Установлено, что инкапсулированные комплексы таксифолина и рутина характеризуются более высокими значениями индексов биодоступности и биоактивности, что дает возможность предположить более высокую эффективность их доставки в системы организма человека. **Заключение.** Полученные результаты позволяют дать высокую прогностическую оценку эффективности полученных комплексов полифенолов в регулировании окислительно-восстановительного гомеостаза в клетках организма спортсменов для минимизации риска окислительного стресса и снижения негативных последствий, вызванных инфекцией SARS-CoV-2.

Ключевые слова: окислительный стресс, пандемия COVID-19, растительные антиоксиданты, инкапсуляция, индексы биодоступности и биоактивности.

Введение. Тяжелый острый респираторный синдром – коронавирус-2 (SARS-CoV-2), возникший в конце декабря 2019 года на территории КНР и впоследствии распространившийся по всей планете, стал причиной пандемии COVID-19 с плохо изученным патогенозом [11].

Согласно недавним исследованиям, важным фактором, отягчающим негативные последствия, вызванные инфекцией SARS-CoV-2 (так называемый постковидный синдром) у некоторых пациентов, является окислительный стресс [7]. Патогенез заболевания может быть результатом каскада апоптоза, индуцированного окислительным стрессом, что, как следствие, приводит к увеличению активных форм кислорода (АФК) и / или снижению антиоксидантной активности. Нарушение внутриклеточного окислительно-восстановитель-

ного гомеостаза определяет необратимые окислительные модификации липидов, белков или ДНК [10]. В этой связи в особую группу риска попадают спортсмены и люди с высоким уровнем физической активности.

Интенсивные физические нагрузки провоцируют повышение потребления кислорода *in vivo*, что приводит к образованию АФК [13]. Свободные радикалы вырабатываются во время аэробного метаболизма клеток и играют ключевую роль в качестве регуляторных сигнальных посредников. Нарушение баланса между образованием АФК и адекватными триггерами антиоксидантной защиты обуславливает процесс окислительного стресса в организме человека [4–6]. Изменение окислительно-восстановительного гомеостаза в клетках является одним из ключевых событий, связанных с возможным инфицированием рес-

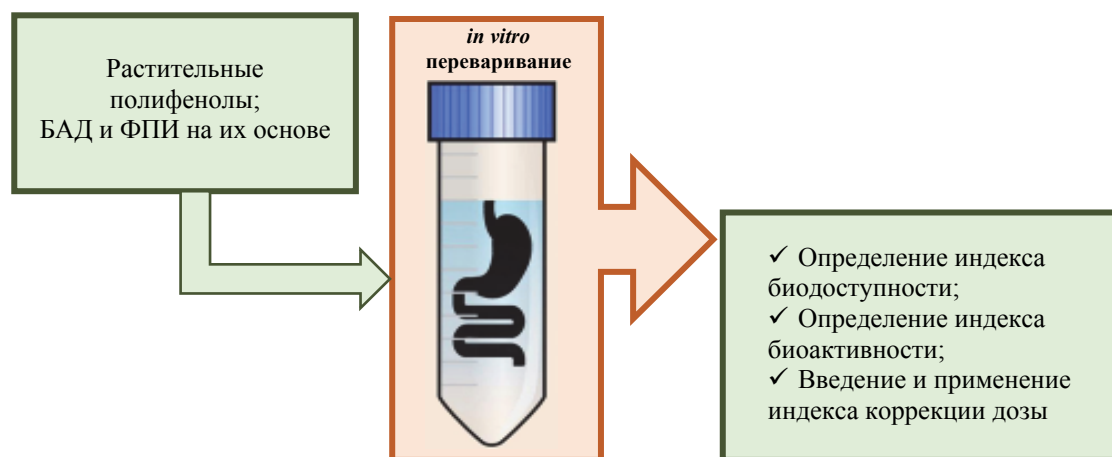


Рис.1. Оценка биодоступности и биоактивности БАВ, БАД и ФПИ с использованием метода переваривания *in vitro*
Fig.1. Bioavailability and bioactivity of BAS, BAA and FFI (*in vitro* digestion model)

пираторными вирусами различной этиологии, в том числе коронавирус-2 (SARS-CoV-2), обуславливающими воспалительные процессы и последующее повреждение тканей [15, 17].

Многие авторы указывают на то, что укрепление иммунной системы путем включения природных антиоксидантов, витаминов и минеральных веществ в рацион питания играет важную роль в борьбе с COVID-19, так как позволяет уменьшить интенсивность воспалений и окислительный стресс [14, 17, 21].

Включение в рационы питания растительных полифенолов с целью усиления иммунного отклика в организме человека на агрессивные факторы внешней и внутренней среды привлекает все больший интерес для индустрии биологически активных добавок (БАД) и функциональных пищевых ингредиентов (ФПИ).

Вместе с тем для этих биологически активных веществ (БАВ) остро встает вопрос необходимости обеспечения высокого уровня их биодоступности и биоактивности, о чем свидетельствуют результаты исследований, опубликованных нами ранее [1–3, 18, 19].

Многочисленные исследования, проводимые учеными разных стран, при общей оценке эффективности БАД или ФПИ доказывают необходимость оценки уровня биодоступности и биоактивности этих веществ после процесса пищеварения [5, 8, 9, 18]. Термины биодоступность и биоактивность БАВ, согласно подходу, предложенному M.J. Rodríguez-Roque [22], характеризуются количеством БАВ, которое выдерживает процесс пищеварения, и, таким образом, биоак-

тивный компонент становится доступным для абсорбции, а также способен сохранять свои биоактивные свойства после процесса пищеварения (рис. 1).

Изучение биодоступности и биоактивности представляет большой интерес для предварительной оценки (на стадии доклинических исследований) функциональных свойств и эффективности как отдельных БАВ, так и ФПИ и БАД на их основе.

Целевая доставка биоактивных веществ в соответствующие отделы организма человека может быть обеспечена при использовании методов инкапсуляции. В этом случае биоактивное соединение представляет собой ядро, окруженное материалом стенки. При выборе материалов для инкапсуляции предпочтение отдается природным биополимерам, в том числе белкам и полисахаридам.

Целью настоящего исследования стало изучение возможности использования технологий инкапсуляции природных полифенолов для повышения их биодоступности и биоактивности с целью обеспечения эффективности в системах организма людей с высокими физическими нагрузками.

Материалы и методы. В рамках настоящего исследования в качестве БАВ были выбраны полифенолы рутин и таксифолин, как наиболее изученные растительные антиоксиданты, перспективные для использования в качестве функциональных пищевых ингредиентов при производстве специализированных пищевых продуктов для спортивного питания. Для данных соединений установлен обширный перечень фармакологических эффектов,

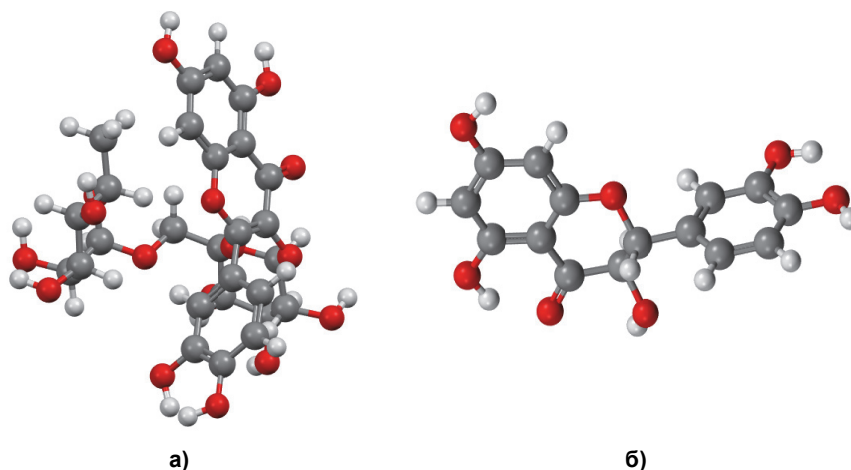


Рис. 2. Пространственная структура молекул рутина (а) и таксифолина (б) [12]
Fig. 2. The spatial structure of rutin (a) and taxifolin (b) molecules

определяющих возможность их использования в качестве БАД или функциональных пищевых ингредиентов для борьбы с оксидативным стрессом.

Молекулярная структура соединений представлена на рис. 2.

В качестве вспомогательных веществ для инкапсуляции использовали:

β-циклодекстрин (*β*CD) пищевой (E459) был приобретен в ООО «Кемикал Лайн»; желатин говяжий, изготовитель Dr.Oetker; пектин цитрусовый, изготовитель Valde.

Технологии и условия инкапсуляции

Инкапсуляцию полифенолов в *β*CD проводили при соотношении компонентов 3:1 по молярной массе. Навески соответствующих количеств таксифолина или рутина растворяли в установленном количестве растворителя (40%-ный водно-этанольный раствор), вносили соответствующее количество *β*CD и вымешивали при скорости 200 об/мин в течение 3 ч при температуре 40 °С.

Инкапсуляцию методом комплексной коацервации проводили путем внесения таксифолина или рутина в установленном количестве в предварительно подготовленный водный раствор желатина (2 мас. %/об) в условиях механического перемешивания при скорости 500 об/мин в течение 15 мин. Затем в полученную суспензию был внесен водный раствор пектина (2 мас. %/об.) и созданы условия для коацервации путем изменения значения pH с применением 0,5н раствора HCl.

Методы исследования. Полученные в ходе инкапсуляции суспензии таксифолина и рутина оценивали в сопоставлении с исход-

ным видом по следующим показателям при использовании описанных методов:

Общая антиоксидантная (антирадикальная) активность определялась методом DPPH (%) по модификации [23]. Использовали метанольный раствор DPPH 60 мкМ, 1 мл которого смешивали с 1 мл исследуемого раствора, инкубировали в темноте в течение 30 мин. Поглощение измеряли спектрофотометрически при 515 нм.

АОА рассчитывали по формуле

$$AOA = \frac{1 - (D_i - D_j)}{D_c} \times 100, \quad (1)$$

где D_i – оптическая плотность исследуемого раствора; D_j – оптическая плотность контрольного раствора DPPH с метанолом; D_c – оптическая плотность раствора DPPH.

Эффективность инкапсуляции определяли как отношение БАВ, инкапсулированных к количеству БАВ, оставшемуся на поверхности капсул.

Эффективность инкапсуляции в % рассчитывали по формуле

$$ЭИ (\%) = \frac{X_1 - X_0}{X_2} \times 100, \quad (2)$$

где X_1 – общее содержание БАВ (после процедуры разрушения капсул), мг; X_0 – содержание БАВ, определенное на поверхности капсул, мг; X_2 – количество БАВ, добавленное при инкапсуляции, мг.

Потенциальная биодоступность и биоактивность – на основе определения индекса биодоступности ($I_{БД}$) и биоактивности ($I_{БА}$) по методике [12, 16, 22].

Использование моделирования процесса

переваривания *in vitro* проходило последовательно в две фазы:

1-я фаза – фаза желудка (рН 2,5, фермент пепсин свиной, температура 37 °С, 2 ч);

2-я фаза – фаза тонкого кишечника (рН 6,5–7, ферменты панкреатин и липаза, температура 37 °С, 2 ч).

В полученном фильтрате определяется количество БАВ и АОА (DPPH, %).

Индекс биодоступности ($I_{БД}$, %) рассчитывали по формуле

$$I_{БД} = \frac{K_{кон}}{K_{исх}} \times 100, \quad (3)$$

где $K_{кон}$ – концентрация БАВ после процесса переваривания *in vitro*; $K_{исх}$ – концентрация БАВ в исследуемом растворе до процесса переваривания.

Индекс биоактивности ($I_{БА}$, %) рассчитывали по формуле

$$I_{БА} = \frac{АОА_{кон}}{АОА_{исх}} \times 100, \quad (4)$$

где $АОА_{кон}$ – АОА (DPPH, %) БАВ после процесса переваривания *in vitro*; $АОА_{исх}$ – АОА (DPPH, %) БАВ в исследуемом растворе до процесса переваривания.

Результаты исследования и их обсуждение. Оценка эффективности инкапсуляции полифенолов показала, что использование β CD наиболее целесообразно для инкапсуляции таксифолина, значение эффективности инкапсуляции составило 76,4 %. Для рутина такой подход к инкапсуляции показал эффективность лишь 54,6 %, что, вероятно, объясняется более крупными размерами молекулы

рутина и несоответствием ее размерам полости β CD. Инкапсуляция как таксифолина, так и рутина методом комплексной коацервации показала более высокие значения эффективности инкапсуляции: для таксифолина – 79,3 %, для рутина – 71,7 %.

Для определения эффективности выбранных технологий инкапсуляции проводили оценку их влияния на биологическую (антиоксидантную) активность таксифолина и рутина. Исследования показали, что процесс инкапсуляции снижает значения антиоксидантной активности БАВ, определяемые химическим методом (методом DPPH, %) (рис. 3). Значения показателя общей АОА (DPPH, %) таксифолина, инкапсулированного в β CD, снизились на 18,1 % по отношению к исходному образцу, для рутина – на 14,2 %. Это может быть объяснено экранировкой части ОН-групп полифенолов при формировании конъюгатов с β CD и коацерватов в системе «желатин – пектин». В результате экранирования функциональных ОН-групп полифенолов они не приняли участия в реализации антиоксидантного эффекта при использовании метода DPPH. Это подтверждают и исследования, проведенные нами ранее [3, 18, 19].

При использовании технологии комплексной коацервации значения антиоксидантной активности БАВ снизились более чем на 50 % по отношению к антиоксидантной активности исходных веществ: для таксифолина – на 55,3 %, для рутина – на 52,0 %. Такое снижение АОА для полифенолов, инкапсулиро-

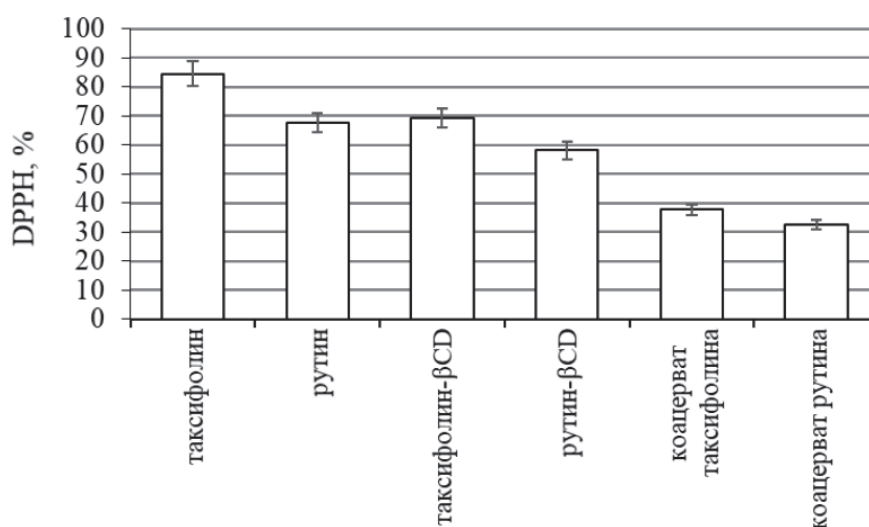


Рис. 3. АОА (DPPH, %) водных растворов (0,01 %) исходных и инкапсулированных полифенолов
Fig. 3. The AOA (DPPH, %) of original and encapsulated polyphenols in water solution (0.01%)

ванных методом коацервации, могут быть обусловлены тем, что комплексная защитная оболочка из желатина и пектина при коацервации полностью покрывает биологически активное вещество, не позволяя ему вступать в реакцию с DPPH-реактивом. АОА полученных коацерватов, вероятно, сформирована за счет неинкапсулированных БАВ, оставшихся на поверхности комплексов.

На следующем этапе исследований была определена потенциальная биодоступность исходных полифенолов и их инкапсулированных комплексов с использованием модели

переваривания *in vitro*. Результаты определения индексов биодоступности и биоактивности представлены на рис. 4.

Рассматривая процессы инкапсуляции с точки зрения их влияния на биологические эффекты образующихся комплексов, большинство исследователей доказывают, что технологии инкапсуляции способствуют сохранности полифенолов в процессе пищеварения, обеспечивая более эффективную их доставку в организм человека [2, 20, 24, 25]. Согласно данным литературы снижение антиоксидантной активности в результате *in vitro*

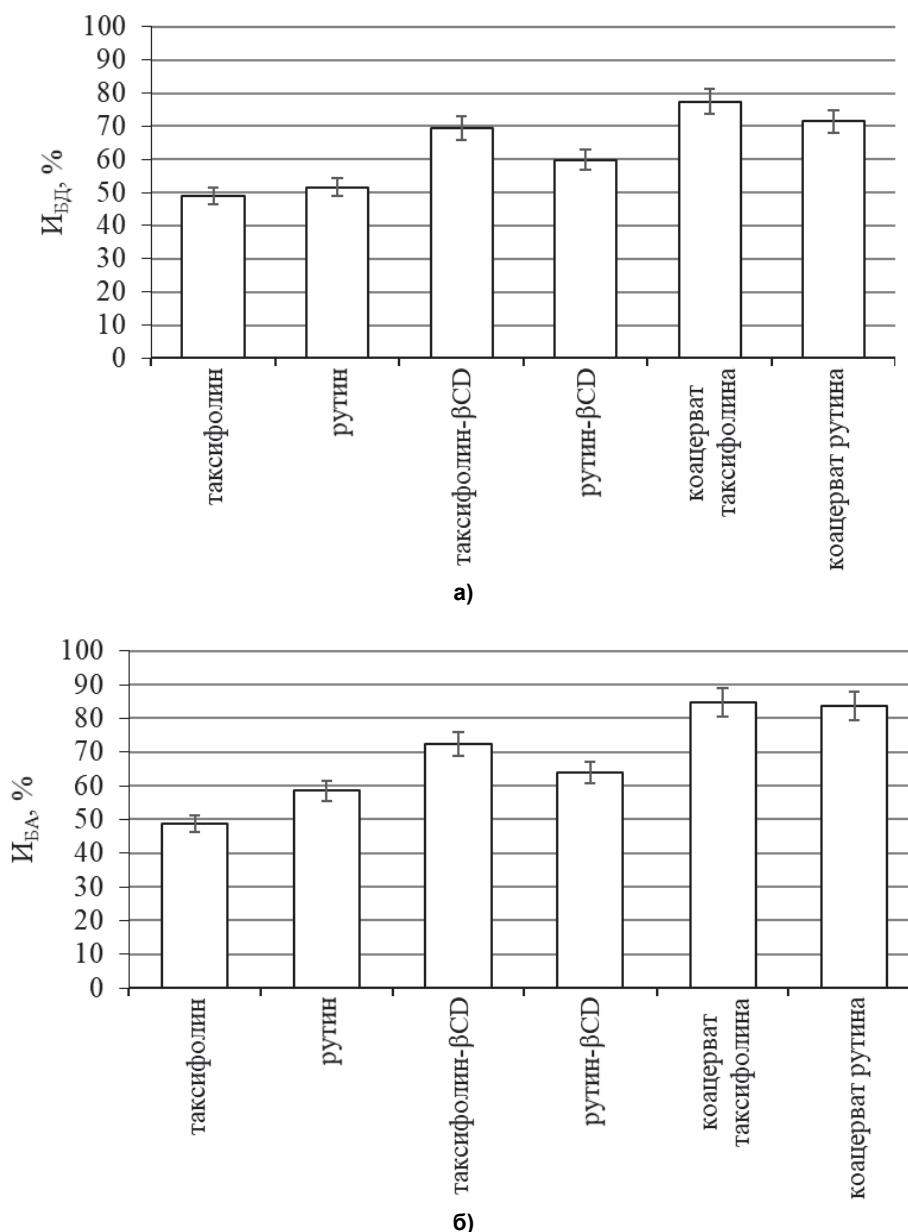


Рис. 4. Потенциальная биодоступность и биоактивность водных растворов (0,01%) исходных и инкапсулированных полифенолов (а – I_{BD} ; б – I_{BA})

Fig. 4. Potential bioavailability and bioactivity of original and encapsulated polyphenols (a – I_{BD} ; б – I_{BA}) in water solution (0.01%)

переваривания в первую очередь зависит от класса фенольного соединения, его устойчивости к воздействию pH, ферментов и склонности к структурным превращениям, которые приводят к образованию метаболитов с различными химическими свойствами и, как правило, с более низкой биоактивностью [2, 20, 25].

Проведенные исследования показали, что после процедуры переваривания *in vitro* потенциальная биодоступность и биоактивность (выраженные соответствующими индексами) исходных форм полифенолов снижаются значительно. Вместе с тем использование технологий инкапсуляции позволяет в значительной степени обеспечить как сохранность количества БАВ, так и их антиоксидантных свойств. Наибольшую же эффективность с точки зрения сохранения потенциальной биодоступности и биоактивности показала технология коацервации, которая позволила обеспечить значения $I_{БД}$ и $I_{БА}$ для полифенолов в диапазоне 70–83 %, а значит, предотвратить процессы окислительной деградации БАВ при пищеварении, снизить уровень их атакваемости ферментами.

Заключение. Таким образом, представленные материалы и исследования продемонстрировали эффективность и целесообразность использования технологий инкапсуляции полифенолов для увеличения их биодоступности, биоактивности и возможности более эффективной доставки БАВ в системы организма человека.

Это, в свою очередь, позволяет дать высокую прогностическую оценку эффективности полученных комплексов в регулировании окислительно-восстановительного гомеостаза в клетках организма спортсмена и снижении негативных последствий, вызванных инфекцией SARS-CoV-2.

Вместе с тем для полновесной оценки эффективности инкапсулированных комплексов полифенолов требуется проведение исследований по расширенной номенклатуре показателей, в том числе клинических испытаний.

Статья выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ для молодых ученых для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук МК-3690.2021.5.

Литература

1. Головина, Е.Ю. Содержание антиоксидантов в листьях некоторых растений семейства бобовые г. Калининграда / Е.Ю. Головина, Т.А. Брахнова // Тез. докл. VIII Междунар. конф. «Биоантиоксидант». Москва, 4–6 окт. 2010 г. – М.: РУДН, 2010. – 558 с.

2. Калинина, И.В. Повышение биоактивности дигидрокверцетина на основе ультразвуковой микронизации / И.В. Калинина, И.Ю. Потороко, Р.И. Фаткуллин и др. // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2019. – № 1 (54). – С. 27–33.

3. Клышев, Л.К. Флавоноиды растений (распространение, физико-химические свойства, методы исследования) / Л.К. Клышев, В.А. Бандюкова, Л.С. Алюкина. – Алма-Ата: Наука, 1978. – 220 с.

4. Микроструктурирование пищевых ингредиентов для обеспечения их биодоступности в составе пищевых систем / А.В. Паймулина, И.Ю. Потороко, Н.В. Науменко, Е.Е. Науменко // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2021. – Т. 9, № 1. – С. 15–23. DOI: 10.14529/food210102

5. Фаткуллин, Р.И. Теоретические аспекты взаимодействия растительных полифенолов с макромолекулами в функциональных пищевых системах / Р.И. Фаткуллин, И.Ю. Потороко, И.В. Калинина // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2021. – Т. 9, № 1. – С. 82–90. DOI: 10.14529/food210109

6. Шатилов, А.В. Роль антиоксидантов в организме в норме и при патологии / А.В. Шатилов, О.Г. Богданова, А.В. Коробов // Ветеринарная патология. – 2007. – № 2. – С. 207–211.

7. Beltrán-García, J. Oxidative stress and inflammation in COVID-19-associated sepsis: the potential role of anti-oxidant therapy in avoiding disease progression / J. Beltrán-García // Antioxidants. – 2020. – Vol. 9 (10). – P. 936.

8. Bouayed, J. Bioaccessible and dialysable polyphenols in selected apple varieties following *in vitro* digestion vs. their native patterns / J. Bouayed, H. Deußner, L. Hoffmann, T. Bohn // Food Chemistry. – 2012. – Vol. 131 (4). – P. 1466–1472.

9. Chen, G.-L. Total phenolic, flavonoid

and antioxidant activity of 23 edible flowers subjected to *in vitro* digestion / G.-L. Chen, S.-G. Chen, Y.-Q. Xie et al. // *Journal of Functional Foods*. – 2015. – Vol. 17. – P. 243–259.

10. Circu, M.L. Reactive oxygen species, cellular redox systems, and apoptosis / M.L. Circu, T.Y. Aw // *Free Radic Biol Med*. – 2010. – Vol. 48 (6). – P. 749–762.

11. Dos, W.G. Santos Natural history of COVID-19 and current knowledge on treatment therapeutic options / W.G. Dos // *Biomed Pharmacother*. – 2020. – Vol. 129. – P. 110493.

12. FoodDB [Electronic resource]. – <http://foodb.ca>.

13. Hur, S.J. *In vitro* human digestion models for food applications / S.J. Hur, B.O. Lim, E.A. Decker, D.J. McClements // *Food Chemistry*. – 2011. – Vol. 125 (1). – P. 1–12.

14. Iddir, M. Strengthening the immune system and reducing inflammation and oxidative stress through diet and nutrition: considerations during the COVID-19 crisis / M. Iddir // *Nutrients*. – 2020. – Vol. 12 (6).

15. Khomich, O.A. Redox biology of respiratory viral infections / O.A. Khomich // *Viruses*. – 2018. – Vol. 10 (8). – P. 392.

16. Lorrain, B. Dietary iron-initiated lipid oxidation and its inhibition by polyphenols in gastric conditions / B. Lorrain, O. Dangles, M. Loonis et al. // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2012. – Vol. 60. – P. 9074–9081.

17. Ntyonga-Pono, M.P. COVID-19 infection and oxidative stress: an under-explored approach for prevention and treatment? / M.P. Ntyonga-Pono // *Pan Afr Med J*. – 2020. – Vol. 35 (Suppl. 2). – P. 12.

18. Potoroko, I.Yu. Sonochemical Micronization of Taxifolin Aimed at Improving Its Bioavailability in Drinks for Athletes / I.Yu. Potoroko, I.V. Kalinina, N.V. Naumenko et al. // *Human. Sport. Medicine*. – 2018. – Vol. 18, no. 3. – P. 90–100. DOI: 10.14529/hsm180309

19. Potoroko, I.U. Possibilities of Regulating Antioxidant Activity of Medicinal Plant Extracts / I.U. Potoroko, I.V. Kalinina, N.V. Naumenko et al. // *Human. Sport. Medicine*. – 2017. – Vol. 17, no. 4. – P. 77–90. DOI: 10.14529/hsm170409

20. Ravi, G.S. Mathias Nano-lipid complex of rutin: Development, characterisation and *in vivo* investigation of hepatoprotective, antioxidant activity and bioavailability study in rats / G.S. Ravi, R.N. Charyulu, A. Dubey et al. // *AAPS PharmSciTech*. – 2018. – Vol. 19. – P. 3631–3649.

21. Rahimi, B. Coronavirus and its effect on the respiratory system: is there any association between pneumonia and immune cells / B. Rahimi, A. Vesal, M. Edalatifard // *J Fam Med Prim Care*. – 2020. – Vol. 9 (9). – P. 4729–4735.

22. Rodríguez-Roque, M.J. Impact of food matrix and processing on the *in vitro* bioaccessibility of vitamin C, phenolic compounds, and hydrophilic antioxidant activity from fruit juice-based beverages / M.J. Rodríguez-Roque, B. de Ancos, C. Sánchez-Moreno et al. // *Journal of Functional Foods*. – 2015. – Vol. 14. – P. 33–43.

23. Sui, X. Changes in the color, chemical stability and antioxidant capacity of thermally treated anthocyanin aqueous solution over storage / X. Sui, S. Bary, W. Zhou // *Food Chemistry*. – 2016. – Vol. 192. – P. 516–524.

24. Yada, R.Y. Engineered nanoscale food ingredients: evaluation of current knowledge on material characteristics relevant to uptake from the gastrointestinal tract / R.Y. Yada, N. Buck, R. Canady et al. // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. – 2014. – Vol. 13. – P. 730–744.

25. Yang, L.-J. Host-guest system of nimbin and β -cyclodextrin or its derivatives: Preparation, characterization, inclusion mode, and solubilization / L.-J. Yang, B. Yang, W. Chen et al. // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2010. – Vol. 58. – P. 8545–8552.

Фаткуллин Ринат Ильгидарович, кандидат технических наук, доцент кафедры пищевых и биотехнологий, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: fatkullinri@susu.ru, ORCID: 0000-0002-1498-0703.

Ботвинникова Валентина Викторовна, кандидат технических наук, руководитель отдела качества ИЛ «Тест-Пушино». 142290, Московская область г. Пушкино, ул. Грузовая, 1г. E-mail: vasens_b@mail.ru, ORCID: 0000-0003-1085-5099.

Калинина Ирина Валерьевна, доктор технических наук, профессор кафедры пищевых и биотехнологий, доцент, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: kalininaiv@susu.ru, ORCID: 0000-0002-6246-9870.

Ненашева Анна Валерьевна, доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: nenashevaav@susu.ru, ORCID: 0000-0001-7579-0463.

Васильев Андрей Константинович, магистрант кафедры пищевых и биотехнологий, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: mbz2018vak72@susu.ru, ORCID: 0000-0001-8481-7656.

Науменко Наталья Владимировна, доктор технических наук, доцент кафедры пищевых и биотехнологий, доцент, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: naumenkonv@susu.ru, ORCID: 0000-0002-9520-3251.

Поступила в редакцию 24 сентября 2021 г.

DOI: 10.14529/hsm210420

NEW APPROACHES TO PLANT ANTIOXIDANTS FOR SPORTS NUTRITION IN THE COVID-19 PANDEMIC

R.I. Fatkullin¹, fatkullinri@susu.ru, ORCID: 0000-0002-1498-0703,
V.V. Botvinnikova², vasens_b@mail.ru, ORCID: 0000-0003-1085-5099,
I.V. Kalinina¹, kalininaiv@susu.ru, ORCID: 0000-0002-6246-9870,
A.V. Nenasheva¹, nenashevaav@susu.ru, ORCID: 0000-0001-7579-0463,
A.K. Vasilev¹, mbz2018vak72@susu.ru, ORCID: 0000-0001-8481-7656,
N.V. Naumenko¹, naumenkonv@susu.ru, ORCID: 0000-0002-9520-3251

¹South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation,

²Test Pushchino LLC, Pushchino, Russian Federation

Aim. The paper aims to assess the prospects for the use of encapsulation technologies for improving bioavailability and bioactivity of plant antioxidants; to assess the prospects for the use of the materials obtained in the regulation of redox homeostasis in athletes and the reduction of SARS-CoV-2 complications. **Materials and methods.** Taxifolin and rutin in their original and encapsulated forms were used as plant antioxidants. Encapsulation was performed by gelatin-pectin complex coacervation and conjugation to β -cyclodextrin. The effectiveness of encapsulation technologies was assessed with the data of antioxidant activity (DPPH method, %) and bioavailability and bioactivity indices (*in vitro* digestion model). **Results.** It was found that encapsulated complexes of taxifolin and rutin were characterized by higher values of bioavailability and bioactivity. According to these findings it is possible to assume that encapsulated complexes have higher effectiveness in terms of antioxidant delivery. **Conclusion.** The results obtained confirm high effectiveness of the abovementioned polyphenol complexes in the regulation of redox homeostasis in athletes and the reduction of risk of oxidative stress and SARS-CoV-2 complications.

Keywords: oxidative stress, COVID-19 pandemic, plant antioxidants, encapsulation, bioavailability and bioactivity.

References

1. Golovina E.Yu., Brakhnova T.A. [The Content of Antioxidants in the Leaves of Some Plants of the Legume Family in Kaliningrad]. *Tezisy докладov VIII mezhdunarodnoy konferentsii "Bioantioksidant"* [Abstracts of the VIII International Conference Bioantioxidant], 2010, 558 p. (in Russ.)
2. Kalinina I.V., Potoroko I.Yu., Fatkullin R.I. et al. [Increase in the Bioactivity of Dihydroquercetin Based on Ultrasonic Micronization]. *Tekhnologiya i tovarovedeniye innovatsionnykh pishchevykh produktov* [Technology and Commodity Research of Innovative Food Products], 2019, no. 1 (54), pp. 27–33. (in Russ.)

3. Klyshev L.K., Bandyukova V.A., Alyukina L.S. *Flavonoidy rasteniy (rasprostraneniye, fiziko-khimicheskiye svoystva, metody issledovaniya)* [Plant Flavonoids (Distribution, Physicochemical Properties, Research Methods)]. Alma-Ata, Science Publ., 1978. 220 p.
4. Paymulina A.V., Potoroko I.Yu., Naumenko N.V., Naumenko E.E. Microstructuring of Food Ingredients to Ensure Their Bioavailability in Food Systems. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2021, vol. 9, no. 1, pp. 15–23. DOI: 10.14529/food210102
5. Fatkullin R.I., Potoroko I.Yu., Kalinina I.V. Theoretical Aspects of the Interaction of Plant Polyphenols with Macromolecules in Functional Food Systems. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2021, vol. 9, no. 1, pp. 82–90. DOI: 10.14529/food210109
6. Shatilov A.V., Bogdanova O.G., Korobov A.V. [The Role of Antioxidants in the Body in Health and Disease]. *Veterinarnaya patologiya* [Veterinary Pathology], 2007, no. 2, pp. 207–211. (in Russ.)
7. Beltrán-García J. Oxidative Stress and Inflammation in COVID-19-Associated Sepsis: the Potential Role of Anti-Oxidant Therapy in Avoiding Disease Progression. *Antioxidants*, 2020, vol. 9 (10), p. 936. DOI: 10.3390/antiox9100936
8. Bouayed J., Deußer H., Hoffmann L., Bohn T. Bioaccessible and Dialysable Polyphenols in Selected Apple Varieties Following in Vitro Digestion vs. Their Native Patterns. *Food Chemistry*, 2012, vol. 131 (4), pp. 1466–1472. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.10.030
9. Chen G.-L., Chen S.-G., Xie Y.-Q. Total Phenolic, Flavonoid and Antioxidant Activity of 23 Edible Flowers Subjected to in Vitro Digestion. *Journal of Functional Foods*, 2015, vol. 17, pp. 243–259. DOI: 10.1016/j.jff.2015.05.028
10. Circu M.L., Aw T.Y. Reactive Oxygen Species, Cellular Redox Systems, and Apoptosis. *Free Radic Biol Med*, 2010, vol. 48 (6), pp. 749–762. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2009.12.022
11. Dos W.G. Santos Natural History of COVID-19 and Current Knowledge on Treatment Therapeutic Options. *Biomed Pharmacother*, 2020, vol. 129, p. 110493. DOI: 10.1016/j.biopha.2020.110493
12. Foo D.B. Available at: <http://foodb.ca>.
13. Hur S.J., Lim B.O., Decker E.A., McClements D.J. In Vitro Human Digestion Models for Food Applications. *Food Chemistry*, 2011, vol. 125 (1), pp. 1–12. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.08.036
14. Iddir M. Strengthening the Immune System and Reducing Inflammation and Oxidative Stress Through Diet and Nutrition: Considerations During the COVID-19 Crisis. *Nutrients*, 2020, vol. 12 (6). DOI: 10.3390/nu12061562
15. Khomich O.A. Redox Biology of Respiratory Viral Infections. *Viruses*, 2018, vol. 10 (8), p. 392. DOI: 10.3390/v10080392
16. Lorrain B., Dangles O., Loonis M. et al. Dietary Iron-Initiated Lipid Oxidation and Its Inhibition by Polyphenols in Gastric Conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2012, vol. 60, pp. 9074–9081. DOI: 10.1021/jf302348s
17. Ntyonga-Pono M.P. COVID-19 Infection and Oxidative Stress: an Under-Explored Approach for Prevention and Treatment? *Pan Afr Med J*, 2020, vol. 35, suppl. 2, 12 p. DOI: 10.11604/pamj.2020.35.2.22877
18. Potoroko I.Yu., Kalinina I.V., Naumenko N.V. et al. Sonochemical Micronization of Taxifolin Aimed at Improving Its Bioavailability in Drinks for Athletes. *Human. Sport. Medicine*, 2018, vol. 18, no. 3, pp. 90–100. DOI: 10.14529/hsm180309
19. Potoroko I.U., Kalinina I.V., Naumenko N.V. et al. Possibilities of Regulating Antioxidant Activity of Medicinal Plant Extracts. *Human. Sport. Medicine*, 2017, vol. 17, no. 4, pp. 77–90. DOI: 10.14529/hsm170409
20. Ravi G.S., Charyulu R.N., Dubey A. et al. Mathias Nano-Lipid Complex of Rutin: Development, Characterisation and in Vivo Investigation of Hepatoprotective, Antioxidant Activity and Bioavailability Study in Rats. *AAPS PharmSciTech*, 2018, vol. 19, pp. 3631–3649. DOI: 10.1208/s12249-018-1195-9
21. Rahimi B., Vesal A., Edalatfard M. Coronavirus and Its Effect on the Respiratory System: is there any Association Between Pneumonia and Immune Cells. *J Fam Med Prim Care*, 2020, vol. 9 (9), pp. 4729–4735. DOI: 10.4103/jfmpe.jfmpe_763_20

22. Rodríguez-Roque M.J., de Ancos B., Sánchez-Moreno C. et al. Impact of Food Matrix and Processing on the in Vitro Bioaccessibility of Vitamin C, Phenolic Compounds, and Hydrophilic Antioxidant Activity From Fruit Juice-Based Beverages. *Journal of Functional Foods*, 2015, vol. 14, pp. 33–43. DOI: 10.1016/j.jff.2015.01.020

23. Sui X., Bary S., Zhou W. Changes in the Color, Chemical Stability and Antioxidant Capacity of Thermally Treated Anthocyanin Aqueous Solution Over Storage. *Food Chemistry*, 2016, vol. 192, pp. 516–524. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.07.021

24. Yada R.Y., Buck N., Canady R. et al. Engineered Nanoscale Food Ingredients: Evaluation of Current Knowledge on Material Characteristics Relevant to Uptake From the Gastrointestinal Tract. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2014, vol. 13, pp. 730–744. DOI: 10.1111/1541-4337.12076

25. Yang L.-J., Yang B., Chen W. et al. Host-Guest System of Nimbin and β -Cyclodextrin or Its Derivatives: Preparation, Characterization, Inclusion Mode, and Solubilization. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010, vol. 58, pp. 8545–8552. DOI: 10.1021/jf101079e

Received 24 September 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Новые подходы обеспечения эффективности растительных антиоксидантов для спортивного питания в условиях пандемии COVID-19 / Р.И. Фаткуллин, В.В. Ботвинникова, И.В. Калинина и др. // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 175–184. DOI: 10.14529/hsm210420

FOR CITATION

Fatkullin R.I., Botvinnikova V.V., Kalinina I.V., Nenasheva A.V., Vasilev A.K., Naumenko N.V. New Approaches to Plant Antioxidants for Sports Nutrition in the Covid-19 Pandemic. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 4, pp. 175–184. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210420

ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ПРОФИЛАКТИКЕ ТРАВМАТИЗМА ПРИ ЗАНЯТИЯХ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРОЙ И СПОРТОМ В РАЗНЫЕ ВОЗРАСТНЫЕ ПЕРИОДЫ

**М.В. Санькова¹, В.Н. Николенко^{1,2}, А.Д. Возкогон^{1,3},
М.В. Оганесян¹, Л.А. Гридин⁴**

¹Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), г. Москва, Россия,

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия,

³Европейский остеопатический клинический центр московского филиала ЧОУ ДПО «Медицинская академия остеопатического образования», г. Санкт-Петербург, Россия,

⁴Московский центр проблем здоровья при Правительстве Москвы, г. Москва, Россия

Цель исследования. Определить патогномоничные для разных возрастных периодов признаки соединительнотканной дисплазии у лиц с повторяющимися спортивными травмами опорно-двигательной системы для разработки эффективной профилактики травматизма при занятиях физической культурой и спортом. **Материалы и методы.** Проведено полноценное обследование 78 лиц, из которых были сформированы подгруппы лиц первого и второго периодов зрелого возраста. Скрининг состояния соединительной ткани проводился согласно специально разработанной анкете, которая фиксировала признаки дисморфизма соединительной ткани. **Результаты.** Были определены как специфичные для разных возрастных периодов, так и универсальные патогномоничные маркёры ранней диагностики предрасположенности к травмам. В возрасте 22–35 лет индивидуального подхода к тренировкам требуют лица астенического типа телосложения, у которых имеют место гипермобильность суставов, келоидные рубцы, тонкая кожа и мягкие ушные раковины. В возрасте 36–47 лет следует обратить внимание на наличие кифотического искривления позвоночника, плоскостопия в сочетании с вальгусной деформацией стоп, гиперпигментации над остистыми отростками, атрофических стрий, варикозного расширения вен, диастаза прямых мышц живота и рецидивирующих грыж. Особую диагностическую ценность приобретают универсальные маркёры, имеющие значение в любом возрасте, такие как готическое нёбо, сколиоз, Х- и О-образные ноги и «хруст» в височно-нижнечелюстном суставе. **Заключение.** Выявление патогномоничных маркёров предрасположенности к травмам требует своевременной индивидуализации программы тренировок, что будет способствовать эффективной профилактике травматизма при занятиях физической культурой и спортом.

Ключевые слова: спортивные травмы, соединительнотканная дисплазия, возрастные особенности, патогномоничные маркёры предрасположенности к травмам, профилактика травматизма.

Введение. Здоровье современного человека неразрывно связано с физической культурой и спортом. Понимание механизмов возникновения травм опорно-двигательной системы (ОДС) во время привычного тренировочного процесса является важной составляющей комплекса знаний тренеров и врачей в их профессиональной деятельности [5]. Актуальность обращения к этой проблеме в настоящее время обусловлена значительным

ростом количества спортивных травм и возникновения посттравматических нарушений. Часто возникающие повреждения ОДС приводят к хроническому течению посттравматических заболеваний и потере спортивной трудоспособности на весьма длительный срок [11]. Согласно статистическим данным 70 % обратившихся за лечебной помощью по поводу различных спортивных травм ОДС не связывают возникшую патологию с воздействием

выраженного травмирующего фактора. В этих случаях, в первую очередь, повреждаются не здоровые ткани, а ткани, пораженные каким-то патологическим процессом [6]. Было показано, что частые структурно-функциональные нарушения ОДС, имеющие место во время физической нагрузки, ассоциированы с дисплазией соединительной ткани [9]. Нарушения синтеза эластина и коллагена при этом заболевании приводят к неспособности соединительной ткани выдерживать полноценную механическую нагрузку [2]. В первую очередь, эти нарушения отмечаются в ОДС, так как подавляющее большинство его составляющих имеет соединительнотканное происхождение [10]. Диспластические признаки значительно модифицируются с возрастом, так как время их появления зависит от закономерностей генной экспрессии, пенетрантности многих генов и влияния внешних факторов, поэтому в процессе онтогенеза происходит накопление дефектов в системе соединительной ткани [4]. В этой связи представляется актуальным обследование соединительной ткани в разные возрастные периоды у лиц с рецидивирующими травмами ОДС для определения патогномоничных маркеров экспресс-диагностики предрасположенности к травмам и дальнейшего корректного составления программы тренировочного режима.

Цель исследования: определить патогномоничные для разных возрастных периодов признаки соединительнотканной дисплазии у лиц с повторяющимися спортивными травмами опорно-двигательной системы для разработки эффективной профилактики травматизма при занятиях физической культурой и спортом.

Материал и методы исследования. Полноценное обследование 78 лиц с повторяющимися спортивными травмами ОДС было проведено на базах ФГАОУ ВО «Первый МГМУ имени И.М. Сеченова» и Медицинской академии остеопатического образования. Возраст обследованных колебался от 22 до 47 лет, составляя в среднем $35,07 \pm 5,64$ года, в связи с чем было сформировано две подгруппы пациентов первого и второго периодов зрелого возраста.

Скрининг состояния соединительной ткани проводился согласно разработанной на кафедре анкеты, содержащей 66 признаков дисморфизма соединительной ткани. Общеправительский осмотр включал измерение роста, длины нижней части тела, веса, объема

грудной клетки, размаха рук, длины среднего пальца, кисти и стопы. Для оценки пропорциональности частей тела вычисляли индексы Вервека и Пинье, для расчёта дефицита массы тела – индексы Варги и Кетле. Долихостеномелия выявлялась при вычислении индексов соотношения верхней части тела к нижней, длины кисти и длины стопы к росту и размаха рук к росту. Для диагностики арахнодактилии использовался тест запястья и большого пальца [2]. Гипермобильность суставов была установлена согласно критериям Бэйтона [8]. Инструментальные обследования включали УЗИ, ЭГДС и рентгенографию. Статистический анализ данных осуществлялся на компьютерной программе Microsoft Excel 2010 с применением критериев Крамера – Уэлча и Фишера. Уровень значимости определялся при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение: Анализ частоты встречаемости признаков соединительнотканной дисплазии у лиц с повторяющимися спортивными травмами ОДС показал, что астенический конституциональный тип, выявляемый по индексам Кетле, Варги и Пинье, более характерен для молодых лиц, и с возрастом его диагностическая значимость существенно снижается (табл. 1).

Ведущим клинико-морфологическим признаком аномалий строения скелета и суставов является долихостеномелия [2], которая по индексу соотношения длины стопы к росту значительно чаще отмечалась у лиц более старшего возраста. Это обусловлено тем, что с возрастом наблюдается увеличение длины стопы и уменьшение роста человека в связи с дистрофическими изменениями в телах позвонков и межпозвоночных дисках [1]. Согласно табл. 2, несостоятельность соединительной ткани у более половины лиц с повторяющимися травмами ОДС проявлялась такими независимыми от возраста признаками, как готическое небо, «хруст» в височно-нижнечелюстном суставе, сколиоз, изменения формы ног и нарушение прикуса.

Патологии позвоночника, изменения формы ног и неправильный двигательный стереотип обуславливают функциональные биомеханические нарушения, которые у всех опрошенных проявляются болевыми ощущениями в позвоночнике и приводят к формированию опущения плеча, асимметрии стояния лопаток и костей таза у большинства обследуемых независимо от возраста. Прогрессирующее нарушение структуры костной и

Таблица 1
Table 1

Распространенность диагностически значимых индексов пропорциональности тела, долихостеномелии и арахнодактилии у лиц с повторяющимися травмами опорно-двигательной системы (ОДС) в зависимости от возраста
The frequency of diagnostically significant body proportionality indices and indices of dolichostenomelia and arachnodactyly in people with recurrent injuries of the musculoskeletal system depending on age

Индекс / Index	Диагностические значения дисплазии Diagnostic values of dysplasia	Возраст 22–35 лет n = 39 Age 22–35 years	Возраст 36–47 лет n = 39 Age 36–47 years
Индекс Кетле / Quetelet Index	≤ 25	76,9 ± 6,7 %**	48,7 ± 8,0 %
Индекс Варги / Varga Index	< 1,7	38,5 ± 7,8 %*	23,1 ± 6,8 %
Индекс Вервека / Verveka Index	1,26–1,35	23,1 ± 6,8 %	15,4 ± 5,8 %
Индекс Пинье / Pignet Index	≥ 30	33,3 ± 7,5 %*	17,9 ± 6,1 %
Размах рук/рост / Arm span/body length	≥ 1,05	10,3 ± 4,9 %	15,4 ± 5,8 %
Верхняя часть тела/ нижняя Upper body/lower body	< 0,86	12,8 ± 5,4 %	12,8 ± 5,4 %
Длина стопы/рост / Foot length/body length	> 15 %	51,3 ± 8,0 %	76,9 ± 6,7 %*
Длина кисти/рост / Wrist length/body length	> 11 %	20,5 ± 6,5 %	30,8 ± 7,4 %
Тест запястья / Wrist test	+ / Positive	41,0 ± 3,8 %*	33,3 ± 2,5 %
Тест большого пальца / Thumb test	+ / Positive	46,2 ± 7,9 %*	28,2 ± 7,2 %
Длина среднего пальца / Middle finger length	> 10 см	41,0 ± 7,8 %	46,2 ± 7,9 %

Примечание. Здесь и в табл. 2–4 * – различия достоверны, p < 0,05; ** – различия достоверны, p < 0,001.
Note. Here and in table. 2-4 * – differences are significant at p < 0.05; ** – differences are significant at p < 0.001.

Таблица 2
Table 2

Распространенность костно-суставных дефектов у лиц с повторяющимися спортивными травмами ОДС в зависимости от возраста
The frequency of osteoarticular defects in people with recurrent injuries of the musculoskeletal system depending on age

Костно-суставные дефекты / Osteoarticular defects	Возраст 22–35 лет n = 39 Age 22–35 years	Возраст 36–47 лет n = 39 Age 36–47 years
Сколиоз / Scoliosis	46,2 ± 7,9 %	41,0 ± 7,8 %
Кифоз / Kyphosis	58,9 ± 7,8 %	92,3 ± 4,3 %**
Кифосколиоз / Kyphoscoliosis	20,5 ± 6,5 %	30,8 ± 7,4 %
«Плоская» спина / Flat back	7,7 ± 4,2 %	5,1 ± 3,5 %
Асимметрия лопаток / Scapular asymmetry	51,3 ± 8,0 %	48,7 ± 8,0 %
Асимметрия уровня плеч / Shoulder asymmetry	89,7 ± 4,9 %	87,2 ± 5,4 %
Асимметрия костей таза / Pelvic asymmetry	53,8 ± 7,9 %	46,2 ± 7,9 %
Крыловидные лопатки / Pterygoid shoulder	7,7 ± 4,2 %	7,7 ± 4,2 %
Воронкообразная грудная клетка / Pectus excavatum	10,3 ± 4,9 %	5,1 ± 3,5 %
Килевидная грудная клетка / Pectus carinatum	7,7 ± 4,2 %	7,7 ± 4,2 %
Плоскостопие / Flat feet	46,2 ± 7,9 %	61,5 ± 7,8 %*
Вальгусная установка стоп / Valgus alignment	35,9 ± 7,6 %	51,3 ± 8,0 %*
X- и O-образные ноги / X- and O- legs	38,5 ± 7,8 %	51,3 ± 8,0 %
Макродактилия большого пальца стопы Macroductyly of the great toe	33,3 ± 7,5 %	28,2 ± 7,2 %
Боли в позвоночнике / Spine pain	100 %	100 %
Гипермобильность суставов / Joint hypermobility	84,6 ± 5,7 %**	41,0 ± 7,8 %
«Хруст» в суставах / Crunching sounds in the joints	48,7 ± 8,0 %	76,9 ± 6,7 %*
«Хруст» в височно-нижнечелюстном суставе Crunching sounds in the temporomandibular joint	51,3 ± 8,0 %	48,7 ± 8,0 %
Артралгии / Arthralgia	35,9 ± 7,6 %	64,1 ± 7,6 %*

Костно-суставные дефекты / Osteoarticular defects	Возраст 22–35 лет n = 39 Age 22–35 years	Возраст 36–47 лет n = 39 Age 36–47 years
Вывихи и подвывихи / Joint dislocation	35,9 ± 7,6 %	30,8 ± 7,4 %
Растяжения, разрывы связок / Sprains and strains	100 %	100 %
Переломы костей / Bone fractures	30,8 ± 7,4 %	69,2 ± 7,3 %**
Узкий лицевой скелет / Narrow facial skeleton	12,8 ± 5,4 %	12,8 ± 5,4 %
Широко расставленные глаза / Wide-set eyes	7,7 ± 4,2 %	5,1 ± 3,5 %
Готическое нёбо / High-arched palate	64,1 ± 7,6 %	61,5 ± 7,8 %
Нарушение прикуса / Malocclusion	20,5 ± 6,5 %	17,9 ± 6,1 %

хрящевой ткани в процессе онтогенеза увеличивает встречаемость в более старшей возрастной группе кифотического искривления позвоночника и плоскостопия в сочетании с hallux valgus, что подтверждается данными других исследований [4].

Для молодых людей с повторяющимися травмами ОДС характерным маркёром является гипермобильность суставов. Повышенная подвижность запястно-пястных и пястно-фаланговых суставов обуславливает большую частоту встречаемости в этой группе положительных тестов запястья и большого пальца, подтверждающих арахнодактилию (см. табл. 1). В более старшей возрастной группе распространенность этого морфологического признака снижается, так как с годами уменьшается удельный вес эластических волокон и повышается их сродство к солям кальция. Во второй половине жизни, когда уже на имеющийся дефект соединительной ткани накладываются инволютивные процессы в сухожильно-связочном аппарате, более часто встречаются связанные с этим артралгии [4].

Нарушения первичной структуры коллагена приводят к снижению прочности и упругих свойств суставной капсулы и связок, что проявляется их повторными растяжениями и разрывами у всех обследуемых (см. табл. 2). Наличие патологической подвижности закономерно приводит к появлению нефизиологических для данного сустава движений и хроническим подвывихам и вывихам наиболее нагружаемых суставов, частота которых имеет независимое от возраста распределение. При неконгруэнтности контактирующих поверхностей определенным участкам суставного хряща приходится выполнять неадекватную механическую работу, и, следовательно, возрастает риск их повреждения и дегенера-

ции, что проявляется в раннем возникновении деформирующего остеоартроза и «хруста» в суставах, частота встречаемости которых с возрастом достоверно увеличивается.

Неполноценность структуры коллагена, укладки коллагеновых фибрилл, а также слабая степень и неравномерность распределения минерализации создают условия для нарушения опорной функции кости в виде уменьшения её плотности, прочности, эластичности и упругости. Это приводит к возникновению рецидивирующих переломов костей, распространенность которых выше в более старшей возрастной группе в связи с присоединением прогрессирующего остеопороза. Анализ распространенности эктодермальных проявлений выявил более частую встречаемость келоидных рубцов у молодых людей с повторяющимися травмами ОДС (табл. 3). С возрастом гиперэластичность кожи уменьшается, поэтому снижалась выявляемость участков тонкой кожи и изменений ушных раковин. В то же время в связи с нарастанием с годами неполноценности соединительной ткани увеличивался процент встречаемости атрофических стрий, ломкости волос, участков алопеции и гиперпигментации кожи.

Существенные изменения состава гликозаминогликанов, коллагена I и III типа передней брюшной стенки становятся причиной возникновения диастаза прямых мышц живота и грыж [4], которые более характерны для лиц второго периода зрелого возраста, так как с возрастом происходит прогрессирование нарушений соединительной ткани.

Анализ висцеральных признаков позволил установить тенденцию к большей встречаемости пролапса митрального клапана у молодых лиц с повторяющимися травмами ОДС (табл. 4).

Таблица 3
Table 3

Распространенность миопатических и эктодермальных дефектов
у лиц с повторяющимися травмами ОДС в зависимости от возраста
The frequency of myopathic and ectodermal defects in people with recurrent injuries
of the musculoskeletal system depending on age

Миопатические и эктодермальные дефекты Myopathic and ectodermal defects	Возраст 22–35 лет n = 39 Age 22–35 years	Возраст 36–47 лет n = 39 Age 36–47 years
Миотонический синдром / Myotonic syndrome	17,9 ± 6,1 %	20,5 ± 6,5 %
Диастаз прямых мышц живота / Rectus abdominis diastasis	10,3 ± 4,9 %	28,2 ± 7,2 %*
Рецидивирующие грыжи / Recurrent hernias	5,1 ± 3,5 %	20,5 ± 6,5 %*
Кожа тонкая / Thin skin	35,9 ± 7,6 %*	15,4 ± 5,8 %
Носовые кровотечения / Nosebleeds	7,7 ± 4,2 %	20,5 ± 6,5 %*
Келоидные рубцы / Keloid scars	33,3 ± 7,5 %*	15,4 ± 5,8 %
Петехии / Petechia	20,5 ± 6,5 %	17,9 ± 6,1 %
Гиперпигментация кожи над остистыми отростками Hyperpigmented skin above the spinous processes	5,1 ± 3,5 %	20,5 ± 6,5 %*
Атрофические стрии / Atrophic striae	25,6 ± 6,9 %	51,3 ± 8,0 %*
Телеангиоэктазии / Telangiectasia	12,8 ± 5,4 %	12,8 ± 5,4 %
Ногти (мягкие/ломкие) / Nails (soft/fragile)	87,2 ± 5,4 %	89,7 ± 4,9 %
Ломкость и интенсивное выпадение волос Fragile hair and hair loss	71,8 ± 7,2 %	89,7 ± 4,9 %*
Ушные раковины (мягкие) / Auricles (soft)	76,9 ± 6,7 %*	48,7 ± 8,0 %

Таблица 4
Table 4

Распространенность висцеральных признаков
у лиц с повторяющимися травмами в ОДС зависимости от возраста
The frequency of internal signs in people with recurrent injuries
of the musculoskeletal system depending on age

Признаки дисплазии / Signs of dysplasia	Возраст 22–35 лет n = 39 Age 22–35 years	Возраст 36–47 лет n = 39 Age 36–47 years
Пролапс митрального клапана / Mitral valve prolapse	30,8 ± 7,4 %	20,5 ± 6,5 %
Вегетососудистая дистония / Dystonia	92,3 ± 4,3 %**	58,9 ± 7,8 %
Пульс, уд./мин / Heart rate, bpm	74,2 ± 5,4	78,5 ± 4,6
АД систолическое, мм рт. ст. / Systolic blood pressure, mmHg	102,2 ± 4,9	126,3 ± 7,1*
АД диастолическое, мм рт. ст. / Diastolic blood pressure, mmHg	64,3 ± 4,8	72,7 ± 5,4*
Варикозное расширение вен нижних конечностей Varicose veins of the lower extremities	35,9 ± 7,6 %	76,9 ± 6,7 %**
Геморрой / Hemorrhoids	41,0 ± 7,8 %	71,8 ± 7,2 %**
Миопия средней степени / Moderate myopia	79,5 ± 6,5 %	71,8 ± 7,2 %
Астигматизм / Astigmatism	15,4 ± 5,8 %	10,3 ± 4,9 %
Дискинезия желчевыводящих путей / Biliary dyskinesia	76,9 ± 6,7 %*	48,7 ± 8,0 %
Гастроэзофагальный рефлюкс / Gastroesophageal reflux	43,6 ± 7,9 %	94,9 ± 3,5 %**
Хронический эзофагит / Chronic esophagitis	46,2 ± 7,9 %	92,3 ± 4,3 %**
Астенический синдром / Asthenic syndrome	53,8 ± 7,9 %	97,4 ± 2,5 %**

С возрастом в связи со снижением эластичности створок клапана и присоединением склеродегенеративных изменений эта патология способствует развитию органического заболевания сердца. Вегетососудистая дистония в большем проценте случаев диагностируется у молодых людей. С возрастом происходит разрастание соединительной ткани в сосудах, развивается их склероз, образование

венозных узлов и существенно нарастает частота варикозного расширения вен и повышения артериального давления. Миопия, служащая примером изменений специфических видов соединительной ткани, выявляется уже в молодом возрасте и далее прогрессирует только выраженность её проявлений. Манифестация симптомов нарушений моторики желчных путей более характерна для лиц мо-

Возрастные особенности признаков дисплазии и качества жизни у лиц с повторяющимися травмами ОДС
Age features of dysplasia and quality of life in people with recurrent injuries of the musculoskeletal system

	Возраст 22–35 лет n = 39 Age 22–35 years	Возраст 36–47 лет n = 39 Age 36–47 years
Дисплазия умеренной степени / Moderate dysplasia	30,8 ± 7,4 %*	15,4 ± 5,8 %
Дисплазия выраженной степени / Severe dysplasia	69,2 ± 7,3 %	84,6 ± 5,7 %*
Общее количество признаков дисплазии Total number of dysplasia signs	6,0 ± 2,9	20,0 ± 4,9*
Суммарный балл признаков дисплазии Total score of dysplasia signs	43,47 ± 3,87	54,46 ± 3,93*
Качество жизни, балл / Quality of life, points	6,32 ± 0,81	4,07 ± 1,39*

Примечание. * – различия достоверны, $p < 0,05$.
Note. * – differences are significant at $p < 0.05$.

лодого возраста с повторяющимися травмами ОДС. Процент встречаемости недостаточности кардии, заброса желудочного содержимого в просвет пищевода и возникновение в нем реактивного воспаления значимо более характерен для лиц более старшего возраста. Существенное увеличение спектра и выраженности диспластических изменений в процессе онтогенеза (табл. 5) обуславливает достоверный рост распространенности астенического синдрома и более значительный суммарный балл диспластических изменений во втором периоде зрелого возраста. Это объясняет и более низкий балл качества жизни в этой возрастной группе.

Ранжирование наиболее часто встречаемых дефектов в зависимости от их диагностической значимости [3] позволило определить как специфичные для разных возрастных периодов, так и универсальные патогномоничные маркёры ранней диагностики предрасположенности к травмам. В возрасте 22–35 лет индивидуального подхода к тренировкам требуют лица астенического типа телосложения, у которых имеют место гипермобильность суставов, келоидные рубцы, тонкая кожа и мягкие ушные раковины; в возрасте 36–47 лет следует обратить внимание на наличие кифотического искривления позвоночника, плоскостопия в сочетании с вальгусной деформацией стоп, гиперпигментации над остистыми отростками, атрофических стрий, варикозного расширения вен, диастаза прямых мышц живота и рецидивирующих грыж. Особую диагностическую ценность приобретают патогномоничные маркёры, имеющие значение в лю-

бом возрасте, такие как готическое нёбо, сколиоз, Х- и О-образные ноги и «хруст» в височно-нижнечелюстном суставе. Установленные маркёры требуют своевременной коррекции тренировочных программ и назначения лечебно-профилактических мероприятий, в частности, остеопатии, способствующей укреплению соединительной ткани [7].

Заключение. Полученные в результате исследования данные позволили установить патогномоничные маркёры ранней диагностики предрасположенности к возникновению травм ОДС в разные возрастные периоды. Выявленные факторы будут способствовать ранней диагностике предрасположенности к травмам и эффективной профилактике травматизма при занятиях физической культурой и спортом.

Литература

1. *Анатомия человека / М.Р. Сапин, В.Н. Николенко, Д.Б. Никитюк, С.В. Чава. – М.: Изд-во: ГЭОТАР-Медиа, 2018. – 528 с.*
2. *Клинические рекомендации российского научного медицинского общества терапевтов по диагностике, лечению и реабилитации пациентов с дисплазиями соединительной ткани (первый пересмотр) / А.И. Мартынов, Г.И. Нечаева, Е.В. Акатова и др. // Мед. вестник Северного Кавказа. – 2018. – Т. 13, № 1-2. – С. 137–209.*
3. *Наследственные и многофакторные нарушения соединительной ткани у детей. Алгоритмы диагностики. Тактика ведения. Российские рекомендации / Л.Н. Аббакумова, В.Г. Арсентьев, С.Ф. Гнусаев и др. // Педиатр. – 2016. – Т. 7, № 2. – С. 5–39.*

4. Проявления неклассифицированной дисплазии соединительной ткани в зависимости от возраста: прогноз / Н.Я. Доценко, Л.В. Герасименко, С.С. Боев и др. // Украин. Ревматол. журнал 2012. – № 1 (47). – С. 19–23.

5. Спортивный травматизм. Профилактика и реабилитация / В.С. Бакулин, И.Б. Грецакая, М.М. Богомолова, А.Н. Богачев. – Волгоград: ФГБОУ ВПО «ВГАФК», 2013. – 190 с.

6. Arseni, L. From Structure to Phenotype: Impact of Collagen Alterations on Human Health / L. Arseni, A. Lombardi, D. Orioli // *Int J Mol Sci.* – 2018. – Vol. 19 (5). – E1407. DOI: 10.3390/ijms19051407. Review

7. Best uses of osteopathic manipulation / A.H. Slattengren, T. Nissly, J.Blustin, A. Bader, E. Westfall // *J Fam Pract.* – 2017. – Vol. 66 (12). – P. 743–747.

8. Kumar, B. Joint Hypermobility Syndrome: Recognizing a Commonly Overlooked Cause of Chronic Pain / B. Kumar, P. Lenert // *Am J Med.* – 2017 Jun. – Vol. 130 (6). – P. 640–647. DOI: 10.1016/j.amjmed.2017.02.013. Epub 2017 Mar 10. Review

9. Morphological signs of connective tissue dysplasia as predictors of frequent post-exercise musculoskeletal disorders / V.N. Nikolenko, M.V. Oganessian, A.D. Vovkogan et al. // *BMC Musculoskelet Disord.* – 2020. – Vol. 21 (1). – P. 660. DOI: 10.1186/s12891-020-03698-0

10. Piantkovskii, A.S. Connective tissue dysplasia / A.S. Piantkovskii // *Lik Sprava.* – 2012. – No. 7. – P. 166–169. PMID: 23350142

11. Wojtys, E.M. Preventing Sports Injuries / E.M. Wojtys // *Sports Health.* – 2019. – Vol. 11(1). – P. 16–17. DOI: 10.1177/1941738118814247

Санькова Мария Вячеславовна, студентка 3-го курса Международной школы «Медицина будущего», Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). 119991, г. Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2. E-mail: sankov@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-3164-9737.

Николенко Владимир Николаевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой анатомии человека, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). 119991, г. Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2; заведующий кафедрой нормальной и топографической анатомии Факультета фундаментальной медицины, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова. 119234, г. Москва, Ленинские горы, д. 1. E-mail: vn.nikolenko@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-6033-3427.

Вовкогон Анджела Дмитриевна, кандидат медицинских наук, доцент по кафедре анатомии человека, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). 119991, г. Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2; преподаватель, Европейский остеопатический клинический центр московского филиала ЧОУ ДПО «Медицинская академия остеопатического образования». 199106, г. Санкт-Петербург, ул. Гаванская, д. 4, корп. 2. E-mail: andzelavovk@mail.ru, ORCID: 0000-0002-0289-471X.

Оганесян Марине Валиковна, кандидат медицинских наук, доцент по кафедре анатомии человека, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). 119991, г. Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2. E-mail: marine-oganesyan@mail.ru, ORCID: 0000-0001-6432-5179.

Гридин Леонид Александрович, доктор медицинских наук, профессор, генеральный директор, Московский центр проблем здоровья (МЦПЗ) при Правительстве Москвы. 119049, г. Москва, ул. Житная, д. 14, стр. 3. E-mail: leonidgridin@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-4941-8876.

Поступила в редакцию 10 октября 2021 г.

DIFFERENTIATED APPROACH TO SPORTS INJURY PREVENTION AT DIFFERENT AGE PERIODS

M.V. Sankova¹, *cankov@yandex.ru*, ORCID: 0000-0003-3164-9737,
V.N. Nikolenko^{1,2}, *vn.nikolenko@yandex.ru*, ORCID: 0000-0002-6033-3427,
A.D. Vovkogon^{1,3}, *andzelavovk@mail.ru*, ORCID: 0000-0002-0289-471X,
M.V. Oganessian¹, *marine-oganesyan@mail.ru*, ORCID: 0000-0001-6432-5179,
L.A. Gridin⁴, *leonidgridin@yandex.ru*, ORCID: 0000-0002-4941-8876

¹First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov (Sechenov University), Moscow, Russian Federation,

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation,

³European Osteopathic Clinical Center of the Moscow branch of the "Medical Academy of Osteopathic Education", St. Petersburg, Russian Federation,

⁴Moscow Center for Health Problems under the Moscow Government, Moscow, Russian Federation

Aim. The paper aims to identify pathognomonic signs of connective tissue dysplasia at different age periods in people with repetitive musculoskeletal injuries and to develop an effective injury prevention program for people involved in sport. **Materials and methods.** Seventy-eight people were examined and divided into two age groups (first and second adulthood) for comparative analysis. The connective tissue of subjects was studied using a specially designed questionnaire, that allowed to record the signs of connective tissue dysplasia. **Results.** Both the age-specific and universal pathognomonic signs of injury risk were identified. At the age of 22–35, an individual training program is essential for people of an asthenic body build with joint hypermobility, keloid scars, thin skin and soft auricles. At the age of 36–47, attention should be paid to such signs as kyphosis, flat feet with valgus alignment, hyperpigmented skin above the spinous processes, atrophic striae, varicose veins, rectus abdominis diastasis and recurrent hernias. The following universal signs were identified: high-arched palate, scoliosis, X- and O- legs and a crunching sound in the temporomandibular joint. **Conclusions.** The identification of pathognomonic signs of injury risk requires an individual training program, which will contribute to effective injury prevention.

Keywords: sports injuries, connective tissue dysplasia, age features, pathognomonic signs, injury prevention.

References

1. Sapin M.R., Nikolenko V.N., Nikityuk D.B., Chava S.V. *Anatomiya cheloveka. Uchebnik. V 2-h tomah* [Human Anatomy]. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2018. 528 p.
2. Martynov A.I., Nechaeva G.I., Akatova E.V. et al. [Clinical Recommendations of the Russian Scientific Medical Society of Therapists in the Diagnosis, Treatment and Rehabilitation of Patients with Connective Tissue Dysplasia]. *Meditinskiy vestnik Severnogo Kavkaza* [Medical Bulletin of the North Caucasus], 2018, vol. 13, no. 1–2, pp. 137–209. (in Russ.) DOI: 10.14300/mnnc.2018.13037
3. Abbakumova L.N., Arsent'ev V.G., Gnusaev S.F. et al. [Hereditary and Multifactorial Connective Tissue Disorders in Children. Diagnostic Algorithms. Management Tactics. Russian Recommendations]. *Pediatr* [Pediatrician], 2016, vol. 7, no. 2, pp. 5–39. (in Russ.) DOI: 10.17816/PED725-39
4. Dotsenko N.Ya., Gerasimenko L.V., Boev S.S. et al. [Manifestations of Unclassified Connective Tissue Dysplasia Depending on Age. Prognosis] *Ukrains'kiy revmatologichniy zhurnal* [Ukrainian Rheumatology Journal], 2012, no. 1(47), pp. 19–23. (in Russ.)
5. Bakulin V.S., Greckaya I.B., Bogomolova M.M., Bogachev A.N. [Sports Injuries. Prevention and Rehabilitation]. Volgograd, FGBOU VPO VGAFK Publ., 2013. 190 p.
6. Arseni L., Lombardi A., Orioli D. From Structure to Phenotype: Impact of Collagen Alterations on Human Health. *Int J Mol Sci.*, 2018, vol. 19 (5), E1407. DOI: 10.3390/ijms19051407

7. Slattengren A.H., Nissly T., Blustin J. et al. Best Uses of Osteopathic Manipulation. *J Fam Pract.*, 2017, vol. 66 (12), pp. 743–747.
8. Kumar B., Lenert P. Joint Hypermobility Syndrome: Recognizing a Commonly Overlooked Cause of Chronic Pain. *Am J Med.*, 2017, vol. 130 (6), pp. 640–647. DOI: 10.1016/j.amjmed.2017.02.013
9. Nikolenko V.N., Oganesyanyan M.V., Vovkogon A.D. et al. Morphological Signs of Connective Tissue Dysplasia as Predictors of Frequent Post-Exercise Musculoskeletal Disorders. *BMC Musculoskeletal Disord*, 2020, vol. 21 (1), p. 660. DOI: 10.1186/s12891-020-03698-0
10. Piantkovskii A.S. Connective Tissue Dysplasia. *Lik Sprava*, 2012, vol. (7), pp. 166–169. PMID: 23350142
11. Wojtys E.M. Preventing Sports Injuries. *Sports Health*, 2019, vol. 11 (1), pp. 16–17. DOI: 10.1177/1941738118814247

Received 10 October 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Дифференцированный подход к профилактике травматизма при занятиях физической культурой и спортом в разные возрастные периоды / М.В. Санькова, В.Н. Николенко, А.Д. Вовкогон и др. // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 185–193. DOI: 10.14529/hsm210421

FOR CITATION

Sankova M.V., Nikolenko V.N., Vovkogon A.D., Oganesyanyan M.V., Gridin L.A. Differentiated Approach to Sports Injury Prevention at Different Age Periods. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 4, pp. 185–193. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210421

ПРОСТРАНСТВЕННО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ ЛИЦ С ТРАВМАТИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СПИННОГО МОЗГА

С.С. Клещун¹, А.Н. Налобина², С.Н. Бобкова², Д.А. Ераскин²

¹Реабилитационный центр для инвалидов «Преодоление», г. Москва, Россия,

²Московский городской педагогический университет, г. Москва, Россия

Цель исследования. Обосновать программу формирования навыков пользования креслом-коляской для повышения качества социально-бытовой реабилитации лиц с травматической болезнью спинного мозга. **Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 8 человек, находящихся в центре реабилитации инвалидов «Преодоление». Возраст участников – от 32 до 45 лет. Для определения уровня владения креслом-коляской применялся Wheelchair Skills Test (WST). С целью оценки функционального состояния двигательных функций применялась шкала Бартела. Статистическая обработка данных проводилась с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel Professional с использованием общепринятых методов вариационной статистики. Достоверность различий между результатами обследования оценивалась по параметрическим критериям Стьюдента. **Результаты.** Комплексный анализ результатов WST-теста показал, что все испытуемые имели низкий уровень владения креслом-коляской и удовлетворительную сформированность социально-бытовых навыков. Программа функционально-пространственной реабилитации лиц с травматической болезнью спинного мозга предполагала правильный подбор кресла-коляски в соответствии со стандартами American National Standards Institute Rehabilitation Engineering and Assistive Technology Society of North America и развитие навыков пользования креслом-коляской. Формирование навыков пользования креслом-коляской осуществлялось в трех направлениях: формирование правильного положения тела, контроль баланса туловища, развитие навыков перемещения. Каждое занятие включало в себя обучение 2-3 навыкам по протоколу WST, которые по выполнению схожи друг с другом. Таким образом, протокол делится на «блоки», где каждый «блок» – это отдельное занятие. Курс функционально-пространственной реабилитации состоял из 10 занятий. После завершения курса реабилитации наибольший (75,5 %) прирост отмечался в тестировании общих движений на коляске, а наименьший (11 %) – в безопасности перемещений в кресле-коляске. Способность езды на активной кресло-коляске с ручным управлением достоверно ($p < 0,01$) возросла на 18,9 %. Результат оценки навыков самообслуживания выявил достоверное ($p < 0,01$) улучшение на 18,5%, но остался в пределах показателей выраженной зависимости. **Заключение.** Разработанная программа формирования навыков пользования креслом-коляской может быть рекомендована к дальнейшему использованию в реабилитационных центрах с целью формирования и улучшения социально-бытовых навыков у лиц с травматической болезнью спинного мозга.

Ключевые слова. *Пространственно-функциональная реабилитация, травматическая болезнь спинного мозга, кресло-коляска, социально-бытовые навыки.*

Введение. Ежегодно в России количество инвалидов, перенёсших спинномозговую травму, увеличивается на 8 тыс. человек [1]. Большая часть становятся тяжелыми инвалидами, поскольку имеют стойкие нарушения функций и ограничения различных сфер жизнедеятельности, в первую очередь, способность к самостоятельному передвижению, самообслуживанию и трудовой деятельности. Невозможность к самостоятельному передвижению является наиболее значимым инвалидизирующим фактором [3]. Порядка 70–80 %

пациентов напрямую зависят от кресла-коляски, она является основным ресурсом, позволяющим удовлетворить текущие бытовые, социальные, профессиональные потребности [9]. Среднее время нахождения лиц с травматической болезнью спинного мозга (ТБСМ) в кресле-коляске составляет около 12–18 часов в день. Основные нормативные документы ООН по обеспечению равных возможностей, в том числе Конвенция и Резолюция 58.23 Всемирной ассамблеи ВОЗ, указывают на важность распространения инвалидных колясок и

других вспомогательных средств. Для множества людей оборудованная, хорошо спроектированная и правильно подогнанная инвалидная коляска становится первым шагом на пути включения и активного участия в жизни общества. При неудовлетворительном обеспечении подобных нужд отсутствует доступ к возможностям, которыми обладают другие члены общества, повышается риск повторного травматизма. По данным, собранным в Италии, 68 % всех кресел-колясок подобраны неправильно [10]. В этом случае при длительном их использовании 63 % пациентов имеют разрывы манжетки ротаторов [6]. American public health association зарегистрировано, что 5,2 % пользователей креслом-коляской вне дома получают острые травмы, основными причинами которых являются: падения и опрокидывания (72 %); сложные условия внешней среды (16 %); трансфер (10 %); столкновение (2 %). Рассмотрим наиболее вероятные причины падений и опрокидываний. В первую очередь, это случается при пересаживании, доставании какого-либо предмета, вызывающем потребность смещения оси тела относительно центра тяжести, передвижении на коляске по сложному рельефу, удовлетворении санитарно-гигиенических потребностей [7]. Высокие риски травматизма лиц с ТБМС, использующих кресла-коляски, вызывают потребность в дополнении программ физической реабилитации мероприятиями, направленными на совершенствование социально-бытовых навыков. В жизненно необходимые потребности инвалидов, использующих кресло-коляску, входят регулярные занятия физическими упражнениями, которые естественным образом способствуют комплексному решению актуальных задач по медицинской, социальной и бытовой реабилитации [2]. Кинезиотерапия является важной составляющей комплексной программы реабилитации наиболее сложного в двигательном отношении контингента, поэтому совершенствование мероприятий, которые будут способствовать повышению физической, экономической независимости и социальной интеграции в обществе, позволит максимально реализовать трудовой потенциал, улучшить качество жизни лиц с ТБМС [4].

Цель исследования – обосновать программу формирования навыков пользования креслом-коляской для повышения качества

социально-бытовой реабилитации лиц с травматической болезнью спинного мозга.

Материалы и методы исследования. Исследование проходило на базе Акционерного общества «Реабилитационный центр для инвалидов «Преодоление» (РЦ «Преодоление») г. Москвы. В исследовании приняли участие 8 человек, находящихся на реабилитации в центре. Возраст участников – от 32 до 45 лет. Все испытуемые, которые вошли в группу исследования, подписали добровольное информированное согласие на участие в эксперименте.

Пациенты занимались в зале функционально-пространственной реабилитации (ФПР) по разработанной нами программе формирования навыков пользования креслом-коляской 2 раза в неделю по 60 минут. Курс функционально-пространственной реабилитации состоял из 10 занятий.

В зале функционально-пространственной реабилитации имелось следующее оборудование: подвесные системы, для обеспечения разгрузки тела, БОС-тренажеры, предметы для эрготерапии, VR-системы; муляжи и реальные предметы повседневного обихода. Для обучения пересаживанию и сборке / разборке коляски применялась стационарная массажная кушетка. Для безопасности пациента во время выполнения задания использовался специальный страховочный ремень, который крепится к раме коляски. Общая площадь зала 60 м². Элементы (зоны) зала: имитация ямы (15 см); пандус (10°) со ступеньками; бордюр (высота 2 см, 15 см); наклонная поверхность (5°); яма с гравием.

Для определения уровня владения креслом-коляской применялся Wheelchair Skills Test (WST). Стандарт тестирования по протоколу WST включал 32 задания, оценивающие качество перемещения по различным поверхностям и преодоление препятствий (наклонные плоскости, бордюры, ступени); повороты; балансировку на двух колесах; складывание коляски, выполнение различных манипуляций в коляске. За каждое выполненное задание начислялось от 0–2 баллов. Всего максимально возможное количество – 64 балла. По результатам тестирования проводился расчет следующих показателей:

1. Суммарный показатель способностей (%). В качестве числителя берут общий показатель способностей, а в качестве знаменателя –

число возможных действий. Максимальный возможный показатель – 100 %.

2. Суммарный показатель безопасности (%). В качестве числителя берут общий показатель безопасности, а в качестве знаменателя – число возможных действий. Максимальный возможный процентный показатель – 100 %. Результаты оценки распределялись по трем уровням: низкий – до 60 %; средний – 60–80 %; высокий – свыше 80 %.

С целью оценки функционального состояния двигательных функций применялась шкала (индекс) Бартела. Индекс Бартела включает 10 пунктов, относящихся к сфере самообслуживания и мобильности. Оценка уровня повседневной активности производится по сумме баллов, определенных у больного по каждому из разделов теста. Суммарный балл – 100. Показатели от 0 до 20 баллов соответствуют полной зависимости, от 21 до 60 баллов – выраженной зависимости, от 61 до 90 баллов – умеренной, от 91 до 99 баллов – легкой зависимости в повседневной жизни [5].

Хранение результатов исследования и первичная обработка данных проводились в оригинальной базе данных Microsoft Excel 2007. Обработка данных была выполнена с помощью пакета прикладных программ с использованием общепринятых методов вариационной статистики. Достоверность различий между результатами обследования оценивалась по параметрическим критериям Стьюдента. Для используемых критериев величина критического уровня значимости принималась равной 0,05.

Результаты исследования и их обсуждение. Публикация официального документа (методические рекомендации), утвержденного Всемирной организацией здравоохранения, о применении специальных технических устройств для людей, испытывающих трудности перемещения, явилось толчком к обоснованию обучающих программ для формирования навыков пользования креслом-коляской. Кресло-коляска является не только техническим средством реабилитации, позволяющим перемещаться как в пределах помещения, так и вне его, но его можно рассматривать и как специальный тренажер для формирования большого количества бытовых и социальных навыков. В системе Международной классификации функционирования кресло-коляска упоминается в следующих разделах: e1151 – вспомогательные изделия и технологии для

личного повседневного пользования, d465 – перемещение в кресле-коляске.

Программа функционально-пространственной реабилитации лиц с травматической болезнью спинного мозга предполагала правильный подбор кресла-коляски в соответствии со стандартами American National Standards Institute (ANSI) rehabilitation Engineering and Assistive Technology Society of North America (RESNA) и развитие навыков пользования креслом-коляской.

Цель программы: обучение эффективно и безопасно пользованию креслом-коляской лиц с травматической болезнью спинного мозга для преодоления барьеров окружающей среды.

Каждое занятие включало в себя обучение 2–3 навыкам по протоколу Wheelchair Skills Test (WST), которые по выполнению схожи друг с другом. Таким образом, протокол делится на «блоки», где каждый «блок» – это отдельное занятие. В процесс занятий были включены консультации – беседы с пациентами на темы подбора и настройки кресла-коляски под индивидуальные параметры, подбора противопролежневой подушки.

Совершенствование навыков пользования креслом-коляской осуществлялось в трех направлениях: формирование правильного положения тела, контроль баланса туловища, развитие навыков перемещения. От позиционирования в коляске зависит устойчивость тела, объем активных движений, качество зрительного контроля, напряженность скелетной мускулатуры. Позиционирование нижних конечностей влияет на степень давления на ягодицы и бедра, способствуя или предотвращая развитие пролежней. Достаточный контроль туловища делает возможным свободное выполнение движений верхними конечностями, что немаловажно для лиц с тетраплегией [8].

Комплексный анализ результатов WST-теста показал, что все испытуемые имели низкий уровень владения креслом-коляской и удовлетворительную сформированность социально-бытовых навыков. Реабилитанты не могли выполнить многие элементы средней и высокой сложности, необходимые для перемещения на инвалидной коляске в повседневной жизни. Кроме того, среди тех упражнений, которые были доступны для выполнения, отмечался ряд опасных моментов, способствующих падениям и травмам. В со-

Результаты тестирования лиц с ТБСМ до и после курса пространственно-бытовой реабилитации,
($M \pm m$) (n = 8)
Results of patients with TSCI before and after the rehabilitation program, ($M \pm m$) (n = 8)

№	Название теста Test	До реабилитации Before	После реабилитации After	t	P
1	Тест WST, оценка способностей, % Wheelchair Skills Test, general skills, %	66 ± 2,9	78,5 ± 1,93	3,55	< 0,01
2	Тест WST, оценка безопасности, % Wheelchair Skills Test, safety-related skills, %	72,5 ± 1,55	80,5 ± 1,7	3,47	< 0,01
3	Индекс Бартела, баллы Barthel index, scores	40,6 ± 1,87	48,1 ± 0,98	3,55	< 0,01
4	Оценка движений на коляске, баллы Wheelchair movements, scores	9,4 ± 0,57	16,5 ± 0,45	9,77	< 0,001

ответствии с уровнями владения креслом-коляской была разработана программа развития навыков пользования креслом-коляской, которая предусматривала 10 занятий. Первое и последнее занятия включали в себя тестирование по протоколу WSP. Каждое занятие предусматривало последовательное обучение 3–4 навыкам данного протокола. В программу были включены:

- умение правильно пользоваться коляской на дороге;
- преодоление различных препятствий: бордюры, ямы;
- техника пересаживания;
- разборка и сборка коляски, погрузка в машину.

Продвинутый уровень программы предусматривал освоение наиболее сложных навыков, таких как трансферы из коляски на разноуровневые предметы, подъем предметов с пола, преодоление лестниц, баланс на задних колесах.

Результаты повторного обследования лиц с ТБСМ после курса занятий представлены в таблице.

Из приведенных в таблице данных видно, что наибольший прирост отмечался в тестировании общих движений на коляске (75,5 %), а наименьший – в безопасности перемещений в кресле-коляске (11 %). Способность езды на активной кресло-коляске с ручным управлением достоверно ($p < 0,01$) возросла на 18,9 %. За время проведения занятий лица с ТБСМ смогли освоить технику выполнения спуска с лестницы, разворота на 180°, езды поперек наклонной поверхности, спуска со ступеньки и т. д.

Несмотря на то, что результат оценки навыков самообслуживания так и остался в пределах показателей выраженной зависимости, следует отметить его достоверное ($p < 0,01$)

улучшение на 18,5 %. Положительная динамика данного показателя была обеспечена улучшением способностей инвалидов к перемещению своего веса с коляски на другие поверхности.

Закключение. Основываясь на достоверности полученных нами изменений результатов тестирования и их положительной динамике, разработанную программу можно рекомендовать к дальнейшему использованию в реабилитационных центрах с целью формирования и улучшения социально-бытовых навыков у лиц с травматической болезнью спинного мозга.

Литература

1. Амелина, О.А. Травма спинного мозга / О.А. Амелина // Клиническая неврология с основами медико-социальной экспертизы / под ред. А.Ю. Макарова – СПб.: ООО Золотой век, 1998. – С. 232–248.
2. Влияние эрготерапии на восстановление функций верхних конечностей у пациентов с травматической болезнью шейного отдела спинного мозга в позднем реабилитационном периоде / Д.А. Ераскин, А.Н. Налобина, С.И. Алексеева и др. // Человек. Спорт. Медицина. – 2019. – Т. 19, № 4. – С. 117–124. DOI: 10.14529/hsm190414
3. Разработка и реализация индивидуальной программы реабилитации больного / инвалида [Электронный ресурс] / Т.Н. Федорова, А.Н. Налобина. – Электрон. дан. и прогр. (7 Мб). – Саратов: Ай Пи Ар Медиа, 2019. – 457 с.
4. Реабилитация больных с травматической болезнью спинного мозга / Г.Е. Иванова, В.В. Крылова, М.Б. Цыкунов, Б.А. Поляев. – М.: ОАО «Московские учебники и Картолиотография», 2010. – 640 с.
5. Шкалы, тесты и опросники в меди-

цинской реабилитации / под ред. А.Н. Беловой, Н. Щенетовой. – М.: Антитор, 2002. – 440 с.

6. *Acute Traumatic Central Cord Syndrome: MRI-Pathological Correlations* / R.M. Quencer, R.P. Bunge, M. Egnor, B.A. Green et al // *Neuroradiology*. – 1992. – Vol. 34 (2). – P. 85–94.

7. *American Spinal Injury Association: International standards for neurological classification of spinal cord injury*. Chicago American Spinal Injury Association, 1992.

Клещунов Сергей Сергеевич, руководитель отдела роботизированной механотерапии реабилитационного центра для инвалидов «Преодоление». 127083, г. Москва, ул. 8 Марта, 6А, стр. 1. E-mail: exoskelet@preo.ru, ORCID: 0000-0002-9645-6883.

Налобина Анна Николаевна, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры биологии и физиологии человека института естествознания и спортивных технологий, Московский городской педагогический университет. 129226, г. Москва, 2-й Сельскохозяйственный пр., 4, корп. 1. E-mail: a.nalobina@mail.ru, ORCID ID 0000-0001-6574-1609.

Бобкова Софья Ниазовна, кандидат медицинских наук, доцент, Московский городской педагогический университет. 129226, г. Москва, 2-й Сельскохозяйственный пр., 4, корп. 1. E-mail: sonibo@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7161-4937.

Ераскин Даниил Андреевич, аспирант кафедры адаптологии и спортивной подготовки института естествознания и спортивных технологий, Московский городской педагогический университет. 129226, г. Москва, 2-й Сельскохозяйственный пр., 4, корп. E-mail: 23lebron23@rambler.ru, ORCID: 0000-0001-6010-4790.

Поступила в редакцию 12 сентября 2021 г.

DOI: 10.14529/hsm210422

REHABILITATION OF PERSONS WITH TRAUMATIC SPINAL CORD INJURY

S.S. Kleshchunov¹, exoskelet@preo.ru, ORCID: 0000-0002-9645-6883,
A.N. Nalobina², a.nalobina@mail.ru, ORCID: 0000-0001-6574-1609,
S.N. Bobkova², sonibo@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7161-4937,
D.A. Eraskin², 23lebron23@rambler.ru, ORCID: 0000-0001-6010-4790

¹Preodolenie Rehabilitation Center, Moscow, Russian Federation,

²Moscow City Pedagogical University, Moscow, Russian Federation

Aim. The paper aims to justify the use of a wheelchair skills program for improving the quality of social and daily life rehabilitation in patients with traumatic spinal cord injury. **Materials and methods.** The study involved 8 patients of the Preodolenie Rehabilitation Center aged between 32 and 45 years. The Wheelchair Skills Test (WST) was used to identify the level of wheelchair skills. The Barthel Scale was used to assess the functional status of patients. Statistical processing was performed using the Microsoft Excel Professional software package and variation statistics. The significance of differences between the survey results was assessed with the Student's t-test. **Results.** The results of the WST test showed that all patients had low wheelchair skills and satisfactory social and daily life skills. The rehabilitation program for patients with traumatic spinal cord injury assumes the use of a wheelchair that meets the standards of the Rehabilitation Engineering and Assistive Technology Society of North America, as well as the development of wheelchair skills. Wheelchair skills acquisition was carried out in three directions: forming

the correct position of the body, improving balance skills and developing movement skills. Each lesson included 2–3 skills according to the WST protocol, which were similar in their performance. Thus, the protocol was divided into sections, where each section was associated with a separate activity. The rehabilitation course itself consisted of 10 lessons. After the course, the greatest (75.5%) increase was observed in general wheelchair movements and the smallest (11%) – in safety associated with wheelchair movements. There was a significant increase (18.9%, $p < 0.01$) in the ability to use a manual wheelchair and daily life skills (18.5%, $p < 0.01$). However, the problem of dependence remained unsolved. **Conclusion.** Our rehabilitation program can be recommended for further use in rehabilitation centers to form and improve social and daily life skills in patients with traumatic spinal cord injury.

Keywords: rehabilitation, traumatic spinal cord injury, wheelchair, social skills, daily life skills.

References

1. Amelina O.A. *Travma spinnogo mozga. Klinicheskaya nevrologiya s osnovami mediko-social'noy ekspertizy* [Spinal Cord Injury. Clinical Neurology with the Basics of Medical and Social Expertise]. Saint Petersburg, OOO Golden Century Publ., 1998. pp. 232–248.
2. Eraskin D.A., Nalobina A.N., Alekseeva S.I. et al. The Effect of Ergotherapy on Functional Recovery of Upper Extremities in Patients with Traumatic Disease of the Cervical Spinal Cord in the Late Rehabilitation Period. *Human. Sport. Medicine*, 2019, vol. 19, no. 4, pp. 117–124. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm190414
3. Fedorova T.N., Nalobina A.N. *Razrabotka i realizaciya individual'noy programmy reabilitacii bol'nogo / invalida* [Development and Implementation of an Individual Rehabilitation Program for a Patient / People with Disabilities]. Saratov, IPR Media Publ., 2019. 457 p.
4. Ivanova G.E., Krylova V.V., Tsykunov M.B., Polyayev B.A. *Reabilitaciya bol'nyh s travmaticheskoy boleznyu spinnogo mozga* [Rehabilitation of Patients with Traumatic Spinal Cord Disease]. Moscow, Moscow Textbooks and Cartography Publ., 2010. 640 p.
5. Belova A.N., Shepetova N. *Shkaly, testy i oprosniki v medicinskoj reabilitacii* [Scales, Tests and Questionnaires in Medical Rehabilitation]. Moscow, Antidoron Publ., 2002. 440 p.
6. Quencer R.M., Bunge R.P., Egnor M. et al. Acute Traumatic Central Cord Syndrome: MRI-Pathological Correlations. *Neuroradiology*, 1992, vol. 34(2), pp. 85–94. DOI: 10.1007/BF00588148
7. American Spinal Injury Association: International Standarts for Neurological Classification of Spinal Cord Injury. Chicago American Spinal Injury Association, 1992.
8. Anderson K.D. Targeting Recovery: Priorities of the Spinal Cord-Injured Population. *J Neurotrauma*, 2004, vol. 21(10), pp. 1371–1383. DOI: 10.1089/neu.2004.21.1371
9. Bedbrook G. Spinal Injuries with Tetraplegia and Paraplegia. *J. Bone Joint Surg.Br.*, 1979, vol. 1461, pp. 267–284. DOI: 10.1302/0301-620X.61B3.225332
10. Bolin I., Bodin P., Kreuter M. Sitting Position Posture and Performance in C5 ± C6 Tetraplegia Spinal Cord, 2000, vol. 38, pp. 425–434. DOI: 10.1038/sj.sc.3101031

Received 12 September 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Пространственно-функциональная реабилитация лиц с травматической болезнью спинного мозга / С.С. Клещунов, А.Н. Налобина, С.Н. Бобкова, Д.А. Ераскин // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 194–199. DOI: 10.14529/hsm210422

FOR CITATION

Kleshchunov S.S., Nalobina A.N., Bobkova S.N., Eraskin D.A. Rehabilitation of Persons with Traumatic Spinal Cord Injury. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 4, pp. 194–199. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210422

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 – заслуженный деятель науки РФ, д.б.н., профессор А.П. Исаев.

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: 03.03.01 – Физиология (медицинские науки), 13.00.04 – Теория и методика физического воспитания, спортивной тренировки, оздоровительной и адаптивной физической культуры (педагогические науки), 14.03.11 – Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия (биологические науки).

Подписной индекс 43295 в объединенном каталоге «Пресса России».

Периодичность выхода – 6 номеров в год.

Адрес редакции, издателя: 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76, Издательский центр ЮУрГУ, каб. 32.

ЧЕЛОВЕК. СПОРТ. МЕДИЦИНА / HUMAN. SPORT. MEDICINE
Том 21, № 4
2021

16+

Редактор *С.И. Уварова*
Компьютерная верстка *И.А. Захаровой*

Издательский центр Южно-Уральского государственного университета

Подписано в печать 23.12.2021. Дата выхода в свет 30.12.2021. Формат 60×84 1/8. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 23,71. Тираж 500 экз. Заказ 378/426. Цена свободная.

Отпечатано в типографии Издательского центра ЮУрГУ.
454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76.