СКФНКЦ ФМБА России
Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр

Российский журнал спортивной науки:
медицина, физиология, тренировка

Russian Journal of Sports Science:
Medicine, Physiology, Training

Т. 1 (1) 2022

РОССИЙСКИЙ ЖУРНАЛ СПОРТИВНОЙ НАУКИ: МЕДИЦИНА, ФИЗИОЛОГИЯ, ТРЕНИРОВКА / RUSSIAN JOURNAL OF SPORTS SCIENCE: MEDICINE, PHYSIOLOGY, TRAINING © 2022

Т.1 №1 2022 **Vol.1 №1 2022**

СЕТЕВОЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЖУРНАЛ
Издается с 2022 года
ЕЖЕКВАРТАЛЬНО

Учредитель:
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр» Федерального медико-биологического агентства России.
Зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия.
Регистрационный номер: ЭЛ № ФС 77 – 82603.
Дата регистрации: 30.12.2021.
Рубрики журнала:
- Физиология;
- Спортивная медицина;
- Физическая культура и спорт.
Журнал выходит на русском и английском языках.
Все публикации рецензируются.
Доступ к журналу бесплатен.
Адрес учредителя и редакции: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр» Федерального медико-биологического агентства России. 357600, Ставропольский край,
г. Ессентуки, ул. Советская, д. 24.
Статьи направлять на **int@skfmba.ru.**
Сайт журнала: **http://intsport.ru.**

NETWORK ELECTRONIC SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL JOURNAL
Published since 2017, quarterly

Establisher:
FSBI "North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of FMBA of Russia".
Registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media.
Registration number: EL № FS 77 – 82603.
Registration date: 30.12.2021.
Headings of the journal:
- Physiology
- Sports medicine
- Physical culture and sports.
The journal is published in Russian and in English.
All publications are peer-reviewed.
Access to the journal is free.
Establisher and publisher address: North-Caucasian federal Research-Clinical Center of FMBA of Russia.
24 Sovetskaya street, Essentuki, Stavropol Region, 357600, Russia
Send your articles via e-mail: **int@skfmba.ru.**
Journal's website: **http://intsport.ru.**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
Тер-Акопов Гукас Николаевич – к.э.н. (Россия, Ессентуки)
Заместитель главного редактора
Корягина Юлия Владиславовна – проф., д.б.н. (Россия, Ессентуки)

Члены редакционной коллегии журнала:
Алиева Д.А. – к.м.н. (Узбекистан, Ташкент)
Андрущишин И.Ф. – д.п.н., профессор (Казахстан, Алматы)
Артеменко Е.П. . – д.п.н., доцент (Россия, Казань)
Бен Саид Нуреддин - PhD, к.п.н. (Тунис, Саудовская Аравия, Эр-Рияд)
Быков Е.В. – д.м.н., профессор, (Россия, Челябинск)
Голикова Е.М. – доцент, д.п.н. (Россия, Оренбург)
Горская И.Ю. – д.п.н., профессор (Россия, Омск)
Драндров Г.Л. – д.п.н., профессор (Россия, Чебоксары)
Ефименко Н.В. – д.м.н., профессор (Россия, Ессентуки)
Замощина Т.А. – д.б.н., профессор (Россия, Томск)
Кайсинова А.С. – д.м.н. (Россия, Ессентуки)
Калинина И.Н. – д.б.н., профессор (Краснодар)
Кобринский М.Е. – д.п.н., профессор (Беларусь, Минск)
Кузьмин Л.Н. – PhD, к.п.н. (Швеция, Карлстад)
Литвинова Н.А. - профессор, д.б.н. (Россия, Кемерово)
Литош Н.Л. – к.п.н., доцент (Россия, Шадринск)
Мавлянов И.Р. – д.м.н., профессор (Узбекистан, Ташкент)
Махов А С. – д.п.н., доцент (Россия, Москва)
Мельников А.А. – д.б.н., профессор (Россия, Москва)
Нопин С.В. – к.т.н. (Россия, Ессентуки)
Петрович А. – PhD, к.п.н. (Сербия, Белград)
Репс В.Ф. – д.б.н. (Россия, Пятигорск)

EDITORIAL BOARD

Chief editor of the journal
Ter-Akopov Gukas Nikolaevich – PhD in Economic Sciences (Russia, Essentuki)
Deputy chief editor
Koryagina Yulia Vladislavovna – Professor, Doctor of Biological Sciences (Russia, Essentuki)

Members of the Editorial Board:
Alieva D.A. – Candidate of Medical Sciences (Uzbekistan, Tashkent)
Andrushchishin I.F. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Kazakhstan, Almaty)
Artemenko E.P. – Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor (Russia, Kazan)
Ben Said Noureddine – PhD, Candidate of Pedagogical Sciences (Tunisia, Saudi Arabia, Riyadh)
Bykov E.V. – Doctor of Medical Sciences, Professor (Russia, Chelyabinsk)
Golikova E.M. – Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor (Russia, Orenburg)
Gorskaya I.Yu. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Russia, Omsk)
Drandrov G.L. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Russia, Cheboksary)
Efimenko N.V. - Professor, Doctor of Medical Sciences (Russia, Essentuki)
Zamoshchina T.A. – Doctor of Biological Sciences, Professor (Russia, Tomsk)
Kajsinova A.S. – Doctor of Medical Sciences (Russia, Essentuki)
Kalinina I.N. – Doctor of Biological Sciences, Professor (Russia, Krasnodar)
Kobrinskij M.E. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Belarus, Minsk)
Kuz'min L.N. – PhD, Candidate of Pedagogical Sciences (Sweden, Karlstad)
Litvinova N.A. - Doctor of Biological Sciences, Professor (Russia, Kemerovo)
Litosh N.L. – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor (Russia, Shadrinsk)
Mavlyanov I.R. – Doctor of Medical Sciences, Professor (Uzbekistan, Tashkent)
Makhov A.S. – Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor (Russia, Moscow)

Садиков А.А. – д.м.н., профессор (Узбекистан, Ташкент)
Сентябрев Н.Н. – д.б.н., профессор (Россия, Волгоград)
Светличная Н.К – к.п.н. (Узбекистан, Чирчик)
Сивохин И.П. – д.п.н. (Казахстан, Костанай)
Смоленцева В.Н. – д.пс.н., профессор, (Россия, Омск)
Тамбовцева Р.В. – д.б.н., профессор (Россия, Москва)
Трещева О.Л. - д.п.н., профессор (Россия, Омск)
Ходасевич Л.С. – д.м.н., профессор (Россия, Сочи)
Шлык Н.И. – д.б.н., профессор (Россия, Ижевск)
Янева Анжелина – д.п.н., профессор, (Болгария, София)

Mel'nikov A.A. – Doctor of Biological Sciences, Professor (Russia, Moscow)
Nopin S.V. – Candidate of Technical Sciences (Russia, Essentuki)
Petrovich A. – PhD, Candidate of Pedagogical Sciences (Serbia, Belgrade)
Reps V.F. – Doctor of Biological Sciences (Russia, Pyatigorsk)
Sadikov A.A. – Doctor of Medical Sciences, Professor (Uzbekistan, Tashkent)
Sentyabrev N.N. – Doctor of Biological Sciences, Professor (Russia, Volgograd)
Svetlichnaya N.K. – Doctor of Pedagogical Sciences (Uzbekistan, Chirchiq)
Sivokhin I.P. – Doctor of Pedagogical Sciences (Kazakhstan, Kostanaj)
Smolentseva V.N. – Doctor of Psychological Sciences, Professor (Russia, Omsk)
Tambovtseva R.V. – Doctor of Biological Sciences, Professor (Russia, Moscow)
Treshcheva O.L. – Doctor of Pedagogical Sciences , Professor (Russia, Omsk)
Khodasevich L.S. – Professor, Doctor of Medical Sciences (Russia, Sochi)
Shlyk N.I. – Doctor of Biological Sciences, Professor (Russia, Izhevsk)
Angelina Yaneva – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Bulgaria, Sofia)

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

ФИЗИОЛОГИЯ

Дата публикации: 01.04.2022
DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_1
УДК 796.071; 616-003.96

Publication date: 01.04.2022
DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_1
UDC 796.071; 616-003.96

ОСОБЕННОСТИ СРОЧНОЙ АДАПТАЦИИ К УСЛОВИЯМ ВЫСОКОГОРЬЯ У СПОРТСМЕНОВ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ

А.В. Гребенюк[1,2], В.Ф. Репс[3], А.Н. Можельский[3]
[1]Пятигорский государственный университет, г. Пятигорск, Россия
[2]Региональный научно-спортивный центр Северо-Кавказского федерального округа, г. Пятигорск, Россия
[3]Пятигорский научно-исследовательский институт курортологии, филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства», г. Пятигорск, Россия

Аннотация. Целью работы было выявление особенностей физиологической адаптации к гипобарической гипоксии у спортсменов-альпинистов, имеющих различный опыт восхождений на горы-«пятитысячники». В исследовании принимали участие 24 спортсмена-альпиниста в возрасте от 24 до 46 лет, регулярно занимающихся альпинизмом. Выделено 2 группы: 9 человек – спортсмены (занятия альпинизмом не менее 5 лет) и 15 человек – «новички» (занятия альпинизмом от трех месяцев до года). Оценивали уровень сатурации и пульс на различных высотах ступенчатой адаптации при восхождении на Казбек (5033 м). Длительность экспедиции 10 дней. Отличия в стратегии адаптации между альпинистами с разным уровнем подготовки к физическим нагрузкам в условиях высокогорья заключается в том, что уровень сатурации крови у опытных спортсменов поддерживается на высоте 3600 м над уровнем моря при более низком значении пульса, чем у спортсменов с меньшим опытом восхождений, что свидетельствует о наличии функциональных резервов, сформировавшихся в тренировочном процессе.
Ключевые слова: ступенчатая адаптация, гипоксия, высокогорье, спортсмены-альпинисты.

FEATURES OF URGENT ADAPTATION TO HIGH-ALTITUDE CONDITIONS IN ATHLETES WITH DIFFERENT LEVEL OF PHYSICAL CONDITION

A.V. Grebenyuk[1,2], V.F. Reps[3], A.N. Mozhelskij[3]
[1]Pyatigorsk State University, Pyatigorsk, Russia
[2]Regional Scientific and Sports Center of the North-Caucasian Federal District, Pyatigorsk, Russia
[3]Pyatigorsk Research Institute of Balneology – the branch of the Federal State Budgetary Institution "North-Caucasian Federal Research and Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency" in Pyatigorsk, Russia

Annotation. The aim of the work was to identify the features of physiological adaptation to hypobaric hypoxia in mountaineers with different experience of climbing 5000 m mountains. The study involved 24 mountaineers aged 24 to 46 years, regularly engaged in mountaineering. They were divided into two groups: 9 people – athletes (mountaineering for at least 5 years) and 15 people – "beginners" (mountaineering from three months to a year). We assessed the saturation level and pulse at different heights of step-by-step adaptation when climbing Mount Kazbek (5033 m). The duration of the expedition was 10 days. The differences in the adaptation strategy between mountaineers with different levels of condition for physical loads in high-altitude conditions is that the level of blood saturation in experienced athletes is maintained at an altitude of 3600 m above sea level with a lower pulse value than in athletes with less climbing experience, which indicates the presence of functional reserves formed during training.
Keywords: step-by-step adaptation to high altitude, hypoxia, alpine region, mountaineers.

Введение. Повышение функциональных резервов организма спортсменов к гипоксии имеет большое значение не только для организации подготовки к восхождениям в альпинизме, но и при планировании тренировок для спортсменов, лучшей их акклиматизации к соревнованиям в условиях гипобарической гипоксии. Многие международные соревнования проходят в условиях среднегорья, так например летние Олимпийские игры 1968 года проводились в городе Мехико, который находится на высоте 2240 м над уровнем моря (н.у.м.), а соревнования лыжников на Олимпиаде 2022 года в Пекине проходили на высоте около 1800 м н.у.м. Обязательным условием успешных выступлений в таких условиях является формирование функциональных резервов адаптации организма спортсменов к физическим нагрузкам, в том числе, в условиях сниженного парциального давления кислорода на этих высотах. Ранее отмечалось, что респираторная (увеличение дыхательного объема и учащение дыхания из-за стимуляции артериальных хеморецепторов) и сердечно-сосудистая (учащение сердечных сокращений) системы реагируют на гипоксию по гиперболическому контуру в зависимости от парциального давления кислорода в крови (PaO_2) [1].

Цель работы: изучение особенностей физиологической адаптации к гипобарической гипоксии у спортсменов-альпинистов, имеющих различный опыт восхождений на горы-«пятитысячники».

Методы и организация исследования. В исследовании принимали участие 24 спортсмена-альпиниста в возрасте от 24 до 46 лет, регулярно занимающихся альпинизмом. Согласно дизайну исследования было выделено 2 группы: 9 человек – спортсмены (занятия альпинизмом не менее 5 лет) и 15 человек – «новички» (занятия альпинизмом от трех месяцев до года). При восхождении на Казбек – 5033 м н.у.м. (Грузия) в течение экспедиции на высотах 500 м н.у.м, 1500 м н.у.м., 3000 м н.у.м. и 3600 м н.у.м. (до и после восхождения на вершину) проводился анализ сатурации (насыщения крови кислородом – SpO_2, %) и частоты пульса в положении сидя напалечным пульсоксиометром «Армед YX302» («Медицинское оборудование», Россия). Длительность экспедиции 10 дней: первые три дня – переход из поселка Гергети (Грузия) на высоту 3000 м н.у.м. (по одной ночевке на высотах 500 м, 1500 м и 2 ночевки и 1 день акклиматизации на 3000 м); 5-й день – переход в штурмовой лагерь «Метеостанция» на 3600 м н.у.м; 6-й акклиматизационный день – подъем на высоту 4000 м н.у.м, затем спуск до 3600 м н.у.м и ночевка; 7-й акклиматизационный день – подъем до 4200 м н.у.м., спуск и ночевка на 3600 м н.у.м; 8-й день – восхождение на вершину Казбека 5033 м н.у.м., спуск и ночевка на 3600 м н.у.м.; 9-й день – спуск от лагеря «Метеостанция» до поселка Гергети, ночевка на высоте 500 м н.у.м; 10-й день – отъезд.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью базового пакета R [2] с использованием непараметрического критерия (Манна-Уитни) для межгрупповых сравнений. Различия между группами считали статистически значимыми при минимальном уровне $p<0,05$. Показатели представлены в виде медианы (Me) и квартилей (Q25-Q75), взаимосвязь между показателями внутри групп рассчитывали с применением коэффициента корреляции по Спирмену. Визуализация была выполнена на языке R[2] с помощью пакетов ggplot2[3], aplpack[4] и GGally[5].

Результаты исследования и их обсуждение. При анализе степени сформированности физиологической адаптации при восхождении на Казбек у спортсменов-альпинистов с разным уровнем физической подготовки отмечалось, что на высоте 500 м н.у.м. уровень сатурации не отличался в обоих группах, но у спортсменов с меньшим опытом восхождений («новички») он обеспечивался за счет повышения частоты пульса (рис. 1), при этом следует отметить на схемах больший диапазон «разброса» значений этого показателя в данной группе.

При подъеме на 1500 м н.у.м. (рис. 2) эта тенденция сохраняется, при этом в группе спортсменов с большим опытом восхождений регистрируется расширение диапазона индивидуальных реакций со стороны сердечно-сосудистой системы (частота пульса на этой высоте).

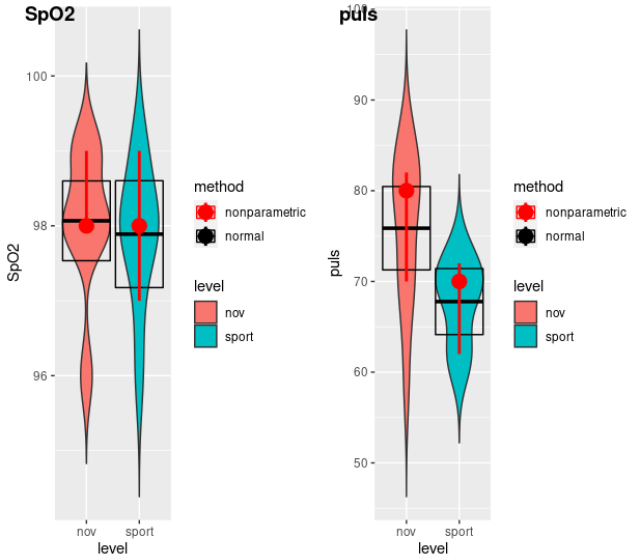

Рис. 1. Уровень сатурации и частота пульса на различных этапах ступенчатой адаптации к гипоксии – 500 м н.у.м.

Примечание: nonparametric – Me (95%CI) – медиана (красная точка) и 95% – доверительный интервал (красные отрезки от точки в разные стороны); normal – M (95%CI), среднее значение (черная толстая линия) и 95% – доверительный интервал (черные тонкие линии)

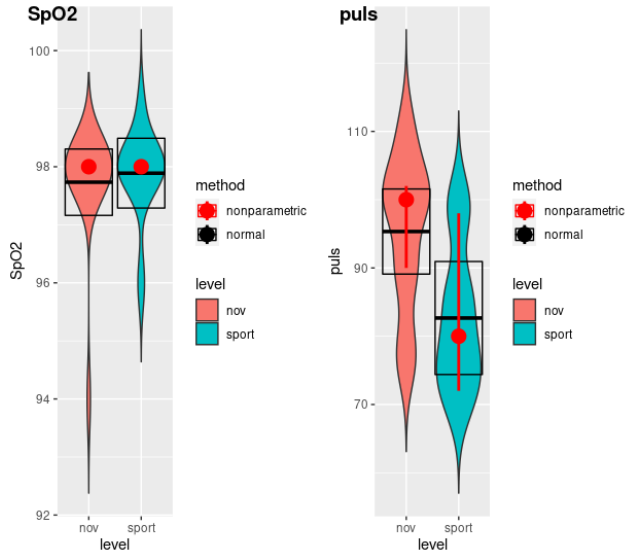

Рис. 2. Уровень сатурации и частота пульса на различных этапах ступенчатой адаптации к гипоксии – 1500 м н.у.м.

Примечание: nonparametric – Me (95%CI) – медиана (красная точка) и 95% доверительный интервал (красные отрезки от точки в разные стороны); normal – M (95%CI), среднее значение (черная толстая линия) и 95% доверительный интервал (черные тонкие линии)

В процессе формирования ступенчатой адаптации на высоте 3000 м н.у.м. (рис. 3) регистрируется тенденция к росту уровня сатурации крови (достоверно не значимая) у опытных спортсменов (статистически не значимо, p=0,678) при относительно низком значении пульса (p=0,011), что свидетельствует о наличии функциональных резервов, сформировавшихся в тренировочном процессе.

Этот же адаптационный механизм, но в более выраженной форме сохраняется и на большей высоте (штурмовой лагерь перед и после восхождения – 3600 м н.у.м., рис. 4, 5).

Важно отметить сохранение этих физиологических стратегий адаптации у опытных спортсменов и после восхождения на высоту 5033 м н.у.м. Однако регистрируются большие вариации индивидуальных реакций физиологических систем (ширина «лиры» на рис. 5, синий цвет), что можно расценивать как индивидуальные метаболические реакции, наработанные в процессе тренировок и специфика биохимического ферментативного «ландшафта» каждого спортсмена. Так известно, что гипоксическое прекондиционирование способствует повышению устойчивости организма к условиям воздействия острой гипоксии, что проявляется в менее выраженной степени десатурации гемоглобина и меньшем приросте частоты сердечных сокращений [6].

Следует отметить, острый (срочный) адаптационный эффект при восхождении реализуется в основном за счет сердечно-сосудистой системы. На рисунке 6 показано, что между сатурацией и пульсом отмечается обратная корреляция, причем при восхождении в условиях гипобарической гипоксии его абсолютные значения возрастают (от r = -0,1 на высоте 500 м н.у.м. до r=-0,5 на высоте 3600 м н.у.м.). Важно, что после восхождения эта связь еще выше (r=-0,8), т.е. при снижении сатурации пульс еще больше. При анализе значений коэффициента корреляции между этими показателями можно предположить высокую степень физиологической связи между ними в условиях срочной адаптации к гипоксии.

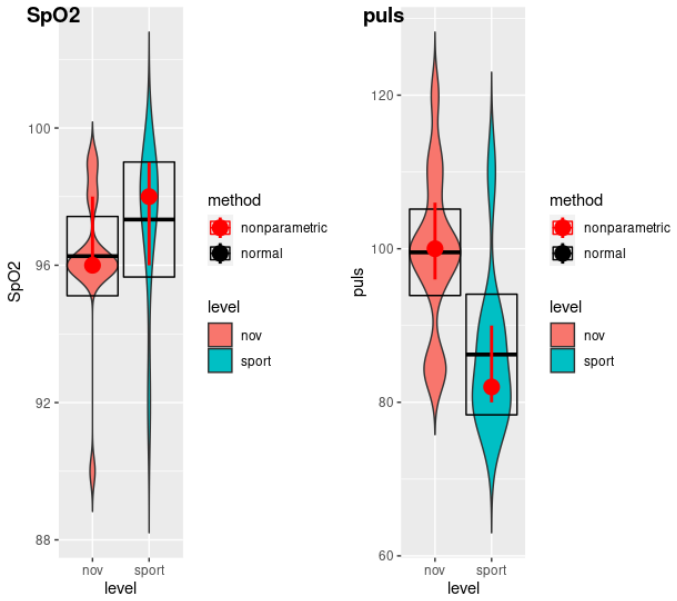

Рис. 3. Уровень сатурации и частота пульса на различных этапах ступенчатой адаптации к гипоксии – 3000 м н.у.м.

Примечание: nonparametric – Me (95%CI) – медиана (красная точка) и 95% – доверительный интервал (красные отрезки от точки в разные стороны); normal – M (95%CI), среднее значение (черная толстая линия) и 95% – доверительный интервал (черные тонкие линии)

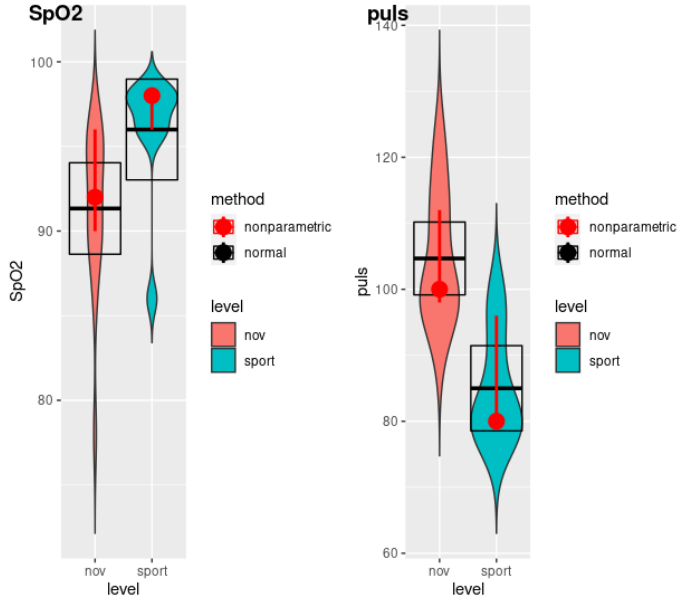

Рис. 4. Изменение уровня сатурации и частоты пульса на высоте 3600 м н.у.м. до восхождения

Примечание: nonparametric – Me (95%CI) –медиана (красная точка) и 95% – доверительный интервал (красные отрезки от точки в разные стороны); normal – M (95%CI), среднее значение (черная толстая линия) и 95% – доверительный интервал (черные тонкие линии)

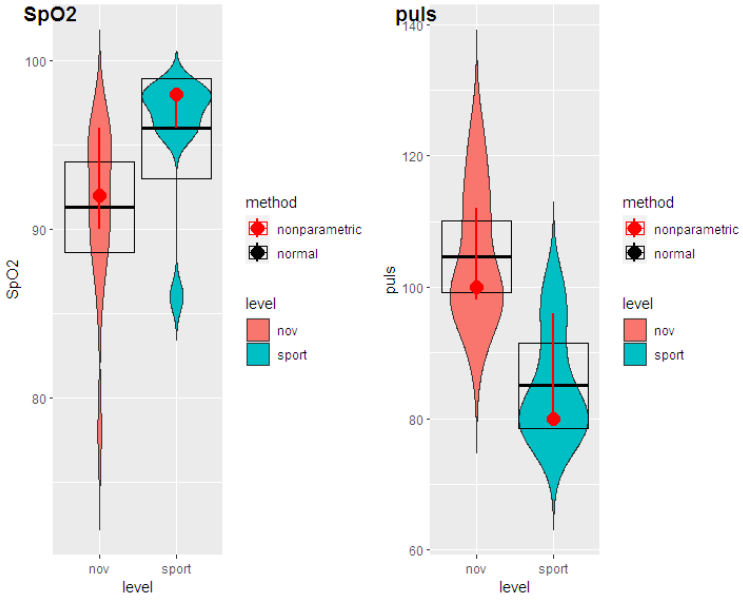

Рис. 5. Изменение уровня сатурации и частоты пульса на высоте 3600 м н.у.м. после восхождения

Примечание: nonparametric – Me (95%CI) – медиана (красная точка) и 95% – доверительный интервал (красные отрезки от точки в разные стороны); normal – M (95%CI), среднее значение (черная толстая линия) и 95% – доверительный интервал (черные тонкие линии)

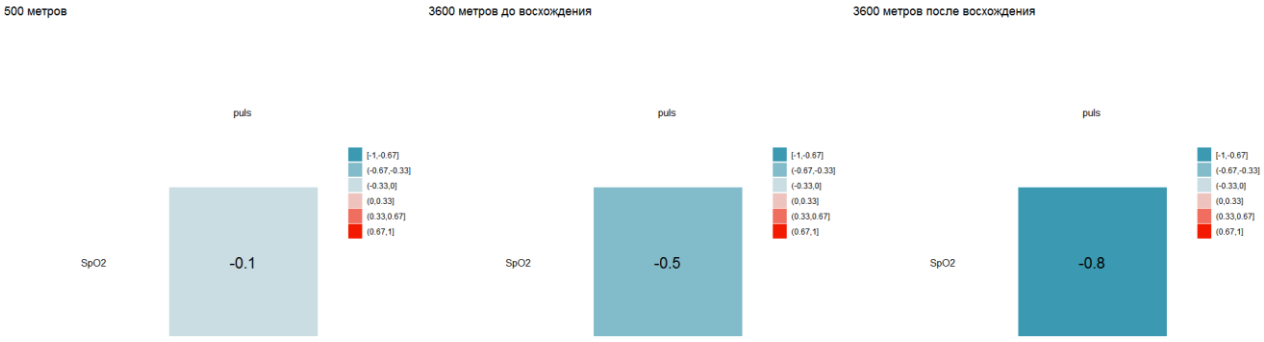

Рис. 6. Коэффициент корреляции по Спирмену между показателями сатурации и пульсом на разных этапах срочной адаптации к гипоксии в условиях высокогорья 500 м н.у.м. (S=2600,7, p=0,543), 3600 м н.у.м. до восхождения (S=3524,4, p=0,007) и 3600 м н.у.м. после восхождения (базовый лагерь) (S=4090,6, p<0,001)

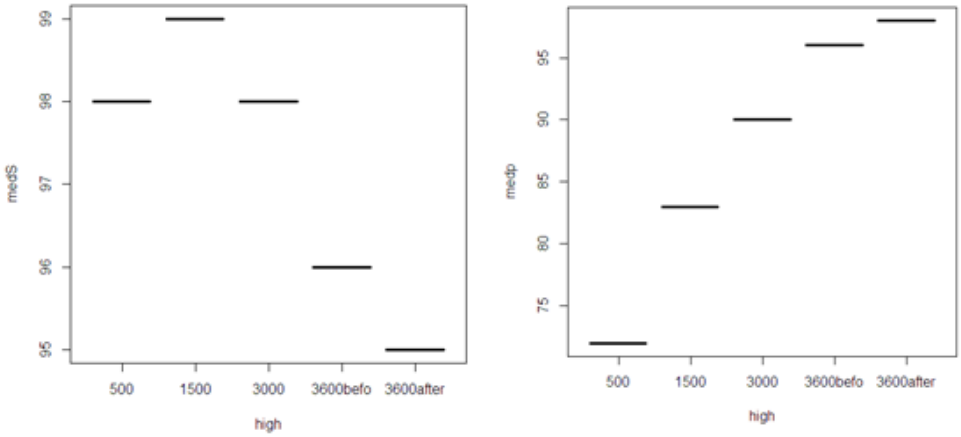

Рис. 7. Динамика уровня сатурации и частоты пульса (значения Me – медианы) при формировании адаптации к гипоксии во время восхождения на гору Казбек (5033 м н.у.м.)

При этом, после восхождения уровень сатурации в крови согласно значениям медианы по всей группе спортсменов снижается (рис. 7), что свидетельствует о таком явлении срочной адаптации как «кислородный долг», когда необходимо восстановить уровень кислорода в тканях (в миоглобине).

Сходные изменения кардио-респираторной системы отмечались и в других работах при изучении адаптации к гипоксии в высокогорье [7-8].

В работе Ю.В. Корягиной [8] при анализе процессов срочной адаптации в условиях однодневной экспедиции в Приэльбрусье (2380 м н.у.м. в урочище Джилы-Су) у спортсменов-добровольцев, не имеющих опыта горных восхождений, также отмечалось снижение сатурации с одновременным учащением сердцебиения и активацией тонуса симпатической нервной системы, но в большей степени, чем в нашем исследовании у группы «новичков» – спортсменов, занимающихся альпинизмом в течение года с регулярными еженедельными тренировками в альпинистском клубе по разработанной нами программе интервальной гипоксической тренировки при подготовке к восхождениям в условиях высокогорья.

В экспериментальных работах показано, что сохранение содержания кислорода в артериальной крови при гипоксических

субмаксимальных нагрузках может осуществляться за счет стимуляции гипоксических факторов (HIF – фактор, индуцируемый гипоксией – hypoxia-inducible factor), повышенного уровня эритропоэтина, изменения сродства гемоглобина к O2 [9-10].

Заключение. Таким образом, отмечаются различия в степени формирования адаптации к гипобарической гипоксии между двумя группами альпинистов на высоте 3600 м н.у.м. У спортсменов с меньшим опытом восхождений регистрируются признаки гипобарической гипоксии: снижение сатурации крови, учащение пульса. У опытных спортсменов (опыт занятия альпинизмом более 5 лет) уровень сатурации поддерживается за счет других физиологических механизмов. Предложенный алгоритм ступенчатой адаптации к гипобарической гипоксии в течение 10 дней можно использовать при организации программ активного туризма, например, при восхождении на Эльбрус.

Механизмы формирования длительной адаптации к гипоксии в условиях высокогорья у спортсменов различной квалификации требует дальнейшего изучения и соответствующего медико-биологического сопровождения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Black, C. P. Oxygen transport during progressive hypoxia in high-altitude and sea-level waterfowl / C. P. Black, S. M. Tenney // Respir Physiol. – 1980. – Vol. 39(2). – pp. 217-239. DOI: 10.1016/0034-5687(80)90046-8.
2. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. – Vienna, Austria, 2021. – URL: https://www.R-project.org/ (дата обращения: 14.03.2022).
3. Wickham, H. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis / Wickham, H. – Springer-Verlag New York, 2016. – 213 p.
4. Wolf H. aplpack: Another Plot Package (version 190512). – 2019. – URL: https://cran.r-project.org/package=aplpack. (дата обращения: 14.03.2022).
5. Schloerke B., Cook D., Larmarange J., Briatte F., Marbach M., Thoen E., Elberg A., Crowley J. GGally: Extension to 'ggplot2'. R package version 2.1.2. – 2021. – URL: https://CRAN.R-project.org/package=GGally (дата обращения: 14.03.2022).
6. Глазачев, О. С. Динамика показателей вегетативной реактивности и устойчивости к острой дозированной гипоксии в курсе интервальной гипоксической тренировки / О. С. Глазачев, О. В. Бобылева // Физиология человека. – 2007. – № 2. – С. 81–89.
7. Репс, В. Ф. Технологии повышения функциональной адаптации у спортсменов в условиях высотной гипоксии / В. Ф. Репс, А. В. Гребенюк // Физиологический журнал. – 2012. – Т. 58. – № 4. – С. 78–84.
8. Горный туризм: эффекты срочной адаптации сердечно-сосудистой и дыхательной систем организма человека (урочище Джилы-су в Приэльбрусье) / Ю. Корягина, Г. Тер-Акопов, Л. Рогулева, С. Нопин // Курортная медицина. – 2019. – № 1. – С. 54-57.
9. Boggs, D.F. Correlation between convection requirement and carotid body responses to hypoxia and hemoglobin affinity: comparison between two rat strains / D. F. Boggs, D. L. Kilgore, S. Lacefield // J Comp Physiol B. – 2021. – № 191(6). – pp. 1031–1045. DOI: 10.1007/s00360-021-01377-7.
10.Effects of an allosteric hemoglobin affinity modulator on arterial blood gases and cardiopulmonary responses during normoxic and hypoxic low-intensity exercise. / Stewart G. M., Chase S., Cross T. J. [et al] // J Appl Physiol (1985). – 2020. – № 128(6). – pp. 1467–1476. DOI: 10.1152/japplphysiol.00185.2019.

REFERENCES

1. Black C.P., Tenney S.M. Oxygen transport during progressive hypoxia in high-altitude and sea-level waterfowl. *Respir Physiol,* 1980, no. 39(2), pp. 217-239. DOI: 10.1016/0034-5687(80)90046-8.
2. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria 2021. Available at: https://www.R-project.org/ (accessed 14.03.2022)
3. Wickham H. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York, 2016. 213 p.
4. Wolf H. aplpack: Another Plot Package (version 190512). 2019. Available at: https://cran.r-project.org/package=aplpack (accessed 14.03.2022).

5. Schloerke B., Cook D., Larmarange J., Briatte F., Marbach M., Thoen E., Elberg A., Crowley J. GGally: Extension to 'ggplot2'. R package version 2.1.2. 2021. Available at: https://CRAN.R-project.org/package=GGally (accessed 14.03.2022).
6. Glazachev O.S., Bobyleva O.V. Dynamics of autonomic reactivity and resistance to acute dosed hypoxia in the course of interval hypoxic training. *Human Physiology*, 2007, no. 2, pp. 81–89.
7. Reps V.F., Grebenyuk A.V. Technologies for increasing the functional adaptation of athletes in conditions of high-altitude hypoxia. *Physiological Journal*, 2012, vol. 58, no. 4, pp. 78–84.
8. Koryagina Yu.V., Ter-Akopov G.N., Roguleva L.G., Nopin S.V. Mountain tourism: effects of urgent adaptation of the cardiovascular and respiratory systems of the human body (the Dzhily-Su area in the Elbrus region). *Resort Medicine*, 2019, no. 1, pp. 54–57.
9. Boggs D.F., Kilgore D.L., Lacefield S. Correlation between convection requirement and carotid body responses to hypoxia and hemoglobin affinity: comparison between two rat strains. *J Comp Physiol B*, 2021, no. 191(6), pp. 1031–1045. DOI: 10.1007/s00360-021-01377-7.
10. Stewart G.M., Chase S., Cross T.J., Wheatley-Guy C.M., Joyner M.J., Curry T., Lehrer-Graiwer J., Dufu K., Vlahakis N.E., Johnson B.D. Effects of an allosteric hemoglobin affinity modulator on arterial blood gases and cardiopulmonary responses during normoxic and hypoxic low-intensity exercise. *J Appl Physiol (1985)*, 2020, no. 128(6), pp. 1467–1476. DOI: 10.1152/japplphyiol.00185. 2019.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Александр Викторович Гребенюк – доцент кафедры физической культуры и спорта ФГБОУ ВО «Пятигорский государственный университет», Пятигорск, директор АНО «Региональный научно-спортивный центр СКФО», e-mail: maxclab@yandex.ru.
Валентина Федоровна Репс – доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела изучения механизмов действия физических факторов Пятигорского научно-исследовательского института курортологии) филиал федерального государственного бюджетного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства» в Пятигорске, e-mail: v.reps@mail.ru.
Андрей Николаевич Можельский – заведующий сектором математического моделирования и статистической обработки Пятигорского научно-исследовательского института курортологии) филиал федерального государственного бюджетного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства» в Пятигорске, e-mail: pniik.an.mojelsky@skfmba.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Aleksandr Viktorovich Grebenyuk – Associate Professor of the Department of Physical Culture and Sports, Pyatigorsk State University, Pyatigorsk, Director of the Regional Scientific and Sports Center of the North-Caucasian Federal District, Pyatigorsk, e-mail: maxclab@yandex.ru.
Valentina Fedorovna Reps – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Leading Researcher of the Department for Studying the Mechanisms of the Action of Physical Factors, Pyatigorsk Research Institute of Balneology – the branch of the Federal State Budgetary Institution "North-Caucasian Federal Research and Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency" in Pyatigorsk, e-mail: v.reps@mail.ru.
Andrej Nikolaevich Mozhel'skij – Head of the Sector of Mathematical Modeling and Statistical pProcessing, Pyatigorsk Research Institute of Balneology – the branch of the Federal State Budgetary Institution "North-Caucasian Federal Research and Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency" in Pyatigorsk, e-mail: pniik.an.mojelsky@skfmba.ru.

Для цитирования: Гребенюк, А. В. Особенности срочной адаптации к условиям высокогорья у спортсменов с различным уровнем физической подготовки / А. В. Гребенюк, В. Ф. Репс, А. Н. Можельский // Российский журнал спортивной науки: медицина, физиология, тренировка. – 2022. – Т. 1. – № 1. DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_1
For citation: Grebenyuk A.V., Reps V.F., Mozhelskij A.N. Features of urgent adaptation to high-altitude conditions in athletes with different level of physical condition. *Russian Journal of Sports Science: Medicine, Physiology, Training*, 2022, vol. 1, no. 1. DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_1

Дата публикации: 01.04.2022
DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_2
УДК 159.91; 796.332; 796.015

Publication date: 01.04.2022
DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_2
UDC 159.91; 796.332; 796.015

КРИТЕРИАЛЬНАЯ ЗНАЧИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТА ЭФФЕКТИВНОСТИ АДАПТАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИНАМИЧЕСКОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ФУТБОЛИСТОВ 12-18 ЛЕТНЕГО ВОЗРАСТА

И.Н. Калинина, В.В. Лавриченко
Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, г. Краснодар, Россия

Аннотация. Целью настоящего исследования определение значимых критериев коэффициента эффективности адаптации футболистов 12-18 лет с позиции формирования динамической функциональной системы. На основании исследования отдельных параметров физического развития, функционального состояния сердечно-сосудистой системы организма, физической подготовленности юных футболистов в возрастном диапазоне от 12-ти до 18-ти лет рассчитаны корреляционные матрицы, с учётом которых установлены значения коэффициента эффективности адаптации, позволяющие судить об изменениях динамической функциональной системы организма футболиста. Показатели коэффициента эффективности адаптации на каждом этапе указанного возрастного диапазона могут быть использованы для оценки приспособительных механизмов и эффективности тренировочных воздействий в многолетнем аспекте.
Ключевые слова: футболисты, многолетний тренировочный процесс, динамическая функциональная система, коэффициент эффективности адаптации.

THE LONG-TERM TRAINING PROCESS OF YOUNG SOCCER PLAYERS FROM THE POSITION OF THE FORMATION OF A DYNAMIC FUNCTIONAL SYSTEM

I.N. Kalinina, V.V. Lavrichenko
Kuban State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Krasnodar, Russia

Annotation. The purpose of this study was to characterize the long-term training process of young soccer players from the position of forming a dynamic functional system. Based on the study of individual parameters of physical development, the functional state of the cardiovascular system of the body, the physical fitness of young soccer players in the age range from 12 to 18 years, correlation matrices were calculated, taking into account which the indicators of the adaptation efficiency coefficient were established, allowing to judge the formation of the dynamic functional system of the player. The adaptation efficiency coefficient indicators at each stage of the specified age range can be used to assess the effectiveness of training influence in the long-term aspect.
Keywords: young soccer players, long-term training process, dynamic functional system, adaptation efficiency coefficient.

Введение. В настоящее время рациональная подготовка юных спортсменов осложняется отсутствием или разноречивостью сведений о специфике развития растущего организма в сформировавшихся условиях внешней среды. В этой связи можно выделить две группы факторов: объективные и субъективные. К первым следует отнести социально-экономические и гигиенические условия проживания, условия тренировочного процесса в которых происходит взросление подростка, занимающегося спортом. Ко второй группе относятся биологические закономерности развития организма юного спортсмена. Знание особенностей роста и развития детского организма обязательно для каждого тренера, желающего достичь максимальных результатов и сохранить высокий уровень работоспособности спортсменов на протяжении многих последующих лет их профессиональной карьеры.

Как показано рядом исследователей [1-4], систематические занятия футболом в целом положительно влияют на естественные процессы роста, физического и функционального развития организма подростков. Вместе с тем футбол, с точки зрения моторики и её энергообеспечения, является одним из наиболее сложных видов спорта, требующих многолетнего разностороннего развития, затрагивающего все основные физиологические системы организма и все физические качества человека. В условиях многолетней тренировки изменения, происходящие организме носят не только функциональный, но и структурный характер. Процессы долговременной адаптации организма футболистов, согласно исследованиям [5-7], как и во многих видах спорта с преимущественным развитием выносливости, проявляются в формировании физиологического резерва систем кровообращения и дыхания, экономичности их работы, повышении уровня работоспособности и др. В то же время, имеются особенности, которые позволяют судить о приобретении специфических черт долговременной адаптации к многолетним занятиям футболом: высокая степень развития всех систем энергообеспечения; высокий уровень ситуативного мышления и психофизиологических показателей (внимания, восприятия и др.); значительная гипертрофия мышечных групп нижних конечностей.

Для понимания физиологических изменений, происходящих в организме футболистов в процессе многолетней мышечной деятельности высокой интенсивности и интерпретации данных, необходимо уточнение терминов «функциональная система» (ФС), «динамическая система» (ДС). В настоящем исследовании организм спортсмена рассматривается с позиции теории функциональных систем П.К. Анохина, которая указывает на то, что в каждый конкретный момент времени формируется ФС, удовлетворяя потребности гомеостаза. При этом образуются «срочные» связи, сформировавшиеся под влиянием незнакомого или экстремального фактора, и «долговременные», возникшие после удаления самой системой ненужных, неэффективных элементов межсистемных взаимодействий. Контроль этих процессов осуществляется на автономном и центральном уровнях регуляции [8-9].

Исходя из данных К.В. Судакова – основоположника учения о функциональных системах – организм с помощью механизмов саморегуляции обеспечивает жизненно важные процессы в лимитирующих рамках, посредством включения и выключения элементов функциональной системы в единый ансамбль, тот самый, который в данный момент времени будет обеспечивать гомеостаз. Таким образом, возможна перенастройка параметров оптимального функционирования или приспособление к изменяющимся факторам внешней или внутренней среды не только внутри одной системы, но и с привлечением других взаимодействующих с ней систем. Между тем, по мнению И.И. Шмальгаузена, ни на одной стадии развития организм не является мозаикой частей, органов или признаков, он развивается всегда как целое, специфически реагирующее на каждой стадии. В процессе развития, связанного с перестройкой структуры и функциональных взаимоотношений частей целого организма, одни корреляции теряют свое значение и исчезают, другие возникают вновь. При этом происходит возникновение новых корреляционных механизмов широкого значения. Они уже не теряются, а сохраняются надолго. Такие механизмы облегчают и ускоряют процесс приспособления организма, как целого, к меняющейся внешней среде и обеспечивают возможность перестройки его внутренней структуры. Все изменения и перестройки в организме, происходящие в результате длительного воздействия факторов внешней среды, носят различный характер. Те специфические черты, которые формируются в организме при многолетних тренировках, характеризуют образование «динамической функциональной системы», которая обеспечивает именно те потребности, что необходимы для успешной соревновательной деятельности.

Известно, что результативность в игровых видах спорта в значительной степени зависит от уровня физического развития, функционального состояния и физической подготовленности спортсменов [10-12]. Двигательный аппарат юного спортсмена является инструментом, с помощью которого он осваивает различные формы движений в заданном пространстве. Тренировочный процесс юных футболистов связан с выполнением разнообразных локомоций в различных режимах интенсивности. Показано, что уже в возрасте 11-12 лет эффективность соревновательной деятельности обусловлена во многом физической подготовленностью юных футболистов, поскольку им приходится участвовать в полноразмерных форматах соревновательных игр большого футбола [13-15]. Постпубертатный период, являясь одним из самых стабильных периодов индивидуального развития человека в связи с прекращением интенсивного роста на фоне достаточной зрелости систем энергообеспечения, нервной и гуморальной регуляции функций организма, характеризуется всё же слабостью функций ряда органов и систем [5, 16, 17]. Недостаточно сильные барьерная функция печени, активность иммунной системы не обеспечивают высокую сопротивляемость организма и надёжность адаптации к воздействию больших физических нагрузок. При этом адекватные систематические физические воздействия вызывают долговременную адаптацию, ускоряют формирование органов и систем молодого спортсмена, сокращают период отставания в развитии внутренних органов от темпов физического развития. Поэтому, при их планировании необходимо принимать это во внимание, а распределение их по объёму и интенсивности в отдельных тренировочных циклах должно предусматривать всё ещё ограниченные адаптационные возможности организма.

Исходя из вышеизложенного, становится очевидным, что в случае занятий футболом при оценке уровня функционирования организма необходимо учитывать возрастной аспект, поскольку кроме особенностей развития организма футболистов имеются и особенности специфики мышечной деятельности. Так, например, пубертатный период у футболистов некоторые специалисты выделяют как этап перехода к спортивной профессионализации, продолжительность которого может составить несколько лет [18-20]. В этот период крайне важно организовать процесс подготовки молодых футболистов таким образом, что бы они, с одной стороны, могли быстро интегрироваться в тренировочный процесс профессиональной команды, а с другой – сохранили уровень здоровья и возможность продолжения регулярного и целенаправленного индивидуального развития.

Цель исследования: определение значимых критериев коэффициента эффективности адаптации футболистов 12-18 лет с позиции формирования динамической функциональной системы.

Методы и организация исследования. В исследовании участвовало 500 футболистов детско-юношеских спортивных школ по футболу Южного Федерального округа: ГБУ ДО ДЮСШ КК «Академия футбола» г. Краснодара, ЧУДО ФШМ ФК «Ростов» г. Ростов-на-Дону, ГАУ «Академия футбола «Алания» г. Владикавказ.

Для реализации поставленной цели использовались методы научного исследования, позволяющие оценить физическое развитие, физическую подготовленность, функциональное состояние сердечно-сосудистой системы юных футболистов. Антропометрические методы включали измерение длины тела, массы тела и окружности грудной клетки. На основе полученных данных рассчитывался индекс массы тела, индекс Эрисмана, характеризующий пропорциональность развития, и позволяющий судить о типе телосложения спортсмена. С помощью динамометрии определялась мышечная сила правой и левой кистей рук футболистов. Также рассчитывался силовой индекс, характеризующий процентное отношение мышечной силы кисти к массе тела.

Для определения особенностей функционирования системы кровообращения оценивались следующие гемодинамические параметры: ударный объём сердца, минутный объём кровообращения, двойное произведение, пульсовое давление, среднее артериальное давление, коэффициент эффективности кровообращения, тип саморегуляции. Контрольно-педагогические испытания (тесты) проводились с целью определения показателей физической подготовленности юных футболистов семи возрастных групп (12 лет, 13 лет, 14 лет, 15 лет, 16 лет, 17 лет, 18 лет). Комплекс тестовых заданий для оценки физической подготовленности футболистов различных возрастных категорий проводился с учетом программ подготовки и рекомендаций специалистов, занимающихся научно-методическим обеспечением подготовки спортивного резерва. Для определения структурных элементов, а также для выяснения количества и качества взаимосвязей между основными показателями нами был использован коэффициент эффективности адаптации (КЭА), предложенный Н.В. Бондарем (2000) и в дальнейшем успешно применяемый в работах физиологического плана, который характеризует отношение количества «сильных» взаимосвязей к количеству общих. Низкие значения КЭА характеризуют удовлетворительную (эффективную) адаптацию, связанную с длительным воздействием факторов внешней среды, и на наш взгляд – готовность систем организма юного футболиста к последующим более сильным раздражителям, вызывающим рост тренированности.

Результаты исследования и их обсуждение. Анализ основных показателей возрастных когорт футболистов позволил выявить, что с возрастом наблюдаются гетерохронные изменения структуры корреляционных матриц (табл.). Так, наименьшее количество общих корреляционных взаимосвязей отмечается в возрасте 13 лет, наибольшее – у 18-летних футболистов. При этом в 13-летнием и 18-летнем возрастах наблюдалось самое большое количество «сильных» взаимосвязей, а наименьшие показатели жёсткости корреляционных матриц выявлены у 15-летних и 17-летних футболистов. На наш взгляд данные, представленные в таблице, свидетельствуют об инертности динамической функциональной системы в возрасте 13 лет, поскольку расширения количества общих взаимосвязей не происходит (306, против 402 у 12-летних футболистов), в то время как несколько увеличивается жесткость уже имеющихся (170 против 136 у 12-летних футболистов). Данный возраст может характеризоваться с точки зрения совершенствования двигательных навыков некоторым периодом стабилизации ранее полученных результатов и достигнутых функциональных изменений.

Таблица

Эффективность адаптации футболистов в возрастном диапазоне от 12 до 18 лет

№ п/п	Показатели	Возраст обследуемых футболистов						
		12 лет	13 лет	14 лет	15 лет	16 лет	17 лет	18 лет
1	Общее количество корреляционных взаимосвязей	402	306	372	374	440	347	429
2	Количество жёстких корреляционных взаимосвязей	136	170	148	110	120	112	168
3	КЭА (усл. ед.)	0,32	0,55	0,39	0,29	0,27	0,32	0,39

Примечание: КЭА – коэффициент эффективности адаптации

В этом же возрастном периоде (13 лет), нами отмечен самый высокий показатель КЭА (0,55 усл.ед.), что подтверждает вышеприведенные данные и свидетельствует о напряженной адаптации организма. При анализе тренировочного процесса и типовых учебных программ спортивной подготовки по футболу в исследуемых группах, выявлено, что на этом возрастном этапе закрепляются основные простые технические навыки движений с мячом, такие как приём и передача мяча, ведение мяча, обводка, удар по воротам с учётом пубертатного скачка. По всей видимости, наступление пубертатного периода, несмотря на рациональное построение тренировки, вносит дисбаланс в формирование динамической функциональной системы.

Еще одним периодом инертности, с точки зрения расширения поиска при образовании новых функциональных связей в условиях формирования более сложных двигательных навыков, которые формируются в данном возрастном диапазоне можно считать возраст 17 лет. В этом периоде наблюдается невысокое количество (347) общих взаимосвязей при низком же количестве «сильных» взаимосвязей. Необходимо отметить, что в возрасте 17 лет, у футболистов КЭА составляет 0,32 усл.ед., что может расцениваться как удовлетворительный уровень адаптации без напряжения приспособительных механизмов. На основании вышесказанного, можно предположить, что возраст 17-ти лет является периодом стагнации, обусловленным низкой эффективностью тренировочного процесса в исследуемых выборках футболистов и необходимостью расширения и усложнения двигательных умений и навыков. Вероятно, в тренировочном процессе имеют место быть нерационально заниженные или форсированные по величине и степени сложности нагрузки. Представляется, что на этом возрастном этапе необходимо внесение корректировок в тренировочную программу, что способствовало бы выходу систем организма на более высокий уровень функционирования.

Заключение. Исходя из полученных результатов обследований юных футболистов, проживающих в Южном федеральном округе, можно заключить, что динамическая функциональная система футболиста формируется под влиянием самых разнообразных факторов, относящихся к условиям тренировочной и соревновательной деятельности. Показатели КЭА достаточно убедительно свидетельствуют об изменении в составе и качестве корреляционных взаимосвязей, обуславливающих структуру динамической функциональной системы, формирующуюся в постоянно изменяющихся условиях тренировочно-соревновательных нагрузок футболистов на этапах многолетней спортивной тренировки. По установленным значениям КЭА (усл.ед.) можно заключить, что в каждом возрастном периоде имеются свои особенности функционирования организма, обуславливающие включение в «ансамбль» приспособительных реакций определенных показателей, которые обеспечивают гомеостаз при занятиях футболом. В целом можно отметить, что в возрастном диапазоне от 12-ти до 16-ти лет происходят адаптационные изменения, соответствующие установленным общим закономерностям развития организма, указывающие на рационально построенный тренировочный процесс, который не вносит определенного дисбаланса в формирование организма. У футболистов 13-ти лет КЭА достигает наиболее высоких значений, что свидетельствует о выраженном напряжении адаптивных систем. Возрастной отрезок от 17-ти до 18-ти лет протекает без необходимого напряжения адаптационных процессов, что предполагает стабилизацию спортивных результатов, а также замедление в росте спортивного мастерства футболистов по причине недостаточно эффективных нагрузочных стимулов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорян, С. В. Динамика морфофункциональных показателей юных футболистов различных соматических типов и вариантов биологического развития / С. В. Григорян, М. С. Григорян // Современный футбол: состояние, проблемы, инновации и перспективы развития: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (29-30 июня 2018 года). – Казань: Поволжская ГАФКСиТ, 2018. – С. 146–150.
2. Драницын, О. Диагностика функциональных возможностей: Пособие для футбольных тренеров / О. Драницын, В. Попов, С. Дрюков // Подготовлено по материалам журнала «Футбол-Профи». – М.: Фонд «Национальная академия футбола», 2005. – С.156–161.
3. Ефимов, С. Д. Особенности функциональных возможностей юных футболистов с учетом их индивидуальности / С. Д. Ефимов // Теория и практика физической культуры. – 2010. – № 2. – С. 69.
4. Иорданская, Ф. А. Мониторинг физической и функциональной подготовленности футболистов в условиях учебно-тренировочного процесса: монография / Ф. А. Иорданская. – М.: Советский спорт, 2013. – 180 с.
5. Горбанёва, Е. П. Физиологические механизмы и характеристики функциональных возможностей человека в процессе адаптации к специфической мышечной деятельности: автореф. дис. канд. мед. наук / Елена Петровна Горбанёва. – Волгоград, 2012. – 25 с.
6. Пшебыльский В. Методология исследования проблемы подготовки спортивного резерва в футболе на основе природосообразной стратегии организации многолетней подготовки юного футболиста / В. Пшебыльский // Теория и практика физической культуры. – 2007. – № 4. – С. 8-10.
7. Сорокин, О. О. Функциональная подготовка юных футболистов различной игровой специализации в соревновательном периоде: автореф. дис. канд. пед. наук / О. О. Сорокин. – Волгоград, 2006. – 25 с.
8. Баевский, Р. М. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения. Ультразвуковая и функциональная диагностика / Р. М. Баевский, Г. Г. Иванов. – М.: Наука, 2001. – С. 106–127.
9. Калинина, И. Н. Физиологические аспекты адаптации сердечнососудистой системы мужчин и женщин с признаками флебопатии в постнатальном онтогенезе: автореф. дисс... докт. биолог. наук / Ирина Николаевна Калинина. – Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева. – Чебоксары, 2009. – 46 с.
10. Кузьмин, А. А. Влияние спортивных физических нагрузок на морфофункциональное развитие и регуляторно-адаптивные возможности юных футболистов и баскетболистов: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. биолог. наук: спец. 03.03.01. «Физиология» / Андрей Александрович Кузьмин. – Майкоп, 2011. – 21 с.
11. Левин, В. С. Объём двигательных перемещений футболистов высокой квалификации в процессе соревновательной деятельности / В. С. Левин, А. К. Тихомиров // Теория и практика физической культуры – 2012. – № 2. – С. 79–81.
12. Сергиенко, Л. П. Спортивный отбор: теория и практика: монография / Л. П. Сергиенко. – М.: Советский спорт, 2013. – 1048 с.
13.Characteristics of youth soccer players aged 13-15 years classified by skill level / R. Malina, B. Ribeiro, J. Aroso, S. Cumming, // British Journal of Sports Medicine. – 2007. – Vol. 41. – pp. 290–295.
14. Vaeyens, R. A multidisciplinary selection model for youth soccer / R. A. Vaeyens, R. M. Malina, M. Jenssens // The Ghent youth soccer project. British J. Sports Med. – 2006. – Vol. 40. – pp. 928-934.
15. Wong, D. P. Physiological profile of Asian elite youth soccer players / D. P. Wong, S. H. S Wong // Journal of Strength and Conditioning Research. – 2009. – Vol. 23. – pp. 1383–1390.
16. Абрамова, Т. Ф. Морфологические критерии – показатели пригодности, общей физической подготовленности и контроля текущей и долговременной адаптации к тренировочным нагрузкам: учеб.-метод. пособие / Т. Ф. Абрамова, Т. М. Никитина, Н. И. Кочеткова. – М.: ТВТ Дивизион, 2010. – 104 с.
17.Кожевников, В. С. Дифференцированное планирование основных средств тренировки футболистов 15-16 лет в подготовительном периоде на основе учёта их биоэнергетических типов: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. пед. наук: спец.13.00.04 «Теория и методика физического воспитания, спортивной тренировки, оздоровительной и адаптивной

физической культуры» / Виталий Сергеевич Кожевников. – Набережные Челны, 2011. – 19 с.
18.Матвеев, Л. П. Теория и методика физического воспитания / Л. П. Матвеев. – М.: Физкультура и спорт, 1991. – 540 с.
19.Платонов, В. Н. Периодизация спортивной тренировки. Общая теория и её практическое применение / В. Н. Платонов. – К.: Олимпийская литература, 2013. – 624 с.
20.Сучилин, А. А. Подготовка олимпийского резерва: учебник / А. А. Сучилин. – Волгоград: Принт, 2017. – 236 с.

REFERENCES

1. Grigoryan S.V., Grigoryan M.S. Dynamics of morphofunctional indicators in young soccer players of different somatic types and variants of biological development. *Modern Soccer: State, Problems, Innovations and Prospects of Development*. Kazan', 2018, pp. 146-150. (in Russ.)
2. Dranitsyn O., Popov V., Dryukov S. Functional capabilities diagnosis: manual for soccer trainers. Moscow: the "National Soccer Academy" Fond, 2015, pp. 156-161. (in Russ.)
3. Efimov S.D. Features of functional capabilities of young soccer players, taking into account their personality. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2010, no. 2, P. 69. (in Russ.)
4. Iordanskaya F.A. Monitoring of physical and functional fitness of soccer players in conditions of the training process. Moscow: Sovetskij Sport, 2013. 180 p. (in Russ.)
5. Gorbaneva E.P. Physiological mechanisms and characteristics of a man's functional capabilities within the process of adaptation to specific muscle activity: an author's abstract. Volgograd, 2012. 25 p. (in Russ.)
6. Pshebyl'skij V. Methodology of studying issues of training the sports reserve in soccer, based on the nature-aligned strategy for organizing years-long training of a young soccer player. Theory and Practice of Physical Culture, 2007, no. 4, pp. 8-10. (in Russ.)
7. Sorokin O.O. Functional training of young soccer players of different specialization during the competitive period: an author's abstract. Volgograd, 2006. 25 p. (in Russ.)
8. Baevskij R.M., Ivanov G.G. Heart rate variability: theoretical aspects and possibilities for clinical use. Ultrasound and functional diagnostics. Moscow: Nauka, 2001. pp. 106–127. (in Russ.)
9. Kalinina I.N. Physiological aspects of adapting cardiovascular system of men and women with signs of chronic venous disease in postnatal ontogenesis: an author's abstract. Cheboksary, 2009. 46 p. (in Russ.)
10.Kuz'min A.A. Influence of sporting physical loads on the morphofunctional development and regulatory-adaptive capabilities of young soccer and basketball players: an author's abstract. Majkop, 2011. 21 p. (in Russ.)
11.Levin V.S., Tikhomirov A.K. Volume of motor movements of elite soccer players during the process of competitive activity. Theory and Practice of Physical Culture, 2012, no. 2, pp. 79-81. (in Russ.)
12.Sergienko L.P. Sports selection: theory and practice: a monograph. Moscow: Sovetskij Sport, 2013. 1048 p. (in Russ.)
13.Malina R.M., Ribeiro B., Aroso J., Cumming S.P. Characteristics of youth soccer players aged 13-15 years classified by skill level. *British Journal of Sports Medicine*, 2007, vol. 41, pp. 290-295.
14. Vaeyens R.A., Malina R.M., Jenssens M.A multidisciplinary selection model for youth soccer. The Ghent youth soccer project. *British J. Sports Med*, 2006, vol. 40, pp. 928-934.
15. Wong D.P., Wong S.H.S. Physiological profile of Asian elite youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2009, vol. 23, pp. 1383-1390.
16.Abramova T.F., Nikitina T.M., Kochetkova N.I. Morphological criteria – indicators of eligibility, general physical fitness and control of the current and long-term adaptation to training loads: a study guide. Moscow: TVT Divizion, 2010. 104 p. (in Russ.)
17.Kozhevnikov V.S. Differentiated planning of main means of training soccer players aged 15-16 years during the preparatory period, taking into account their bioenergetics types: an author's abstract. Naberezhnye Chelny, 2011. 19 p. (in Russ.)
18.Matveev L.P. Theory and methods of physical education. Fizkul'tura i sport, 1991. 540 p. (in Russ.)
19.Platonov V.N. Division of sports training into periods. General theory and its practical use. Kyiv: Olimpijskaya literatura, 2013. 624 p. (in Russ.)
20.Suchilin A.A. Training of the Olympic reserve: a textbook. Volgograd: Print, 2017. 236 p. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Ирина Николаевна Калинина – доктор биологических наук, профессор ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», Краснодар.

Владислав Валерьевич Лавриченко – кандидат биологических наук, старший преподаватель, доцент кафедры теории и методики футбола и регби ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», Краснодар, e-mail: football.70@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Irina Nikolaevna Kalinina – Doctor of Biological Sciences, Professor, Kuban State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Krasnodar.
Vladislav Valer'evich Lavrichenko – Candidate of Biological Sciences, Senior Lecturer, Associate Professor of the Department of Theory and Methods in Soccer and Rugby, Kuban State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Krasnodar, e-mail: football.70@mail.ru.

Для цитирования: Калинина, И. Н. Критериальная значимость коэффициента эффективности адаптации для оценки динамической функциональной системы футболистов 12-18 летнего возраста / И. Н. Калинина, В. В. Лавриченко // Российский журнал спортивной науки: медицина, физиология, тренировка. – 2022. – Т. 1. – № 1. DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_2

For citation: Kalinina I.N., Lavrichenko V.V. The long-term training process of young soccer players from the position of the formation of a dynamic functional system. *Russian Journal of Sports Science: Medicine, Physiology, Training*, 2022, vol. 1, no. 1. DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_2

Дата публикации: 01.04.2022
DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_3
УДК 612.76; 796.886

Publication date: 01.04.2022
DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_3
UDC 612.76; 796.886

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ АСИММЕТРИЙ СИЛОВЫХ И ЭМГ-ПАРАМЕТРОВ У ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТЯЖЕЛОАТЛЕТИЧЕСКОГО ТОЛЧКА

Ю.В. Корягина, С.В. Нопин
ФГБУ «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства», г. Ессентуки, Россия

Аннотация. Актуальным вопросом биомеханики и физиологии спорта, а также спортивной медицины, в аспекте профилактики травм, является выявление асимметрии спортивных движений. Целью исследования явилось выявление функциональных моторных асимметрий проявляемых в силовых и ЭМГ-параметрах ведущих мышц при выполнении упражнения соревновательный толчок у высококвалифицированных тяжелоатлетов мужского и женского пола. В проведенном исследовании с помощью разработанной методики биомеханической и электромиографической оценки тяжелоатлетического толчка определены функциональные асимметрии ЭМГ активности и динамических характеристик у высококвалифицированных тяжелоатлетов при выполнении соревновательного упражнения толчок. Функциональные асимметрии вертикальных составляющих сил давления на опору правой/левой ногой были небольшими с преобладанием правосторонней асимметрии как у мужчин, так и у женщин. Мужчины отличались от женщин большими величинами средней амплитуды ЭМГ всех исследованных мышц, что свидетельствует о большей проявляемой силе. Латеральность и величина асимметрии средней амплитуды ЭМГ мышц при выполнении тяжелоатлетического толчка также имеет половые особенности. Большая асимметрия проявляется в фазы подседа и вставания, т.е. в фазы, характеризующиеся большей динамикой движения тела спортсмена и снаряда. Большая правосторонняя асимметрия ЭМГ-активности свидетельствует о праводоминантности высококвалифицированных тяжелоатлетов. В целом можно заключить о достаточно симметричном и координационно точном выполнении движения высококвалифицированными тяжелоатлетами, что свидетельствует о хорошем балансе и координации движений.

Ключевые слова: функциональные асимметрии, моторные асимметрии, биомеханика, электромиография, тяжелоатлетические упражнения, тяжелоатлетический рывок.

FUNCTIONAL ASYMMETRIES OF EMG ACTIVITY AND DYNAMIC CHARACTERISTICS IN ELITE WEIGHTLIFTERS WHEN PERFORMING A COMPETITIVE CLEAN AND JERK EXERCISE

Yu.V. Koryagina, S.V. Nopin
FSBI “North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency”, Essentuki, Russia

Annotation. The relevant issue of biomechanics and physiology of sports, as well as sports medicine, in the aspect of injury prevention, is to identify the asymmetry of sports movements. The aim of the study was to identify functional motor asymmetries manifested in the power and electromyography parameters of the leading muscles during the clean and jerk exercise in elite male and female weightlifters. In the study, using the developed method of biomechanical and electromyographic evaluation of the clean and jerk, the functional asymmetries of electromyographic activity and dynamic characteristics in elite weightlifters during the performance of the exercise were determined. Functional asymmetries of the vertical component of the effort of the right/left foot on the support were small with a predominance of right-sided asymmetry in both men and women. Men differed from women in large values of the average electromyographic amplitude of all the studied muscles, which indicates a greater strength. The laterality and

magnitude of the asymmetry of the average electromyographic amplitude of the muscles during the performance of a clean and jerk also has gender characteristics. A large asymmetry is manifested in the squat and recovery phases, i.e. into phases characterized by greater dynamics of movement of the body of the athlete and the projectile. A large right-sided asymmetry of electromyographic activity indicates dominance of the body's right side in elite weightlifters. Overall, we can conclude that elite weightlifters perform the movement quite symmetrically and coordinately, which indicates a good balance and coordination of movements.

Keywords: functional asymmetries, motor asymmetries, biomechanics, electromyography, weightlifting exercises, clean and jerk.

Введение. Исследования функциональной сенсомоторной асимметрии актуальны в плане определения эффективных стратегий адаптации и прогноза успешности в спорте [1]. Для выявления особенностей биомеханики и физиологии нервно-мышечного аппарата, а также профилактики травматизма в спорте используется выявление моторной асимметрии при выполнении спортивных движений [2-3].

В настоящее время проводятся исследования проявлений моторной симметрии-асимметрии при отдельных движениях человека и спортивных движениях. В наибольшей степени изучена биомеханика и асимметричность работы ног при ходьбе [4].

Учеными Санкт-Петербургского государственного университета физической культуры имени П.Ф. Лесгафта при изучении асимметрии биомеханической структуры движений тяжелоатлетов выполняющих тяжелоатлетический толчок способом «ножницы» и полуприседом было установлено, что параметрам кинематики движений в локтевом, тазобедренном, коленном, голеностопном суставах, а также вертикальным составляющим сил реакции опоры свойственна асимметрия. Выявленная асимметрия в значительной мере проявляется при выполнении толчка "ножницами" и уменьшается при толчке полуприседом. Проявления асимметрии уменьшаются с ростом внешнего отягощения и спортивной квалификации тяжелоатлетов [5].

В опубликованном нами ранее исследовании функциональных асимметрий ЭМГ-активности и динамических характеристик у высококвалифицированных тяжелоатлетов при выполнении соревновательного упражнения рывок показано достаточно симметричное выполнение упражнения и работа нервно-мышечного аппарата, свидетельствующие о хорошей технической подготовленности исследуемых высококвалифицированных тяжелоатлетов и оптимальном мышечном балансе. Результаты исследований показали как у мужчин, так и у женщин тяжелоатлетов небольшие правосторонние функциональные асимметрии вертикальных составляющих сил реакции опоры. Выявлена незначительная асимметрия средней амплитуды ЭМГ мышц: левосторонняя асимметрия для трапециевидной мышцы и правосторонняя асимметрия для мышц ног (латеральной широкой мышцы бедра, двуглавой мышцы бедра и икроножной мышцы). Наибольшие проявления асимметрии отмечены в фазу подрыва, что, по-видимому, связано с частично безопорным положением тела. По ЭМГ активности у всех тяжелоатлетов выявлено доминирование правой ноги [2].

Тяжелоатлетический толчок, выполняемый способом ножницы, является более асимметричным упражнением, чем рывок, в связи с чем актуальным является исследование функциональных асимметрий силовых и ЭМГ параметров, проявляемых у высококвалифицированных спортсменов тяжелоатлетов мужского и женского пола при выполнении упражнения соревновательный толчок.

Целью исследования явилось выявление функциональных моторных асимметрий, проявляемых в силовых и ЭМГ-параметрах ведущих мышц, при выполнении упражнения соревновательный толчок у высококвалифицированных тяжелоатлетов мужского и женского пола.

Методы и организация исследования. Исследования проводились в Центре медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России в г. Кисловодске на горе Малое седло на высоте 1240 м в условиях учебно-тренировочных сборов спортсменов в ФГУП «Юг спорт». В исследовании приняли участие 45 тяжелоатлетов мужского и женского пола, квалификации МС, члены сборной команды Российской Федерации по тяжелой атлетике.

Для исследования асимметрии проводили биомеханический и ЭМГ анализ тяжелоатлетического толчка с определением силовых, кинематических и ЭМГ параметров и дальнейшим расчетом коэффициентов асимметрии. Исследование проводилось на системе BTS Motion System (BTS Bioengineering, Италия), включающую SMART-DX – оптоэлектронную систему с тремя инфракрасными камерами и двумя видеокамерами, двумя сенсорными напольными тензодинамометрическими платформами размером 60×40 см. Для анализа техники тяжелоатлетического упражнения была разработана специальная методика и получен патент на изобретение на «Способ биомеханической и электромиографической оценки тяжелоатлетических упражнений» №2756567 C1 от 01.10.2021 [6]. Также была разработана программа для ЭВМ «Биомеханическая и электромиографическая экспресс-оценка тяжелоатлетического толчка» [7]. Для анализа техники использовалась фазовая структура тяжелоатлетического толчка по Л.С. Дворкину [8].

Коэффициенты функциональной асимметрии средних значений вертикальных составляющих сил реакции опоры, средней амплитуды ЭМГ трапециевидной мышцы, латеральной широкой мышцы бедра, двуглавой мышцы бедра (длинная головка – средняя часть), икроножной мышцы (латеральная головка - средняя часть) рассчитывались по формуле [9]:

$$Кас = \frac{N_{ПР} - N_{ЛЕВ}}{N_{ПР} + N_{ЛЕВ}} \times 100\ \%,$$

где NПР – показатель для правой половины тела, NЛЕВ – показатель для левой половины тела.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью программного обеспечения Statistica 13.0 и заключалась в сравнении показателей групп, сформированных по полу с помощью непараметрического U-критерия Манна-Уитни.

Результаты исследования и их обсуждение. Тяжелоатлетический толчок является сложнокоординационным скоростно-силовым упражнением, в котором спортсмен поднимает большой вес в короткий промежуток времени. В отличие от рывка, тяжелоатлетический толчок состоит из двух упражнений: поднятие штанги на грудь (первые 4 периода, которые совпадают с упражнением тяжелоатлетический рывок) и толчок штанги от груди.

Результаты исследования силового динамического показателя – вертикальной составляющей силы давления двумя ногами на опору в граничный момент между фазами движения в толчке показали, что мужчины значительно статистически достоверно превосходят женщин по всем фазам (табл. 1).

Сравнение коэффициентов функциональной асимметрии средних значений вертикальных составляющих сил давления на опору правой/левой ногой при выполнении тяжелоатлетического толчка у мужчин и женщин выявило статистически значимую большую асимметрию у женщин в фазу подрыва 2.2. Во всех фазах как у мужчин, так и у женщин в основном преобладает очень незначительная правосторонняя асимметрия, за исключением фазы подседа 3.1 у женщин. Наибольшие проявления асимметрии выявлены у мужчин и женщин в фазу подседа 3.1 и у женщин в фазы подседа под штангу 7 и вставания 8. В целом можно заключить о достаточно симметричном и координационно точном выполнении движения высококвалифицированными тяжелоатлетами, что свидетельствует о хорошем балансе и координации движений.

Таблица 1

Средние значения вертикальной составляющей силы давления двумя ногами на опору в толчке у мужчин и женщин в тяжелоатлетов, M±σ, кг

№ п/п	Фазы	Мужчины	Женщины	p<
1	Тяга 1.1	233,1±47,26	168,0±34,47	0,0002
2	Тяга 1.2	186,4±47,30	125,1±26,05	0,0001
3	Подрыв 2.1	256,4±58,45	206,7±35,65	0,01
4	Подрыв 2.2	42,54±58,50	27,58±22,19	-
5	Подсед 3.1	177,2±36,63	131,8±51,67	0,006
6	Подсед 3.2	293,4±54,75	235,4±52,31	0,004
7	Вставание 4	140,2±43,15	107,5±29,89	0,03
8	Полуподсед 6.1	330,0±66,34	259,9±50,58	0,004
9	Полуподсед 6.2	65,92±94,84	30,02±28,32	-
10	Подсед под штангу 7	132,5±52,84	93,13±41,29	0,03
11	Вставание после подседа 8	171,6±47,18	101,6±43,68	0,00004

Примечание: p – по критерию U-Манна Уитни

Таблица 2

Коэффициенты функциональной асимметрии средних значений вертикальных составляющих сил давления на опору правой/левой ногой при выполнении тяжелоатлетического толчка у мужчин и женщин, M±σ, %

№ п/п	Фазы	Мужчины	Женщины	p<
1	Тяга 1.1	2,55±5,04	1,02±4,56	-
2	Тяга 1.2	1,17±4,58	2,80±3,17	-
3	Подрыв 2.1	-2,06±7,35	5,02±10,65	-
4	Подрыв 2.2	0,60±8,10	5,31±9,76	0,04
5	Подсед 3.1	8,32±19,45	-9,49±26,47	-
6	Подсед 3.2	2,08±6,10	1,84±5,83	-
7	Вставание 4	1,07±4,97	1,63±3,95	-
8	Полуподсед 6.1	1,83±5,00	0,69±5,13	-
9	Полуподсед 6.2	-0,54±5,25	3,89±5,61	-
10	Подсед под штангу 7	5,91±84,45	11,69±93,14	-
11	Вставание после подседа 8	4,70±86,69	10,89±94,77	-

Примечание: p – по U-критерию Манна-Уитни

Проведение записи ЭМГ одновременно с регистрацией биомеханических параметров движений при выполнении тяжелоатлетического толчка у высококвалифицированных спортсменов позволило получить характеристики электроактивности изучаемых мышц. Было выявлено, что показатели средней амплитуды ЭМГ правой трапециевидной мышцы у мужчин-тяжелоатлетов по сравнению с женщинами были больше в фазах тяги 1.2 и подсед 3.1, показатели левой трапециевидной мышцы статистически достоверно не отличались (табл. 3).

Сравнение показателей средней амплитуды ЭМГ латеральной широкой мышцы бедра в толчке у мужчин и женщин тяжелоатлетов показало большие величины амплитуды ЭМГ у мужчин справа в фазе подседа 3.1 и слева в фазе подрыв 2.2 (табл. 4).

Таблица 3

Средняя амплитуда ЭМГ трапециевидной мышцы в толчке у мужчин и женщин тяжелоатлетов, M±σ, мВ

№ п/п	Фазы	Правая			Левая	
		Мужчины	Женщины	p<	Мужчины	Женщины
1	Тяга 1.1	0,16±0,11	0,10±0,06	-	0,15±0,11	0,13±0,07
2	Тяга 1.2	0,48±0,21	0,34±0,16	0,03	0,46±0,19	0,38±0,17
3	Подрыв 2.1	0,45±0,15	0,36±0,16	-	0,51±0,26	0,38±0,12
4	Подрыв 2.2	0,47±0,19	0,40±0,17	-	0,45±0,22	0,41±0,18
5	Подсед 3.1	0,31±0,13	0,21±0,09	0,03	0,30±0,11	0,23±0,12
6	Подсед 3.2	0,51±0,19	0,54±0,22	-	0,57±0,26	0,55±0,21
7	Вставание 4	0,42±0,21	0,39±0,21	-	0,51±0,29	0,40±0,21
8	Полуподсед 6.1	0,37±0,21	0,32±0,16	-	0,40±0,25	0,33±0,19
9	Полуподсед 6.2	0,55±0,29	0,51±0,25	-	0,59±0,31	0,47±0,23
10	Подсед под штангу 7	0,68±0,27	0,64±0,21	-	0,71±0,31	0,65±0,21
11	Вставание 8	0,64±0,33	0,66±0,30	-	0,61±0,35	0,67±0,38

Примечание: p – по U-критерию Манна-Уитни, показатели левой трапециевидной мышцы статистически достоверно не отличались

Таблица 4

Средняя амплитуда ЭМГ латеральной широкой мышцы в толчке у мужчин и женщин тяжелоатлетов, M±σ, мВ

№ п/п	Фазы	Правая			Левая		
		Мужчины	Женщины	p<	Мужчины	Женщины	p<
1	Тяга 1.1	0,17±0,12	0,17±0,09	-	0,14±0,07	0,16±0,09	-
2	Тяга 1.2	0,26±0,16	0,29±0,18	-	0,23±0,10	0,25±0,12	-
3	Подрыв 2.1	0,34±0,18	0,34±0,13	-	0,33±0,15	0,30±0,18	-
4	Подрыв 2.2	0,35±0,22	0,24±0,13	-	0,32±0,13	0,22±0,14	0,02
5	Подсед 3.1	0,23±0,10	0,16±0,07	0,03	0,22±0,11	0,17±0,08	-
6	Подсед 3.2	0,30±0,18	0,31±0,14	-	0,26±0,10	0,31±0,14	-
7	Вставание 4	0,38±0,25	0,33±0,15	-	0,29±0,17	0,30±0,19	-
8	Полуподсед 6.1	0,23±0,15	0,22±0,10	-	0,20±0,09	0,22±0,16	-
9	Полуподсед 6.2	0,39±0,28	0,27±0,14	-	0,35±0,15	0,28±0,14	-
10	Подсед под штангу 7	0,35±0,21	0,24±0,09	-	0,25±0,15	0,20±0,10	-
11	Вставание 8	0,18±0,11	0,15±0,10	-	0,14±0,08	0,12±0,10	-

Примечание: p – по U-критерию Манна-Уитни

Коэффициенты функциональной асимметрии средней амплитуды ЭМГ трапециевидной и латеральной широкой мышцы бедра при выполнении тяжелоатлетического толчка у мужчин и женщин статистически не отличались (табл. 5). Для средней амплитуды ЭМГ трапециевидной мышц выявлены небольшие право- и левосторонние асимметрии (в пределах 11%) как у мужчин, так и у женщин. Для средней амплитуды ЭМГ латеральной широкой мышцы бедра также наблюдались небольшие право- и левосторонние асимметрии. Большие величины имели правосторонние

асимметрии в фазы вставание 4, подсед под штангу 7 и вставание 8, т.е. в фазы, характеризующиеся большей динамикой движения тела спортсмена и снаряда. В данных фазах движения латеральная широкая мышца бедра выполняет работу по активному разгибанию голени в коленном суставе, что играет важную роль в эффективности всего тяжелоатлетического упражнения. Большая правосторонняя асимметрия ЭМГ-активности свидетельствует о доминантности правой ноги у тяжелоатлетов.

Таблица 5

Коэффициенты функциональной асимметрии средней амплитуды ЭМГ мышц при выполнении тяжелоатлетического толчка у мужчин и женщин, M±σ, %

№ п/п	Фазы	Трапециевидная мышца		Латеральная широкая мышца бедра	
		Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины
1	Тяга 1.1	-0,9±24,5	-8,1±27,3	5,6±30,8	2,5±29,3
2	Тяга 1.2	1,6±26,2	-4,0±27,9	3,1±30,1	3,6±31,2
3	Подрыв 2.1	-0,6±25,3	-3,4±14,1	1,3±29,6	8,0±24,6
4	Подрыв 2.2	5,1±16,8	-0,3±21,8	-1,4±28,5	5,7±30,4
5	Подсед 3.1	1,0±15,0	-2,9±23,7	3,7±29,7	-2,1±19,0
6	Подсед 3.2	-4,3±16,6	-1,7±19,1	4,0±27,5	0,4±19,8
7	Вставание 4	-11,6±23,5	-1,5±20,0	9,9±30,7	6,2±27,2
8	Полуподсед 6.1	-2,6±26,4	3,3±25,6	1,3±32,3	5,6±29,8
9	Полуподсед 6.2	-2,9±17,4	7,0±29,4	-1,5±31,7	-2,7±23,8
10	Подсед под штангу 7	-1,8±14,4	-0,7±10,0	13,3±37,7	12,4±30,1
11	Вставание 8	6,1±29,0	5,0±37,3	11,3±38,0	14,8±35,2

Средняя амплитуда ЭМГ правой двуглавой мышцы бедра у мужчин была больше в фазу вставания 4, а левой двуглавой мышцы бедра – в фазы тяги, подрыва, подседа, вставания. В целом мужчины имели более высокие значения средних амплитуд ЭМГ двуглавой мышцы бедра по сравнению с женщинами (табл. 6). В фазах движения тяжелоатлетического толчка двуглавая мышца бедра выполняет работу по разгибанию бедра и сгибанию голени, большая средняя амплитуда ЭМГ свидетельствует о большем развиваемом усилии и способности поднять больший вес у тяжелоатлетов мужчин по сравнению с женщинами.

Средняя амплитуда ЭМГ икроножной мышцы статистически значимо больше у мужчин справа в фазы тяга 1.1, тяга 1.2, подрыв 2.2, подсед 3.1, подсед под штангу 7, слева – в фазу подрыв 2.2 (табл. 7). Икроножная мышца в анализируемом движении выполняет функцию по подошвенному сгибанию стопы в голеностопном суставе, а также стабилизации стопы. Большая средняя амплитуда ЭМГ икроножной мышцы у мужчин свидетельствует о развиваемом усилии по разгибанию стопы, особенно в фазах тяги и подрыва.

Коэффициенты функциональной асимметрии средней амплитуды ЭМГ двуглавой мышцы бедра были только правосторонние во все фазы толчка, как у мужчин, так и у женщин (табл. 8). Наибольшие асимметрии для двуглавой мышцы бедра выявлены у женщин в фазу подрыв 2.2, а также как у мужчин, так и у женщин в фазы подсед под штангу 7 и вставание 8. Большие правосторонние асимметрии в заключительной фазе движения, могут свидетельствовать об усилении доминирования правой ведущей ноги при утомлении.

Таблица 6

Средняя амплитуда ЭМГ двуглавой мышцы бедра в толчке у мужчин и женщин тяжелоатлетов, M±σ, мВ

№ п/п	Фазы	Правая			Левая		
		Мужчины	Женщины	p<	Мужчины	Женщины	p<
1	Тяга 1.1	0,12±0,08	0,08±0,03	-	0,10±0,09	0,08±0,02	-
2	Тяга 1.2	0,32±0,12	0,23±0,08	-	0,30±0,10	0,19±0,06	0,006
3	Подрыв 2.1	0,46±0,25	0,34±0,12	-	0,39±0,14	0,29±0,14	0,02
4	Подрыв 2.2	0,33±0,18	0,22±0,10	-	0,29±0,16	0,16±0,10	0,01
5	Подсед 3.1	0,24±0,15	0,16±0,10	-	0,21±0,11	0,14±0,05	0,04
6	Подсед 3.2	0,31±0,24	0,22±0,11	-	0,29±0,25	0,21±0,09	-
7	Вставание 4	0,29±0,13	0,18±0,08	0,04	0,23±0,10	0,16±0,07	0,04
8	Полуподсед 6.1	0,18±0,14	0,12±0,05	-	0,13±0,09	0,12±0,06	-
9	Полуподсед 6.2	0,37±0,19	0,26±0,13	-	0,29±0,11	0,23±0,10	-
10	Подсед под штангу 7	0,32±0,17	0,22±0,08	-	0,18±0,13	0,15±0,09	-
11	Вставание 8	0,17±0,11	0,13±0,08	-	0,10±0,08	0,08±0,07	-

Примечание: p – по U-критерию Манна-Уитни

Таблица 7

Средняя амплитуда ЭМГ икроножной мышцы в толчке у мужчин и женщин тяжелоатлетов, M±σ, мВ

№ п/п	Фазы	Правая			Левая		
		Мужчины	Женщины	p<	Мужчины	Женщины	p<
1	Тяга 1.1	0,09±0,08	0,03±0,02	0,005	0,08±0,08	0,05±0,03	-
2	Тяга 1.2	0,17±0,07	0,10±0,05	0,02	0,17±0,10	0,13±0,06	-
3	Подрыв 2.1	0,39±0,22	0,27±0,10	-	0,32±0,22	0,33±0,09	-
4	Подрыв 2.2	0,24±0,15	0,12±0,06	0,05	0,25±0,18	0,12±0,04	0,03
5	Подсед 3.1	0,15±0,13	0,07±0,06	0,009	0,10±0,09	0,05±0,03	-
6	Подсед 3.2	0,21±0,14	0,15±0,08	-	0,18±0,11	0,20±0,09	-
7	Вставание 4	0,13±0,09	0,09±0,04	-	0,12±0,09	0,12±0,08	-
8	Полуподсед 6.1	0,14±0,09	0,10±0,05	-	0,13±0,11	0,13±0,06	-
9	Полуподсед 6.2	0,33±0,18	0,23±0,05	-	0,30±0,16	0,23±0,07	-
10	Подсед под штангу 7	0,23±0,15	0,12±0,05	0,01	0,15±0,07	0,16±0,06	-
11	Вставание 8	0,14±0,09	0,11±0,06	-	0,14±0,07	0,15±0,07	-

Примечание: p – по U-критерию Манна-Уитни

Таблица 8

Коэффициенты функциональной асимметрии средней амплитуды ЭМГ мышц при выполнении тяжелоатлетического толчка у мужчин и женщин, M±σ, %

№ п/п	Фазы	Двуглавая мышца бедра			Икроножная мышца		
		Мужчины	Женщины	p<	Мужчины	Женщины	p<
1	Тяга 1.1	6,4±26,6	3,1±11,4	-	14,4±29,9	-24,1±21,8	0,002
2	Тяга 1.2	3,8±13,2	9,0±8,2	-	4,9±28,0	-13,5±15,5	0,03
3	Подрыв 2.1	5,2±18,0	8,3±11,5	-	12,0±25,4	-8,7±20,7	0,02
4	Подрыв 2.2	4,3±26,8	16,0±28,2	-	4,2±28,1	1,2±19,2	-
5	Подсед 3.1	2,4±22,1	2,9±31,0	-	15,2±32,3	13,4±17,0	-
6	Подсед 3.2	4,2±22,7	1,0±21,7	-	5,7±40,4	-14,5±20,0	-
7	Вставание 4	11,8±24,2	4,8±13,5	-	4,4±35,5	-14,8±17,9	0,03
8	Полуподсед 6.1	13,6±31,9	2,5±25,3	-	9,5±29,8	-11,0±22,7	-
9	Полуподсед 6.2	7,5±29,3	3,8±15,2	-	6,0±31,9	-0,3±11,3	-
10	Подсед под штангу 7	29,1±40,8	19,6±36,4	-	18,6±28,6	-14,0±23,2	0,007
11	Вставание 8	26,2±37,9	24,3±53,0	-	0,3±35,7	-14,3±27,8	-

Примечание: p – по U-критерию Манна-Уитни

Для икроножной мышцы у мужчин выявлены только правосторонние асимметрии, у женщин, наоборот, преобладали левосторонние асимметрии. Статистически значимо величиной и латеральностью асимметрии женщины отличались от мужчин в фазы тяги, подрыва 2.1, вставания 4, подседа под штангу 7. Наибольшие асимметрии установлены в фазы тяги, подседа и вставания. Анализируя асимметрию исследованных мышц можно заключить о ее больших величинах у двуглавой и икроножной мышцы. По-видимому, чем ближе к ядру тела расположены мышцы, тем меньше выражена их асимметрия.

Заключение. Таким образом, в проведенном исследовании с помощью разработанной методики биомеханической и электромиографической оценки тяжелоатлетического толчка определены функциональные асимметрии ЭМГ активности и динамических характеристик у высококвалифицированных тяжелоатлетов при выполнении соревновательного упражнения толчок.

Функциональные асимметрии вертикальных составляющих сил давления на опору правой/левой ногой были небольшими с преобладанием правосторонней асимметрии как у мужчин, так и у женщин.

Мужчины отличались от женщин большими величинами средней амплитуды ЭМГ всех исследованных мышц, что свидетельствует о большей проявляемой силе. Латеральность и величина асимметрии средней амплитуды ЭМГ мышц при выполнении тяжелоатлетического толчка также имеет половые особенности. Большая асимметрия проявляется в фазы подседа и вставания, т.е. в фазы, характеризующиеся большей динамикой движения тела спортсмена и снаряда. Большая правосторонняя асимметрия ЭМГ активности свидетельствует о праводоминантности высококвалифицированных тяжелоатлетов.

В целом можно заключить о достаточно симметричном и координационно точном выполнении движения высококвалифицированными тяжелоатлетами, что свидетельствует о хорошем балансе и координации движений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бердичевская, Е. М. Функциональные асимметрии и спорт / Е. М. Бердичевская, А. С. Гронская // Руководство по функциональной межполушарной асимметрии. М: Научный мир, 2009. – URL: http://www.cerebral-asymmetry.ru/24.Berdichevskaya_Gronskaya.pdf (дата обращения: 25.01.2022).
2. Нопин, С. В. Функциональные асимметрии ЭМГ активности и динамических характеристик у высококвалифицированных тяжелоатлетов при выполнении соревновательного упражнения рывок / С. В. Нопин, Ю. В. Корягина // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6. – № 1. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_01_20.
3. Хроменкова, Е. В. Анализ асимметрии силовых способностей мышц нижних конечностей спортсменов в хоккее на траве / Е. В. Хроменкова, Е. Г. Тычина, Ю. О. Романова // Прикладная спортивная наука. – 2019. – №. 2 (10). – С. 51-58.
4. Иванова, Г. П. О роли двигательных асимметрии нижних конечностей в динамике спортивных действий / Г. П. Иванова, Д. В. Спиридонов, Э. Н. Саутина // Теория и практика физической культуры. – 2003. – №. 1. – С. 62-63.
5. Асимметрия биомеханической структуры движений тяжелоатлетов / Костюченко В. Ф., Степанов В. С., Алексеев А. А. [и др.] // Ученые записки университета Лесгафта. 2008. № 2. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/asimmetriya-biomehanicheskoy-struktury-dvizheniy-tyazheloatletov (дата обращения: 25.01.2022).
6. Патент N 2756567 Российская Федерация, МПК A63B 71/00 (2006.01), A63B 71/00 (2021.05) Способ биомеханической и электромиографической оценки тяжелоатлетических упражнений: N 2020129093: заявлено 02.09.2020: опубл. 01.10.2021 / Нопин С. В., Корягина Ю. В., Тер-Акопов Г. Н. – Текст: непосредственный.
7. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ N 2020660143. Биомеханическая и электромиографическая экспресс-оценка тяжелоатлетического толчка: N 2020619201: заявлено 20.08.2020 : опубл. 28.08.2020 / Нопин С. В., Корягина Ю. В., Тер-Акопов Г. Н. – Текст: непосредственный.
8. Дворкин, Л. С. Тяжелая атлетика: учебник для вузов / Л. С. Дворкин. – М.: Советский спорт, 2005. – 600 с.
9. Леутин, В. П. Функциональная асимметрия мозга: мифы и действительность / В. П. Леутин, Е. И. Николаева. – СПб., Речь, 2005. – 366 с.

REFERENCES

1. Berdichevskaya E.M., Gronskaya A.S. Functional asymmetries and sport // Guide to functional interhemispheric asymmetry. Moscow: Scientific world, 2009. Available at: http://www.cerebral-asymmetry.ru/24.Berdichevskaya_Gronskaya.pdf (accessed 25.01.2022). (in Russ.)
2. Nopin S.V., Koryagina Yu.V. Functional Asymmetries of EMG Activity and Dynamic Characteristics in Highly Qualified Weightlifters Performing a Competitive Snatch Exercise. *Modern Issues of Biomedicine*, 2022, vol. 6, no. 1. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_01_20. (in Russ.)
3. Khromenkova E.V., Tychina E.G., Romanova Yu.O. Analysis of the asymmetry of the power abilities of the muscles of the lower extremities of athletes in field hockey. *Applied Sports Science*, 2019, no. 2(10), pp. 51-58. (in Russ.)
4. Ivanova G.P., Spiridonov D.V., Sautina E.N. On the role of motor asymmetries of the lower extremities in the dynamics of sports actions. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2003, no. 1, pp. 62-63. (in Russ.)
5. Kostyuchenko V.F., Stepanov V.S., Alekseev A.A., Sokolov V.G., Gorulev P.S. Asymmetry of the biomechanical structure of weightlifters' movements. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2008, no. 2. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/asimmetriya-biomehanicheskoy-struktury-dvizheniy-tyazheloatletov (accessed 25.01.2022). (in Russ.)
6. Nopin S.V., Koryagina Yu.V., Ter-Akopov G.N. Method for biomechanical and electromyographic evaluation of weightlifting exercises. Patent for invention RF 2756567 C1, 2021. (in Russ.)
7. Nopin S.V., Koryagina Yu.V., Ter-Akopov G.N. Biomechanical and electromyographic express assessment of the weightlifting push. Certificate of the computer program registration RF 2020660143, 2020. (in Russ.)
8. Dvorkin L.S. Weightlifting: a textbook for universities. Moscow, Sovetskij sport, 2005. 600 p. (in Russ.)
9. Leutin V.P., Nikolaeva E.I. Functional asymmetry of the brain: myths and reality. Saint Petersburg, Rech', 2005. 366 p. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Юлия Владиславовна Корягина – д-р биол. наук, профессор, руководитель центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки, e-mail: nauka@skfmba.ru.
Сергей Викторович Нопин – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник центра медико-биологических технологий ЦМБТ ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, e-mail: work800@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Yulia Vladislavovna Koryagina – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Biomedical Technologies Center, FSBI "North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency", Essentuki, e-mail: nauka@skfmba.ru.
Sergej Victorovich Nopin – Candidate of Technical Sciences, Lead Researcher of the Biomedical Technologies Center, FSBI "North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency", Essentuki, e-mail: work800@yandex.ru.

Для цитирования: Корягина, Ю. В. Особенности функциональных асимметрий силовых и ЭМГ-параметров у высококвалифицированных спортсменов при выполнении тяжелоатлетического толчка / Ю. В. Корягина, С. В. Нопин // Российский журнал спортивной науки: медицина, физиология, тренировка. – 2022. – Т. 1. – № 1. DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_3

For citation: Koryagina Yu.V., Nopin S.V. Hildebrandt index in skiers and taekwondo athletes at rest and under standard bicycle ergometric loads. *Russian Journal of Sports Science: Medicine, Physiology, Training*, 2022, vol. 1, no. 1. DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_3

Дата публикации: 01.04.2022
DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_4
УДК 612.1; 613.72; 616.1

Publication date: 01.04.2022
DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_4
UDC 612.1; 613.72; 616.1

ИНДЕКС ХИЛЬДЕБРАНДТА У ЛЫЖНИКОВ И ТХЭКВОНДИСТОВ В ПОКОЕ И ПРИ СТАНДАРТНЫХ ВЕЛОЭРГОМЕТРИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

Ю.Г. Солонин
Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, г. Сыктывкар, Россия

Аннотация. В условиях лаборатории обследованы 15 лыжников, развивающих выносливость, и 17 тхэквондистов, развивающих скоростную силу. У спортсменов с помощью системы Oxycon Pro (Германия) в покое и при различных нагрузках на велоэргометре регистрировали показатели кровообращения и дыхания. У лыжников выявлены более высокие значения жизненной емкости легких и жизненного индекса, индекса Скибинской, максимального потребления кислорода, но пониженные значения частоты сердечных сокращений, двойного произведения и индекса Хильдебрандта в покое и при нагрузках. Тхэквондисты отличаются от лыжников повышенным индексом массы тела и более высокими силовыми показателями (сила и силовой индекс), повышенной «пульсовой и прессорной стоимостью» физических нагрузок.
Ключевые слова: лыжники, тхэквондисты, велоэргометрические нагрузки, кровообращение, дыхание, индекс Хильдебрандта.

HILDEBRANDT INDEX IN SKIERS AND TAEKWONDO ATHLETES AT REST AND UNDER STANDARD BICYCLE ERGOMETRIC LOADS

Yu.G. Solonin
Komi Institute of Physiology of the Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia

Annotation. This study included examination of 15 skiers, developing endurance, and 17 taekwondo athletes, developing speed strength, under laboratory conditions. By using the Oxycon Pro system, we registered indicators of blood parameters and respiration in athletes. Skiers revealed higher values of lung capacity and vital index, Skibinskaya index, maximum oxygen consumption, but lower values of heart rate, double product, and Hildebrandt index at rest and under loads. Taekwondo athletes differ from skiers by an increased body mass index and higher strength indicators (strength and power index), increased “pulse and pressor cost” of physical loads.
Keywords: skiers, taekwondo athletes, bicycle ergometric loads, blood circulation, respiration, Hildebrandt index.

Введение. Сердечно-дыхательный синхронизм и его показатель, названный индексом Хильдебрандта (ИХ), давно применяется в физиологии человека и медицине [1-4]. Авторами выявлены изменения ИХ при возрастающих физических нагрузках в сторону увеличения. При этом по такому показателю не было сравнения между представителями различных видов спорта. Общеизвестно, что занятия различными видами спорта сказываются на морфофункциональных и физиологических показателях человека. В литературе чаще встречаются данные об особенностях организма представителей отдельных видов спорта [5-9]. Данные о сравнении физиологических особенностей организма спортсменов, развивающих выносливость и скоростную силу, единичны [10-11]. Поэтому представляется интересным сравнить на единой

методической основе, в том числе и по значениям ИХ, функциональное состояние лыжников, развивающих выносливость, и тхэквондистов, развивающих скоростную силу.

Цель работы – сравнить морфофункциональные и физиологические данные и показатели кровообращения и дыхания, а также ИХ, в покое и при физических нагрузках у лыжников и тхэквондистов.

Методы и организация исследования. В комфортных условиях лаборатории в теплый период года обследованы 15 лыжников и 17 тхэквондистов мужского пола, проживающих в Республике Коми. В обеих выборках были представлены примерно в одинаковой пропорции разрядники (около 40%), кандидаты в мастера спорта (около 30%) и мастера спорта (около 30%). Все они дали письменное согласие на тестирование. Исследования были одобрены локальным комитетом по биоэтике при Институте физиологии Коми НЦ УрО РАН.

Общепринятыми методами определяли морфофункциональные и физиометрические показатели. Жизненную емкость легких (ЖЕЛ) определяли сухим спирометром. Частоту сердечных сокращений (ЧСС) и артериальное давление (систолическое – СД и диастолическое – ДД) измеряли электронным прибором модели UA-767 (A&D Company Ltd., Япония). Рассчитывали индекс массы тела (ИМТ), силовой индекс (сила/масса тела – СИ), жизненный индекс (ЖЕЛ/масса – ЖИ), двойное произведение (ДП) по Робинсону, вегетативный индекс Кердо (ВИК), кардиореспираторный индекс Скибинской (ИС).

Спортсмены были протестированы на велоэргометре с регистрацией кардиореспираторных показателей (ЧСС, СД, ДД, частота дыхания – ЧД, дыхательный объем – ДО, минутный объем дыхания – МОД, потребление кислорода – ПК, степень насыщения крови кислородом – SO_2, кислородный пульс – КП) с помощью системы Oxycon Pro (Германия) и расчетом ДП, коэффициента использования кислорода в легких – $КИО_2$ и индекса Хильдебрандта – ИХ, полученного путем деления ЧСС на ЧД. После 5-минутного сидения на велоэргометре в покое им последовательно предъявлялись стандартные нагрузки мощностью 50 Вт, 100 Вт и 150 Вт длительностью по 5 минут каждая. Максимальное потребление кислорода (МПК) или аэробный порог рассчитывали по номограмме Astrand, исходя из значений ЧСС и потребления кислорода в конце нагрузки мощностью 150 Вт.

Полученные материалы подвергнуты статистической обработке с помощью программ Statistica 6.0 и Biostat (версия 4.03) с проверкой вариационных рядов на характер распределения (по критерию Шапиро-Уилка). Для показателей с нормальным или близким к нормальному распределением приведены средние арифметические величины с их ошибками (M±m). Различия считали статистически значимыми при $p<0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Данные таблицы 1 показывают, что сопоставляемые выборки спортсменов идентичны по возрасту. Но у лыжников несколько выше рост и ниже масса тела, поэтому у них статистически значимо ниже, чем у тхэквондистов, индекс массы тела. Тхэквондисты обладают более высокими силовыми показателями (сила рук и силовой индекс), разница статистически значима. Переносимость гипоксемии (данные проб с задержкой дыхания) близка в обеих выборках.

Значения ЖЕЛ и ЖИ статистически значимо выше у лыжников, чем у тхэквондистов. По уровню СД обе группы примерно одинаковы, но по другим показателям центральной гемодинамики между ними имеются существенные различия. У лыжников статистически значимо ниже ДД, ЧСС, ДП, ВИК. Индекс Скибинской значимо выше у лыжников.

В положении сидя на велоэргометре (табл. 2) у лыжников в сравнении с тхэквондистами статистически значимо ниже ЧСС, ДП, ИХ, ДО, МОД и ПК, но выше SO_2. Значения КП и $КИО_2$ близки в обеих выборках. Ситуация меняется при нагрузках

в 100 Вт и 150 Вт. При близких уровнях ПК у тех и других ЧСС у лыжников значимо ниже, а значения SO_2, КП и $КИО_2$ выше, чем у тхэквондистов. Показатели центральной гемодинамики (СД, ДД) в покое и при умеренных нагрузках (50 и 100 Вт) у лыжников и тхэквондистов примерно одинаковы. Однако более высокая нагрузка (150 Вт) выявляет разницу в реакциях СД в сопоставляемых выборках. Значения ЧСС, ДП и ИХ у лыжников статистически значимо ниже на всех этапах экспериментов. Показатели аэробной работоспособности в сопоставляемых выборках спортсменов также различны. Значения МПК гораздо выше у лыжников по сравнению с тхэквондистами.

Таблица 1

Сравнение морфологических, физиометрических и физиологических показателей у спортсменов (M±m)

Показатели	Норма	Лыжники, n=15	Тхэквондисты, n=17	Уровень различий, p
Возраст, лет		21,8±0,76	22,4±0,80	Сн
Рост, см		177,3±0,89	175,2±0,94	Сн
Масса тела, кг		71,8±1,38	73,3±1,25	Сн
ИМТ, кг/м²	20-25	22,8±0,33	24,1±0,37	<0,05
Сила правой кисти, кг		48,8±1,17	53,5±0,92	<0,001
Сила левой кисти, кг		45,7±0,99	49,8±0,89	<0,001
Силовой индекс, %	≥66	68,1±1,34	73,4±1,79	<0,01
Проба Штанге, с	≥50	77,0±3,84	79,2±2,92	Сн
Проба Генчи, с	≥30	43,4±2,70	41,8±2,22	Сн
ЖЕЛ, мл		4998±105	4580±101	<0,001
ЖИ, мл/кг	≥56	69,9±1,34	62,5±1,49	<0,001
СД, мм рт.ст.	100-140	126±1,79	128±1,69	Сн
ДД, мм рт.ст.	60-90	69±1,60	72±1,25	<0,05
ЧСС, уд/мин	55-75	55±1,66	64±1,92	<0,001
ДП, усл.ед.	<94	68±2,50	79±1,06	<0,001
ВИК, %	(-10)-(+10)	-27,8±3,94	-17,5±4,47	<0,05
ИС, баллы	>31	72±4,60	60±4,21	<0,05

Примечание: здесь и в следующей таблице «Сн» означает статистически незначимые различия

Таблица 2

Сравнение показателей нагрузочного тестирования у спортсменов (M±m)

Показатели и нагрузки	Лыжники, n=15	Тхэквондисты, n=17	Уровень различий, p
ЧСС, уд/мин: покой	50±1,38	75±1,13	<0,001
50 Вт	84±2,00	97±2,59	<0,01
100 Вт	99±2,19	119±2,84	<0,001
150 Вт	115±2,52	140±2,96	<0,001
СД, мм рт.ст.: покой	109±1,95	108±1,88	Сн
50 Вт	117±1,80	118±2,19	Сн
100 Вт	129±2,02	133±2,95	Сн
150 Вт	143±2,48	155±3,17	<0,01

Продолжение таблицы 2

ДД, мм рт.ст.: покой	73±1,53	72±1,64	Сн
50 Вт	71±1,84	72±1,92	Сн
100 Вт	69±1,35	72±2,29	Сн
150 Вт	70±2,19	73±2,65	Сн
ДП, усл. ед.: покой	55±1,88	80±1,97	<0,001
50 Вт	95±3,07	115±4,56	<0,01
100 Вт	126±3,43	156±5,88	<0,001
150 Вт	162±4,46	218±6,53	<0,001
ЧД, цикл/мин: покой	17,0±0,64	17,1±0,61	Сн
50 Вт	18,8±0,68	18,3±0,62	Сн
100 Вт	21,3±0,54	21,4±0,87	Сн
150 Вт	24,6±0,74	24,8±0,95	Сн
ИХ=ЧСС/ЧД, уд/цикл:			
покой	2,92±0,07	4,38±0,07	<0,001
50 Вт	4,39±0,08	5,27±0,08	<0,001
100 Вт	4,58±0,09	5,54±0,08	<0,001
150 Вт	4,61±0,08	5,62±0,09	<0,001
ДО, мл: покой	670±29	910 ± 44	<0,001
50 Вт	1450 ± 44	1470±60	Сн
100 Вт	1755 ± 44	1930±63	Сн
150 Вт	2030 ± 67	2200±60	Сн
МОД, л: покой	11,3±0,41	14,8±0,61	<0,001
50 Вт	27,1±0,57	25,7±0,55	Сн
100 Вт	37,0±0,71	39,7±1,02	Сн
150 Вт	59,3±1,21	53,9±1,37	Сн
ПК, мл/мин: покой	390±20	538±28	<0,001
50 Вт	1208±20	1125±16	<0,05
100 Вт	1706±19	1690±19	Сн
150 Вт	2305±31	2230±35	Сн
$КИО_2$, мл/л: покой	34,8±0,97	35,5±0,84	Сн
50 Вт	44,6±0,66	43,8±0,64	Сн
100 Вт	46,5±0,78	43,0±0,76	<0,01
150 Вт	46,4±0,77	42,1±0,83	<0,001
КП, мл/уд: покой	7±0,40	7,4±0,42	Сн
50 Вт	14,9±0,39	12,0±0,39	<0,001
100 Вт	17,9±0,49	14,6±0,36	<0,001
150 Вт	20,5±0,47	16,1±0,38	<0,001
SO_2, %: покой	98,5±0,11	98,0±0,15	<0,01
50 Вт	96,8±0,43	95,1±0,70	<0,05
100 Вт	97,1±0,48	94,6±0,70	<0,01
150 Вт	96,9±0,44	93,4±0,88	<0,01
МПК, л/мин	5,36±0,15	3,86±0,16	<0,001
мл/мин*кг	73,9±1,87	54,5±2,30	<0,001

При анализе динамики ИХ у спортсменов разных видов спорта выявляется статистически значимый рост этого показателя от покоя к нагрузке 50 Вт ($p<0,001$). С увеличением нагрузки до 100 Вт и 150 Вт отмечается лишь тенденция к росту ИХ у лыжни-

ков, но значимое увеличение ИХ у тхэквондистов между нагрузками от 50 Вт к 100 Вт ($p<0,05$) и тенденция к росту нагрузки от 100 Вт к 150 Вт. Таким образом, у менее выносливых тхэквондистов проявляется более выраженный сердечно-дыхательный синхронизм по данным ИХ.

Как показывают полученные нами данные, лыжники, выполняющие преимущественно аэробные нагрузки и развивающие выносливость, имеют в сравнении с тхэквондистами более высокие ЖЕЛ и ЖИ, ИС, отражающие большие возможности кардиореспираторной системы, но более низкие значения ЧСС (брадикардия), ИХ, ДД, ДП, характеризующие повышенную тренированность сердечно-сосудистой системы и организма в целом. Более низкий уровень ВИК у лыжников указывает на преобладание у них парасимпатического влияния вегетатики на кровообращение. О высокой аэробной работоспособности и более экономной работе сердечно-сосудистой системы у лыжников свидетельствуют и данные литературы [12-13].

Тхэквондисты, развивающие скоростную силу, отличаются от лыжников более высокими силовыми показателями как абсолютными, так и удельными (на единицу массы тела). На существенную силу и высокую анаэробную работоспособность тхэквондистов и других представителей единоборств указывают и данные литературы [5, 14].

Как следует из таблицы 2, значение ЧСС у лыжников как в покое, так и при нагрузках гораздо ниже, чем у тхэквондистов, что позволяет говорить не только об экономной работе сердца, но и о меньшей «пульсовой стоимости» стандартных физических нагрузок у лыжников, выполняющих аэробные нагрузки и развивающих выносливость. Показатели центральной гемодинамики (СД и ДД) в покое и при умеренных нагрузках (50 и 100 Вт) у лыжников и тхэквондистов примерно одинаковы. Однако, более высокая нагрузка (150 Вт) выявляет разницу в реакциях СД в сопоставляемых выборках. У тхэквондистов «прессорная стоимость» этих нагрузок более велика. А такой показатель, как ДП, отражающий механическую работу сердца, существенно выше у тхэквондистов как в покое, так и особенно при физических нагрузках. Можно сказать, что менее тренированное сердце дает «избыточные реакции» на стандартные физические нагрузки.

О более экономной работе организма лыжников свидетельствуют более низкие значения дыхательных функций (ДО и МОД) и ПК в покое по сравнению с тхэквондистами. При нагрузках организм лыжников и тхэквондистов требует примерно одинаковых уровней МОД и ПК, и это означает, что «вентиляционная» и «кислородная стоимость» стандартных физических нагрузок в диапазоне от 50 до 150 Вт у спортсменов этих видов спорта не отличается.

Уже в покое, а также при всех предъявляемых нагрузках, у лыжников выше сатурация крови кислородом, что характерно для людей, развивающих аэробную способность. Более высокая эффективность кардиореспираторной системы у лыжников проявляется при нагрузках. Это выражается в более высоких значениях КП (с каждой систолой переносится больше кислорода) и $КИО_2$ (из каждого литра альвеолярного воздуха кровью извлекается больше кислорода). В покое различия в этих показателях отсутствуют.

Значения МПК (абсолютные и удельные – на единицу массы тела), характеризующие аэробную производительность или аэробный порог, у лыжников гораздо выше, чем у тхэквондистов, что ещё раз подтверждает несравненно более высокую у них тренированность кардиореспираторной системы и стайерскую выносливость организма. В литературе также имеются данные о высокой аэробной способности у лыжников [12-13] и о низкой аэробной, но высокой анаэробной способности у тхэквондистов [5, 14].

Метод сердечно-дыхательного синхронизма, предложенный В.М. Покровским с соавторами [1], можно использовать в качестве модели, позволяющей оценить

регуляторно-адаптивные возможности организма человека. Взаимодействие двух основных систем жизнеобеспечения – кровообращения и дыхания – всегда оставалось предметом пристального внимания физиологов и врачей [3].

Одним из показателей синхронизации работы сердца и дыхания у человека является ИХ, который информативен и характеризуется простотой и доступностью. Группой авторов [2] 10 спортсменам предложена возрастающая этапно-дозированная физическая нагрузка на велоэргометре. По мере увеличения физической нагрузки ИХ повышался. Этот показатель используется авторами как доступный критерий физиологических затрат организма.

По другим данным [4] у 16 обследованных лиц также наблюдалось повышение ИХ, что явилось признаком прекращения интенсивной физической нагрузки и критерием диагностики отказа, в частности, у велосипедистов.

Полученные нами значения ИХ у лыжников и тхэквондистов при возрастающих физических нагрузках на велоэргометре согласуются с данными литературы [2, 4] по оценке физиологических затрат на похожих велоэргометрических тестах. Но мы впервые выявили еще и существенные статистически значимые различия по уровням ИХ у лыжников и тхэквондистов.

Отмеченные выше высокие способности кардиореспираторной системы лыжников позволяют им совершать стайерские многокилометровые и многочасовые гонки на лыжах, а силовые и скоростные преимущества тхэквондистов позволяют участвовать им в кратковременных единоборствах, при которых требуются повышенные силу и скорость движений.

Заключение. У лыжников, развивающих выносливость, выявляется экономизация функций кровообращения как в покое, так и при стандартных физических нагрузках, повышенную эффективность кардиореспираторной системы и высокий аэробный порог. У тхэквондистов, развивающих скоростную силу, по сравнению с лыжниками выше индекс массы тела, повышены силовые показатели (сила рук и силовой индекс), «пульсовая» и «прессорная» стоимость стандартных физических нагрузок. Для выявления особенностей организма спортсменов, развивающих разные спортивные качества, особенно информативны исследования кардиореспираторных показателей при значительных физических нагрузках (150 Вт и более).

Благодарность. Автор выражает благодарность кандидатам биологических наук Гарнову И.О. и Логиновой Т.П. за организацию и проведение тестирования спортсменов на велоэргометре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сердечно-дыхательный синхронизм у человека / Покровский В. М., Абушкевич В. Г., Новикова В. А. [и др.] // Кубанский научный медицинский вестник. – 2000. – № 2. – С. 42–47.
2. Индекс Хильдебрандта как интегральный показатель физиологических затрат у спортсменов в процесс возрастающей этапно-дозированной физической нагрузки / Фудин Н. А., Судаков К. В., Хадарцев А. А. [и др.] // Вестник новых медицинских технологий. – 2011. – Т. 18. – № 3. – С. 244–248.
3. Заболотских, А. И. Влияние пробы сердечно-дыхательного синхронизма на основные -параметры центральной гемодинамики / А. И. Заболотских, Н. В. Заболотских // Кубанский научный медицинский вестник. – 2014. – № 5 (147). – С. 52–55.
4. Классина, С. Я. Индекс Хильдебрандта как прогностический критерий отказа от интенсивной физической нагрузки / С. Я. Классина // Наука и спорт: современные тенденции. – 2019. – Т. 7. – № 2. – С. 68–73.
5. Physical and physiological profiles of taekwondo athletes / Bridge C. A., Ferreira da Silva Santos J., Chaabene H. [et al] // Sports Med. – 2014. – Vol. 44. – № 6. – pp. 713–733.
6. High-intensity interval training and athletic performance in Taekwondo athletes / Monks L.,

Seo M.-W., Kim H.-B. [et al] // J. Sports Med. Phys. Fitness. – 2017. – Vol. 57. – № 10. – pp. 1252–1260.
7. Polat, M. Seasonal variations in body compositions, maximal oxygen uptake, and gas exchange threshold in cross-country skiers / M. Polat, E. S. Korkmaz, S. Aydogan // Open Access J. Sports Med. – 2018. – Vol. 9. – № 3. – pp. 91–97.
8. Аэробные и скоростно-силовые возможности лыжников в конце подготовительного и начале соревновательного периодов подготовки / Бутков А. Д., Лысенко Е. А., Лемешева Ю. С. [и др.] // Физиология человека. – 2017. – Т. 43. – № 3. – С. 57–63.
9. Кардиореспираторная система при велоэргометрическом тестировании у лыжников Республики Коми с разной степенью тренированности / Солонин Ю. Г., Логинова Т. П., Гарнов И. О. [и др.] // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2019. – № 1. – С. 76–84.
10. Замчий, Т. П. Особенности региональной гемодинамики спортсменов, развивающих выносливость, силу и силовую выносливость / Т. П. Замчий, Ю. П. Салова, Ю. В. Корягина // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2012. – № 7. – С. 23–27.
11. Сравнение физиологических показателей и их реакций на физические нагрузки у лыжников-гонщиков и тхэквондистов / Солонин Ю. Г., Бойко Е. Р., Марков А. Л. [и др.] // Спортивная медицина: наука и практика. – 2015. – № 2(19). – С. 33–38.
12. Physical and physiological factors associated with success in professional alpine skiing / Neumayr G., Hoertnagl H., Pfister R. [et al] // Int. J. Sports Med. – 2003. – Vol. 24. – № 8. – pp. 571–575.
13. Metabolic rate and gross efficiency at high work rates in world class and national level sprint skiers / O. Sandbakk, H.-C. Holmberg, S. Leirdal, G. Ettema // Eur. J. Appl. Physiol. – 2010. – Vol. 109. – № 3. – pp. 473–481.
14. Ball, N. Anthropometrical, physiological, and tracked power profiles of elite taekwondo athletes 9 weeks before the Olympic competition phase / N. Ball, E. Nolan, K. Wheeler // J. Strength Cond. Res. – 2011. – Vol. 25. – № 10. – pp. 2752–2763.

REFERENCES

1. Pokrovskij V.M., Abushkevich V.G., Novikova V.A., Potyagajlo E.G., Pokhot'ko A.G., Tatulyan V.A., Khakon S.M., Kharitonova E.V. Cardio-respiratory synchronization in humans. *Kuban Scientific Medical Bulletin*, 2000, no. 2, pp. 42–47. (in Russ.)
2. Fudin N.A., Sudakov K.V., Khadartsev A.A., Klassina S.Ya., Chernyshev S.V. Hildebrandt index as an integral indicator of physiological costs in athletes within the process of increasing stage-dosed physical activity. *Bulletin of New Medical Technologies*, 2011, vol. 18, no. 3, pp. 244–248. (in Russ.)
3. Zabolotskikh A.I., Zabolotskikh N.V. Effect of the cardio-respiratory synchronization test on the main parameters of central hemodynamics. *Kuban Scientific Medical Bulletin*, 2014, no. 5(147), pp. 52–55. (in Russ.)
4. Klassina S.Ya. Hildebrandt index as a prognostic criterion for rejection of intense physical activity. *Science and Sports: Modern Tendencies*, 2019, vol. 7, no. 2, pp. 68–73. (in Russ.)
5. Bridge C.A., Ferreira da Silva Santos J., Chaabene H., Pieter W., Franchini E. Physical and physiological profiles of taekwondo athletes. *Sports Med*, 2014, vol. 44, no. 6, pp. 713–733.
6. Monks L., Seo M.-W., Kim H.-B., Jung H.C., Song J.K. High-intensity interval training and athletic performance in Taekwondo athletes. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 2017, vol. 57, no. 10, pp. 1252–1260.
7. Polat M., Korkmaz E.S., Aydogan S. Seasonal variations in body compositions, maximal oxygen uptake, and gas exchange threshold in cross-country skiers. *Open Access J. Sports Med*, 2018, vol. 9, no. 3, pp. 91–97.
8. Butkov A.D., Lysenko E.A., Lemesheva Yu.S., Ustyuzhanin D.V., Grushin A.A., Vinogradova O.L., Popov D.V. Aerobic and speed-strength capabilities of skiers at the end of the preparatory and the beginning of the competitive periods of training. *Human Physiology*, 2017, vol. 43, no. 3, pp. 57–63. (in Russ.)
9. Solonin Yu.G., Loginova T.P., Garnov I.O., Markov A.L., Chernykh A.A., Boiko E.R. Cardiorespiratory system during bicycle ergometric testing in skiers of the Republic of Komi with different degrees of training. *Ulyanovsk Medico-Biological Journal*, 2019, no. 1, pp. 76–84. (in Russ.)
10. Zamchij T.P., Salova Yu.P., Koryagina Yu.V. Features of regional hemodynamics of athletes developing endurance, strength and endurance strength. *Therapeutic Physical Culture and Sports Medicine*, 2012, no. 7, pp. 23–27. (in Russ.)
11. Solonin Yu.G., Bojko E.R., Markov A.L., Varlamova N.G., Garnov I.O., Loginova T.P., Martynov N.A., Rastorguev I.A., Chernykh A.A. Comparison of physiological indicators and their responses to physical activity in ski racers and taekwondo athletes. *Sports Medicine: Science and Practice*, 2015, no. 2(19), pp. 33–38. (in Russ.)

12. Neumayr G., Hoertnagl H., Pfister R., Koller A., Eibl G., Raas E. Physical and physiological factors associated with success in professional alpine skiing. *Int. J. Sports Med*, 2003, vol. 24, no. 8, pp. 571–575.
13. Sandbakk O., Holmberg H.-C., Leirdal S., Ettema G. Metabolic rate and gross efficiency at high work rates in world class and national level sprint skiers. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 2010, vol. 109, no. 3, pp. 473–481.
14. Ball N., Nolan E., Wheeler K. Anthropometrical, physiological, and tracked power profiles of elite taekwondo athletes 9 weeks before the Olympic competition phase. *J. Strength Cond. Res.*, 2011, vol. 25, no. 10, pp. 2752–2763.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Юрий Григорьевич Солонин – доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник Института физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, e-mail: solonin@physiol.komisc.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Yurij Grigor'evich Solonin – Doctor of Medical Sciences, Professor, Leading Researcher, the Komi Institute of Physiology of the Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, e-mail: solonin@physiol.komisc.ru.

Для цитирования: Солонин, Ю. Г. Индекс Хильдебрандта у лыжников и тхэквондистов в покое и при стандартных велоэргометрических нагрузках / Ю. Г. Солонин // Российский журнал спортивной науки: медицина, физиология, тренировка. – 2022. – Т. 1. – № 1. DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_4

For citation: Solonin Yu.G. Hildebrandt index in skiers and taekwondo athletes at rest and under standard bicycle ergometric loads. *Russian Journal of Sports Science: Medicine, Physiology, Training*, 2022, vol. 1, no. 1. DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_4

СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА

Дата публикации: 01.04.2022
DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_5
УДК 612.816; 796.034.6

Publication date: 01.04.2022
DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_5
UDC 612.816; 796.034.6

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ НЕРВНО-МЫШЕЧНОГО АППАРАТА У ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОК РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СПОРТА

С.М. Абуталимова, С.В. Нопин, Ю.В. Корягина
ФГБУ «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства», г. Ессентуки, Россия

Аннотация. Целью исследования явилось изучение и сравнение параметров функционального состояния нервно-мышечного аппарата женщин спортсменок с разной направленностью тренировочного процесса. В исследовании приняли участие 41 спортсменка женского пола специализаций тяжелая атлетика, легкая атлетика, триатлон, биатлон, художественная гимнастика. Были выявлены: более высокие значения моторного ответа (площадь, амплитуда) у спортсменок, тренирующих скорость, силу и выносливость (легкая атлетика, тяжелая атлетика, биатлон, триатлон); более высокие значения скорости распространения возбуждения по двигательным волокнам малоберцового нерва у спортсменок со скоростно-силовой направленностью (легкая атлетика, тяжелая атлетика); более низкие значения резидуальной латентности у спортсменок сложнокоординационных видов спорта. Следовательно, в результате проведенного исследования были выявлены особенности нервно-мышечной системы у спортсменок разных видов спорта.

Ключевые слова: нервно-мышечный аппарат, стимуляционная электронейромиография, женщины-спортсменки, половой диморфизм.

FEATURES OF FUNCTIONAL STATE OF THE NEUROMUSCULAR SYSTEM IN ELITE FEMALE ATHLETES OF DIFFERENT SPORTS

S.M. Abutalimova, S.V. Nopin, Yu.V. Koryagina
FSBI “North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency”, Essentuki, Russia

Annotation. The purpose of this study was to examine and compare parameters of the neuromuscular system’s functional state of female athletes with different direction of the training process. The study involved 41 female athletes specialized in weightlifting, track-and-field, triathlon, biathlon, rhythmic gymnastics. We have discovered higher values of the motor response (area, amplitude) in athletes, who train speed, power and endurance (track-and-field, weightlifting, biathlon, triathlon); higher values of nerve conduction velocity along the motor fibers of the peroneal nerve in athletes specialized in the speed-power direction (track-and-field, weightlifting); lower values of residual latency in athletes of complex coordination sports. Therefore, as a result of the conducted research, we revealed features of the neuromuscular system in female athletes engaged in different sports.

Keywords: neuromuscular system, stimulation electroneuromyography, female athletes, sexual dimorphism.

Введение. Характерные особенности функционирования нервно-мышечного аппарата (НМА) формируются в процессе длительной спортивной подготовки [1-3]. Известно, что физиологические процессы, связанные с адаптацией НМА спортсмена к регулярной физической нагрузке непосредственно обеспечивают высокий спортивный результат [4-6]. При этом, направленность тренировочного процесса и специфичность нагрузки оказывают влияние на функциональное состояние НМА спортсменов. В настоящее время большая часть проведенных исследований,

касающихся оценки работы нервно-мышечной системы проведена у спортсменов мужского пола [7-8]. Актуальность работы обусловлена не только исследованием параметров работы НМА у спортсменов женского пола, но и выявлением взаимосвязей между направленностью тренировочного процесса и показателями моторного ответа при проведении стимуляционной электронейромиографии.

Цель исследования: изучить и сравнить параметры функционального состояния нервно-мышечного аппарата женщин спортсменок с разной направленностью тренировочного процесса.

Методы и организация исследования. В исследовании приняли участие 41 спортсменка специализаций тяжелая атлетика (7 человек), легкая атлетика (спринтеры, средневики 13 человек), триатлон (6 человек), биатлон (6 человек), художественная гимнастика (9 человек). Средний возраст спортсменов 21,4±4,1 года. Исследование проводилось с помощью методики стимуляционной электронейромиографии на 4-х канальном АПК Нейро-МВП (Нейрософт, г. Иваново). Проводилась регистрация моторного ответа с поверхностного разгибателя пальцев стопы, иннервируемого n. Peroneus. Анализировались параметры моторного ответа: латентность, резидуальная латентность, амплитуда, площадь, длительность моторного ответа, скорость распространения возбуждения по нерву (СРВ). Статистическая обработка данных проводилась с помощью непараметрического U-критерия Манна-Уитни программы Statistica 13.0.

Результаты исследования и их обсуждение. Исследование латентности в точке стимуляции «предплюсна» справа показало достоверное отличие ($p \leqslant 0,04$) параметров между спортсменками специализаций легкая атлетика (3,7±0,5 мс) и триатлон (4,3±0,7 мс). В других точках стимуляции значения латентности тяжелоатлеток («головка малоберцовой кости» – 9,5±0,9 мс, «подколенная ямка» – 10,9±0,9 мс) достоверно отличались от параметров триатлонисток («головка малоберцовой кости» – 10,8±1,0 мс, $p \leqslant 0,03$; «подколенная ямка» – 12,4±0,9 мс, $p \leqslant 0,03$) и гимнасток («головка малоберцовой кости» – 11,2±1,0 мс, $p \leqslant 0,008$; «подколенная ямка» – 13,6±1,5 мс, $p \leqslant 0,01$) (рис. 1).

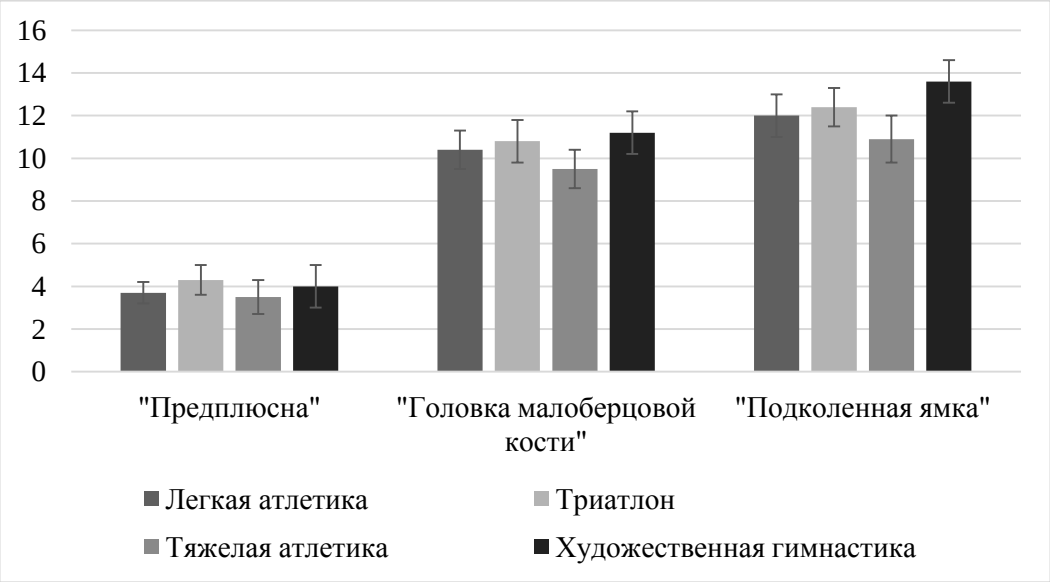

Рис. 1. Параметры латентности моторного ответа справа у спортсменок специализаций легкая атлетика, тяжелая атлетика, триатлон, художественная гимнастика

Параметры латентности в точке стимуляции «предплюсна» у тяжелоатлеток (3,3±0,8 мс) слева ниже, чем у легкоатлеток (3,9±0,3 мс, p⩽0,04), триатлонисток (4,6±1,1 мс, p⩽0,02), биатлонисток (4,8±1,4 мс, p⩽0,01). Кроме того, значения латентности биатлонисток (4,8±1,4 мс) также статистически значимо отличались от параметров гимнасток (3,6±0,5 мс, p⩽0,01) и легкоатлеток (3,9±0,3 мс, p⩽0,04). В точке стимуляции «головка малоберцовой кости» параметры латентности у тяжелоатлеток (9,4±1,1 мс) были также ниже в сравнении со спортсменками, специализирующимися в легкой атлетике (10,7±0,9 мс, p⩽0,03), художественной гимнастике (11,2±0,8 мс, p⩽0,02) и биатлоне (11,4±2,0 мс, p⩽0,05). В точке стимуляции «подколенная ямка» значения латентности у тяжелоатлеток (10,8±1,0 мс) статистически значимо отличались от параметров легкоатлеток (12,1±0,7 мс, p⩽0,02), триатлонисток (12,9±0,8 мс, p⩽0,005), биатлонисток (13,4±2,2 мс, p⩽0,01), гимнасток (13,2±1,3 мс, p⩽0,01) (рис. 2).

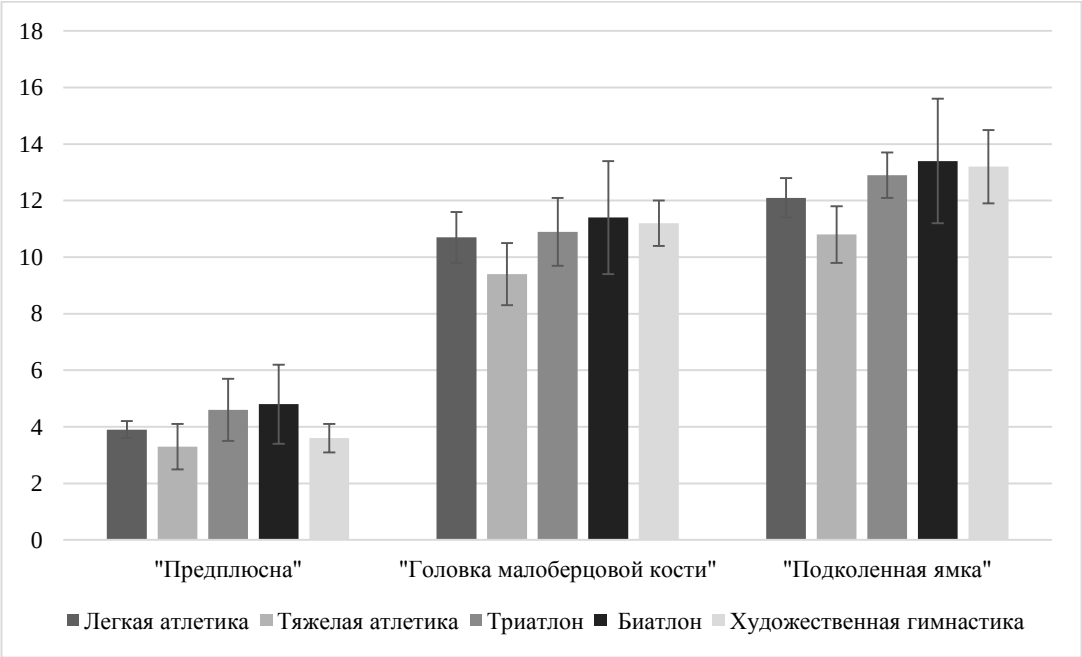

Рис. 2. Параметры латентности моторного ответа слева у спортсменок специализаций легкая атлетика, тяжелая атлетика, триатлон, биатлон, художественная гимнастика

Параметры резидуальной латентности справа достоверно отличались между спортсменками групп легкая атлетика (2,3±0,4 мс) и триатлон (3,0±0,7 мс, p⩽0,03). Слева были выявлены отличия при сравнении группы триатлонисток (3,0±0,6 мс) со спортсменками групп тяжелая атлетика (2,0±0,7 мс, p⩽0,02) и художественная гимнастика (2,0±0,5 мс, p⩽0,01). Параметры резидуальной латентности также отличались у спортсменок, специализирующихся в легкой атлетике (2,6±0,4 мс) и художественной гимнастике (2,0±0,5 мс, p⩽0,02) (рис. 3).

Анализ данных электромиографии (ЭМГ) показал, что значения амплитуды моторного ответа у спортсменок, специализирующихся в художественной гимнастике ниже, чем у спортсменок других видов спорта. Так, в точке стимуляции «предплюсна» справа амплитуда моторного ответа у гимнасток составила 3,8±1,0 мВ, а у легкоатлеток – 6,5±2,6 мВ (p⩽0,002), у тяжелоатлеток – 6,2±1,8 мВ (p⩽0,02), у биатлонисток – 6,4±1,6 мВ (p⩽0,003). В точке стимуляции «головка малоберцовой кости» справа параметры амплитуды

гимнасток (3,1±1,1 мВ) также были ниже, чем у легкоатлеток (6,7±2,8 мВ, p⩽0,003), тяжелоатлеток (6,2±2,1 мВ, p⩽0,02), триатлонисток (5,3±1,5 мВ, p⩽0,01) и биатлонисток (5,3±2,6 мВ, p⩽0,03). Аналогичные данные были получены при стимуляции малоберцового нерва в точке «подколенная ямка» справа. Амплитуда моторного ответа гимнасток (2,7±0,9 мВ) статистически значимо отличалась от параметров легкоатлеток (6,7±2,8 мВ, p⩽0,0002), триатлонисток (5,4±1,9 мВ, p⩽0,008), тяжелоатлеток (7,3±2,2 мВ, p⩽0,003), биатлонисток (5,8±1,1 мВ, p⩽0,002) (рис. 4).

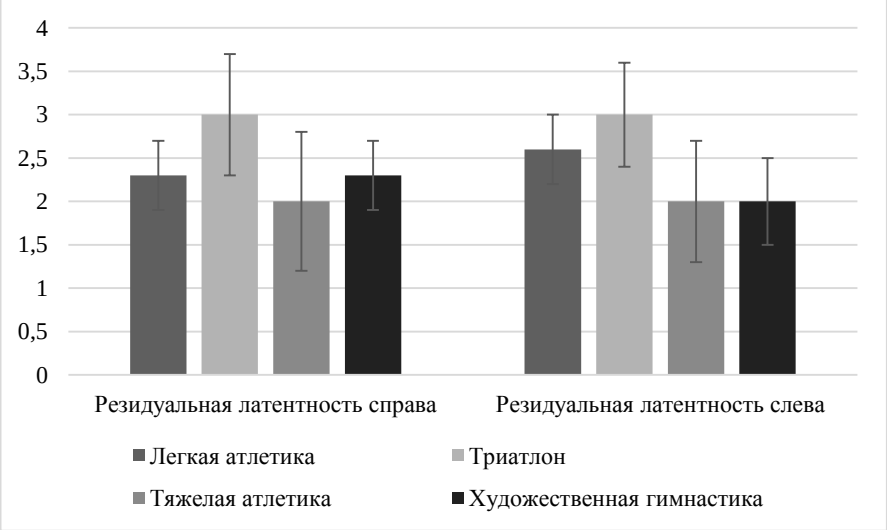

Рис. 3. Параметры резидуальной латентности у спортсменок специализаций легкая атлетика, тяжелая атлетика, триатлон, художественная гимнастика

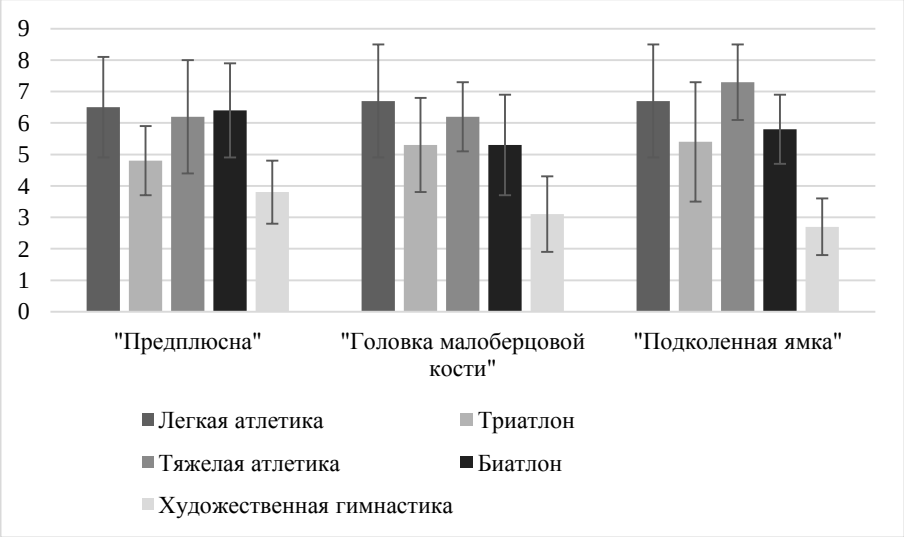

Рис. 4. Параметры амплитуды моторного ответа справа у спортсменок, специализирующихся в легкой атлетике, триатлоне, тяжелой атлетике, биатлоне, художественной гимнастике

Амплитуда моторного ответа при стимуляции малоберцового нерва в точке «предплюсна» слева у спортсменок, специализирующихся в легкой атлетике (6,9±2,0 мВ) выше, чем у триатлонисток (4,1±1,4 мВ, p⩽0,01) и гимнасток (4,6±1,7 мВ, p⩽0,008). В точке стимуляции «головка малоберцовой кости» параметры

амплитуды моторного ответа у легкоатлеток (6,5±2,4 мВ) также выше, чем у гимнасток (4,1±1,3 мВ, p⩽0,03). При стимуляции малоберцового нерва в точке «подколенная ямка» параметры амплитуды спортсменок, специализирующихся в художественной гимнастике (3,7±1,4 мВ) статистически значимо отличаются от легкоатлеток (6,7±2,1 мВ, p⩽0,001) и триатлонисток (5,0±0,5 мВ, p⩽0,03) (рис. 5).

Длительность моторного ответа у гимнасток выше, чем у тяжелоатлеток в точках стимуляции «предплюсна» справа (тяжелоатлетки – 5,6±1,0 мс, гимнастки – 6,7±0,8 мс, p⩽0,03), «головка малоберцовой кости» справа (тяжелоатлетки – 6,2±1,0 мс, гимнастки – 7,3±1,1 мс, p⩽0,02), «головка малоберцовой кости» слева (тяжелоатлетки – 6,3±0,8 мс, гимнастки – 7,1±0,7 мс, p⩽0,007) (рис. 6).

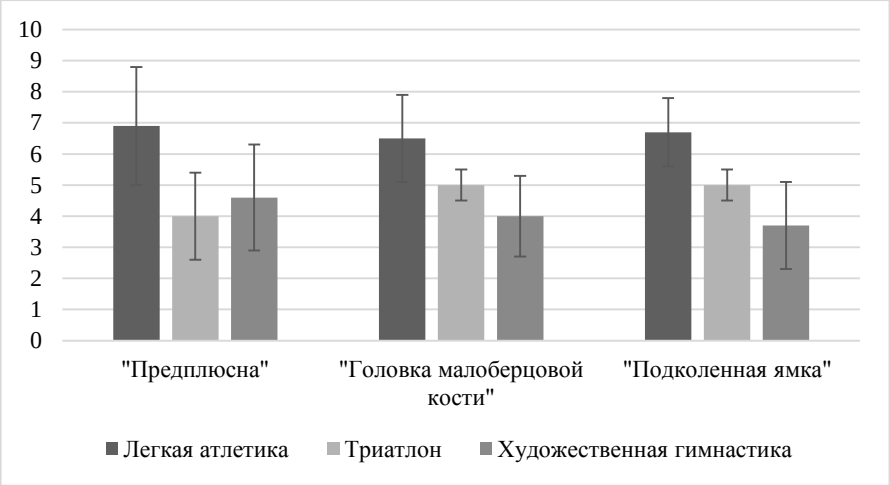

Рис. 5. Параметры амплитуды моторного ответа слева у спортсменок, специализирующихся в легкой атлетике, триатлоне, художественной гимнастике

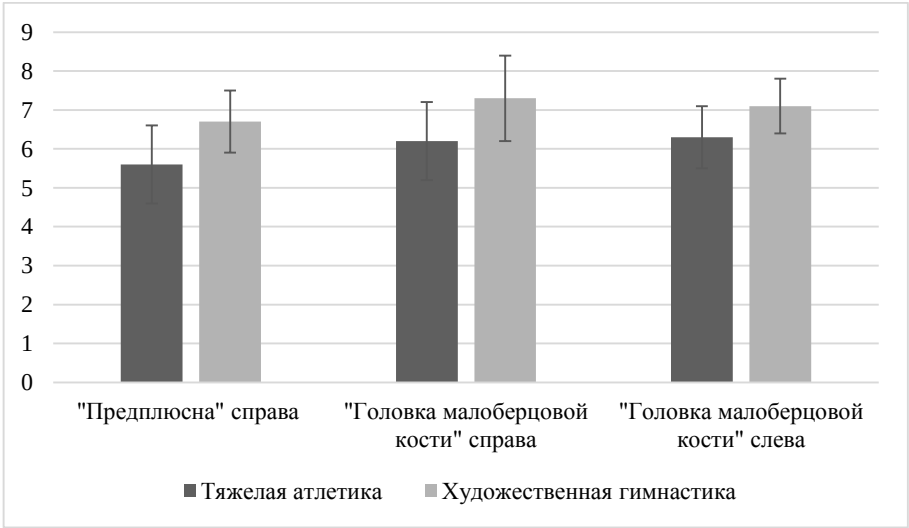

Рис. 6. Параметры длительности моторного ответа у спортсменок специализаций тяжелая атлетика, художественная гимнастика

В точке стимуляции «предплюсна» справа площадь моторного ответа у легкоатлеток (20,7±7,7 мВ×мс) выше, чем у гимнасток (14,0±4,1 мВ×мс, p⩽0,03). Отмечаются достоверные отличия между показателями триатлонисток (14,3±6,5 мВ×мс) и биатлонисток (21,3±6,5 мВ×мс, p⩽0,04). В точке стимуляции «головка малоберцовой кости» справа параметры площади моторного ответа легкоатлеток (22,3±9,1 мВ×мс) выше,

чем у гимнасток (11,8±4,9 мВ×мс, p⩽0,01). Значения площади моторного ответа у гимнасток (7,1±3,9 мВ×мс) статистически значимо отличаются от аналогичных параметров легкоатлеток (22,6±8,7 мВ×мс, p⩽0,0002), триатлонисток (17,3±5,1 мВ×мс, p⩽0,005), тяжелоатлеток (21,1±6,7 мВ×мс, p⩽0,003) и биатлонисток (19,8±4,8 мВ×мс, p⩽0,003) (рис. 7).

В точке стимуляции «предплюсна» слева параметры площади моторного ответа у легкоатлеток (21,6±6,5 мВ×мс) выше, чем у триатлонисток (12,9±5,4 мВ×мс, p⩽0,02), тяжелоатлеток (16,5±5,6 мВ×мс, p⩽0,03) и гимнасток (15,9±4,1 мВ×мс, p⩽0,04). В точке стимуляции «подколенная ямка» слева значения площади моторного ответа также отличались у спортсменок специализирующихся в легкой атлетике (22,3±7,9 мВ×мс) и художественной гимнастике (11,7±6,5 мВ×мс, p⩽0,006) (рис. 8).

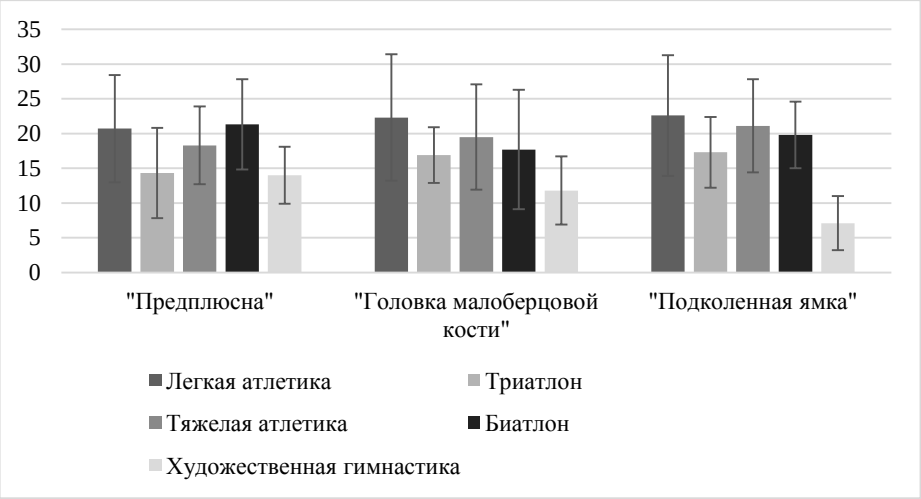

Рис. 7. Параметры площади моторного ответа справа у спортсменок, специализирующихся в легкой атлетике, триатлоне, тяжелой атлетике, биатлоне, художественной гимнастике

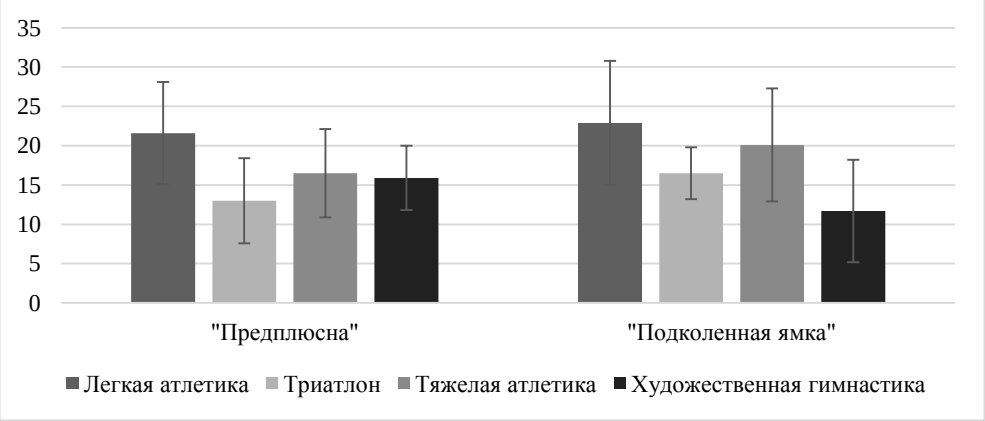

Рис. 8. Параметры площади моторного ответа слева у спортсменок, специализирующихся в легкой атлетике, триатлоне, тяжелой атлетике, художественной гимнастике

Скорость распространения возбуждения по нервному волокну при стимуляции малоберцового нерва в точке «головка малоберцовой кости» справа выше у тяжелоатлеток (55,8±4,5 м/с) в сравнении с легкоатлетками (50,1±3,4 м/с, p⩽0,008) и гимнастками (47,6±2,0 м/с, p⩽0,003).

У гимнасток (41,6±12,9 м/с) также регистрируются меньшие значения скорости распространения возбуждения по нервным волокнам при стимуляции малоберцового нерва в точке «подколенная ямка» справа, чем у легкоатлеток (59,4±7,4 м/с, $p \leqslant 0{,}001$), тяжелоатлеток (62,1±9,0 м/с, $p \leqslant 0{,}001$) и биатлонисток (61,5±4,2 м/с, $p \leqslant 0{,}002$) (рис. 9).

Скорость распространения возбуждения по нервному волокну при стимуляции малоберцового нерва в точке «головка малоберцовой кости» слева ниже у гимнасток (45,7±2,7 м/с) в сравнении с легкоатлетками (50,8±3,1 м/с, $p \leqslant 0{,}003$), триатлонистками (53,6±5,8 м/с, $p \leqslant 0{,}01$) и тяжелоатлетками (53,7±5,2 м/с, $p \leqslant 0{,}01$). Были выявлены достоверно более высокие значения в точке стимуляции «подколенная ямка» у спортсменок группы тяжелая атлетика (66±6,6 м/с) в сравнении с данными спортсменок групп биатлон (47,8±7,6 м/с, $p \leqslant 0{,}003$) и триатлон (46,7±6,9 м/с, $p \leqslant 0{,}01$). Параметры скорости распространения возбуждения у легкоатлеток (60,9±11,2 м/с) также выше, чем у биатлонисток (47,8±7,6 м/с, $p \leqslant 0{,}01$) и триатлонисток (46,7±6,9 м/с, $p \leqslant 0{,}008$) (рис. 10).

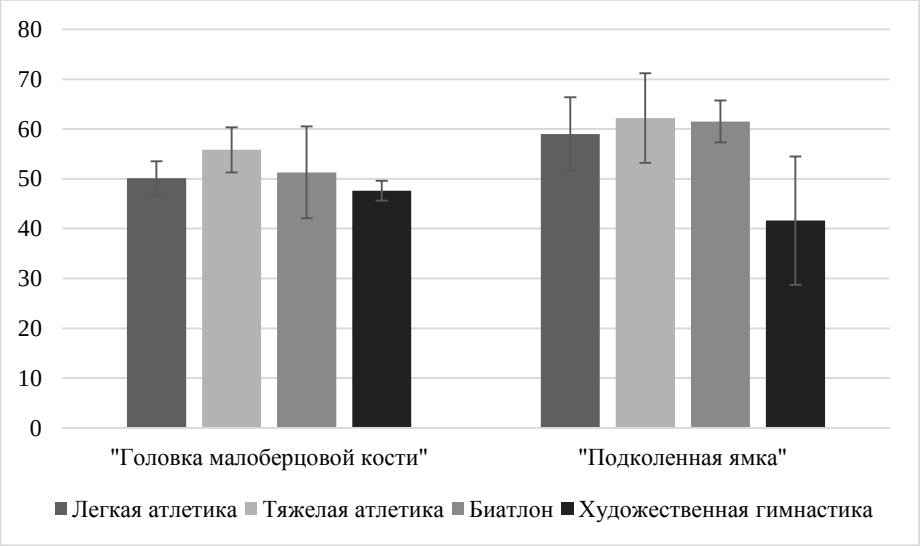

Рис. 9. Параметры скорости распространения возбуждения по нервным волокнам малоберцового нерва справа у спортсменок специализаций легкая атлетика, тяжелая атлетика, биатлон, художественная гимнастика

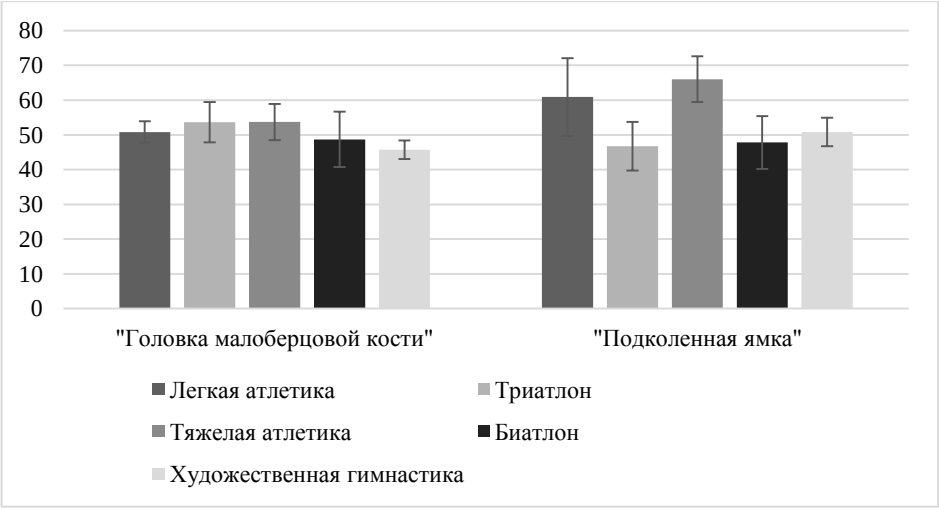

Рис. 10. Параметры скорости распространения возбуждения по нервным волокнам малоберцового нерва слева у спортсменок специализаций легкая атлетика, триатлон, тяжелая атлетика, биатлон, художественная гимнастика

Данные, полученные в результате исследования, показали, что параметры нервно-мышечной передачи отличаются у спортсменок разной специализации. При этом у спортсменок, тренирующих скорость, силу и выносливость (легкая атлетика, тяжелая атлетика, биатлон, триатлон), параметры моторного ответа выше, чем у спортсменок сложнокоординационных видов спорта (художественная гимнастика). Отмечаются более высокие значения скорости распространения возбуждения по двигательным волокнам малоберцового нерва у легкоатлеток и тяжелоатлеток в сравнении с триатлонистками и биатлонистками. При этом у спортсменок художественной гимнастики отмечаются более низкие значения резидуальной латентности в сравнении с группами спортсменок, специализирующихся в триатлоне и биатлоне.

Заключение. Таким образом, в результате проведенного исследования были выявлены особенности параметров нервно-мышечной передачи у спортсменок разных видов спорта. Наиболее высокие значения моторного ответа регистрируются у спортсменок, тренирующих скоростно-силовые качества и выносливость. При этом, более высокая скорость распространения возбуждения по нервным волокнам отмечается у спортсменок со скоростно-силовой направленностью тренировочного процесса, а более низкие значения резидуальной латентности – у группы сложнокоординационного вида спорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Замчий, Т. П. Морфологические, функциональные и психологические особенности спортсменов и спортсменок силовых видов спорта с позиции полового диморфизма / Т. П. Замчий, Ю. В. Корягина // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2011. – № 7(91). – С. 18–26.

2. Попова, И. Е. Нервно-мышечный аппарат и сегментарный состав конечностей квалифицированных прыгунов в воду / И. Е. Попова, А. В. Сысоев // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2020. – № 9(187). – С. 293–297.

3. Башкин, В. М. Исследование изменения функционального состояния нервно-мышечного аппарата спортсменов в течение различных тренировочных периодов / В. М. Башкин // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2009. – № 3. – С. 3–6.

4. Функциональные возможности нервно-мышечного аппарата девушек-боксеров высокого класса / А. Акопян, Л. Кулагина, О. Домуладжанова, У. Кремлев // Теория и практика физической культуры. – 2021. – № 1. – С. 88–89.

5. Корягина, Ю. В. Применение электронейромиографии в спортивной медицине / Ю. В. Корягина, Л. Г. Рогулева // Современные вопросы биомедицины. – 2018. – Т. 2. – № 1(2). – С. 31–43.

6. Нопин, С. В. Физиологический и биомеханический контроль функционального состояния двигательной системы спортсменов / С. В. Нопин, Ю.В. Корягина – Ессентуки: ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, 2021. – 176 с.

7. Михайлова, Е. А. Изменение параметров нейромышечного статуса спортсменов в течение соревновательного сезона / Е. А. Михайлова, Ю. А. Поварещенкова // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2010. – № 2(15). – С. 73–77.

8. Румянцева, Э. Р. Особенности адаптации нервно-мышечного аппарата бадминтонистов к асимметричным нагрузкам в тренировочном процессе / Э. Р. Румянцева, Е. В. Тарасова // Человек. Спорт. Медицина. – 2020. – Т. 20. – № 4. – С. 69–75.

REFERENCES

1. Zamchij T.P., Koryagina Yu.V. Morphological, functional and psychological features of male and female athletes of power sports from the position of sexual dimorphism. Therapeutic Physical Culture and Sports Medicine, 2011, no. 7(91), pp. 18–26. (in Russ.)

2. Popova I.E., Sysoev A.V. Neuromuscular apparatus and segmental composition of the limbs of qualified divers. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2020, no. 9(187), pp. 293–297. (in Russ.)

3. Bashkin V.M. Study of changes in the functional state of the neuromuscular apparatus of athletes

during various training periods. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2009, no. 3, pp. 3–6. (in Russ.)
4. Akopyan A.O., Kulagina L.A., Domuladzhanova O.V., Kremlev U.N. Functionality of the neuromuscular apparatus of elite female boxers. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2021, no. 1, pp. 88–89. (in Russ.)
5. Koryagina Yu.V., Roguleva L.G. The use of electroneuromyography in sports medicine. *Modern Issues of Biomedicine*, 2018, vol. 2, no. 12, pp. 31–43. (in Russ.)
6. Nopin S.V., Koryagina Yu.V. Physiological and biomechanical control of the functional state of the motor system of athletes. Essentuki: FSBI NCFRCC FMBA of Russia, 2021. – 176 p. (in Russ.)
7. Mikhajlova E.A., Povareshchenkova Yu.A. Changes in the parameters of the neuromuscular status of athletes during the competitive season. *Pedagogical-Psychological and Biomedical Problems of Physical Culture and Sports*, 2010, no. 2(15), pp. 73–77. (in Russ.)
8. Rumyantseva E.R., Tarasova E.V. Features of adaptation of the neuromuscular apparatus of badminton players to asymmetric loads in the training process. *Man. Sport. Medicine*, 2020, vol. 20, no. 4, pp. 69–75. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Сабина Маликовна Абуталимова – научный сотрудник центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки, e-mail: sabina190989@yandex.ru.
Сергей Викторович Нопин – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник центра медико-биологических технологий, ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки, e-mail: work800@yandex.ru.
Юлия Владиславовна Корягина – доктор биологических наук, профессор, руководитель центра медико-биологических технологий, ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки, e-mail: nauka@skfmba.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Sabina Malikovna Abutalimova – Researcher of the Center for Biomedical Technologies, FSBI "North Caucasian Federal Research-Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency", Essentuki, e-mail: sabina190989@yandex.ru.
Sergej Victorovich Nopin – Candidate of Technical Sciences, Lead Researcher of the Center for Biomedical Technologies, FSBI "North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency", Essentuki, e-mail: work800@yandex.ru.
Yulia Vladislavovna Koryagina – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Center for Biomedical Technologies, FSBI "North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency", Essentuki, e-mail: nauka@skfmba.ru.

Для цитирования: Абуталимова, С. М. Особенности функционального состояния нервно-мышечного аппарата у женщин высококвалифицированных спортсменок различных видов спорта / С. М. Абуталимова, С. В. Нопин, Ю. В. Корягина // Российский журнал спортивной науки: медицина, физиология, тренировка. – 2022. – Т. 1. – № 1. DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_5

For citation: Abutalimova S.M., Nopin S.V., Koryagina Yu.V. Features of functional state of the neuromuscular system in elite female athletes of different sports**.** *Russian Journal of Sports Science: Medicine, Physiology, Training*, 2022, vol. 1, no. 1. DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_5

Дата публикации: 01.04.2022
DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_6
УДК 376.2

Publication date: 01.04.2022
DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_6
UDC 376.2

ОЦЕНКА ДВИГАТЕЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА СО СПАСТИЧЕСКОЙ ДИПЛЕГИЕЙ ДЕТСКОГО ЦЕРЕБРАЛЬНОГО ПАРАЛИЧА

Н.В. Лунина, А.С. Корнеев
Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК), г. Москва, Россия

Аннотация. В статье представлены данные по оценке двигательных функций детей младшего школьного возраста со спастической диплегией детского церебрального паралича. Результаты гониометрии отразили снижение амплитуды движения во всех суставах нижних конечностей. По шкале Ашворт выявлена умеренная спастичность и гипертонус нижних конечностей. По шкале GMFM-66 выявлено нарушение динамического равновесия, снижено качество ходьбы, уровень координационных способностей исследуемого контингента. По шкале Берга отмечен низкий уровень устойчивости, сниженной опороспособности, снижении координации и общем нарушении равновесия детей со спастической диплегией детского церебрального паралича. Полученные данные лягут в основу разработки программы физической реабилитации с учетом возраста и имеющихся нарушений.
Ключевые слова: двигательные функции, дети младшего школьного возраста, спастическая диплегия, детский церебральный паралич.

ASSESSMENT OF MOTOR FUNCTIONS OF PRIMARY SCHOOL CHILDREN WITH SPASTIC DIPLEGIA OF CEREBRAL PALSY

N.V. Lunina, A.S. Korneev
Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism, Moscow, Russia

Annotation. This article presents data on the assessment of motor functions of primary school children with spastic diplegia of cerebral palsy. The results of goniometry reflected a decrease in the amplitude of movement in all joints of the lower extremities. According to the Ashworth scale, moderate spasticity and hypertonicity of the lower extremities were revealed. According to the Gross Motor Function Measure scale, a violation of dynamic equilibrium was revealed, the quality of walking and the level of coordination abilities of the studied group were reduced. According to the Berg scale, a low level of stability, reduced support capacity, decreased coordination and general imbalance of children with spastic diplegia of cerebral palsy were noted. The data obtained are going to form the basis for the development of a physical rehabilitation program, taking into account age and existing disorders.
Keywords: motor functions, primary school children, spastic diplegia, cerebral palsy.

Введение. По данным Всемирной организации здравоохранения на 1000 новорожденных регистрируется от 13 до 15 случаев детского церебрального паралича (ДЦП), по частоте встречаемости спастические формы выходят на первый план [1-2].

ДЦП является одним из наиболее тяжелых заболеваний центральной нервной системы, появляющемся в комбинированных двигательных, речевых и психических нарушениях различной степени тяжести [3]. Более всего страдают структуры головного мозга, регулирующие произвольные движения, речь и другие кортикальные функции.

Заболевание характеризуется большим разнообразием клинических проявлений, сопутствующих симптомов, тяжестью двигательных нарушений, степеней компенсации, причин, вызвавших заболевание, которые создают сложные проблемы для формирования и развития навыков, необходимых для жизнедеятельности [1, 2, 4].

Цель исследования оценить двигательные функции нижних конечностей детей младшего школьного возраста со спастической формой диплегии детского церебрального паралича.

Методы и организация исследования. В оценке двигательных функции нижних конечностей были использованы следующие методы исследования:

- гониометрия суставов нижних конечностей; оценка глобальных моторных функций (шкала GMFM-66);
- оценка спастичности мышц (модифицированная шкала Ашворт);
- оценка равновесия (шкала Берга);
- методы математической статистики (среднее значение, стандартное отклонение).

Исследование проводилось в период с сентября 2020 г. по декабрь 2021 г. на базе ГБУ МГЦР «Московский городской центр реабилитации» и бассейна ГБУ «СШОР «Москвич» специализирующихся на реабилитации лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата.

Формирование группы детей младшего школьного возраста со спастической формой диплегии детского церебрального паралича (ДЦП) осуществлялось совместно с педиатрами, лечащими врачами-травматологами – ортопедами и неврологами. Исследуемая группа состояла из 12 детей младшего школьного возраста со спастической диплегией (средний возраст – 8,5 лет), с преимущественным поражением нижних конечностей, с уровнем развития моторных функций по шкале GMFCS I и II (у двух детей был уровень 1 по шкале GMFCS у остальных – 2 уровень).

Основные критерии включения в исследование были: возраст, нарушения со стороны центральной нервной системы (ЦНС), поражение опорно-двигательного аппарата.

С целью определения исходного уровня двигательных возможностей, оценки спастичности исследуемых мышц и наличия суставных контрактур у детей младшего школьного возраста с ДЦП было проведено тестирование участников и гониометрические измерения.

Статистическая обработка данных заключалась в определении средних значений и стандартной ошибки средней (M±m).

Результаты исследования и их обсуждение. Для нормального функционирования опорно-двигательного аппарата необходима адекватная подвижность в суставах, характеризующаяся гибкостью и подвижностью, оптимальным состоянием сумочно-связочного и мышечного аппарата, осуществляющих движение. Гониометрическое исследование проводилось во всех суставах нижних конечностей правой и левой ноги: тазобедренном суставе (ТБС), коленном суставе (КС), голеностопном суставе (ГС). Результаты показателей гониометрии суставов нижних конечностей представлены в таблице 1.

Таблица 1

Гониометрические измерения суставов нижних конечностей у детей младшего школьного возраста с ДЦ, M±m, °

№ п/п	Показатели	Основная группа	
		Правая нога	Левая нога
1	Отведение в ТБС при разогнутых ногах	51,4±9,1	51,6±9,4
2	Отведение в ТБС при согнутых ногах	74,4±12,8	74,4±12,6
3	Внутренняя ротация бедра	65±18,4	65,4±18,6
4	Наружная ротация бедра	51±9,1	50,8±9,5
5	Сгибание ТБС	113,8±6,3	114,4±7,02
6	Разгибание ТБС	10,6±7,9	10,4±8,8
7	Сгибание КС	150±18,6	149,6±18,8
8	Разгибание КС	159,8±16,8	160,6±16,04
9	Дорсифлексия ГС при согнутом колене	58,8±16,7	60±11,7
10	Дорсифлексия ГС при разогнутом колене	62,6±11,4	62,8±9,12

Данные гониометрического исследования отразили резкое отклонение от физиологической нормы и снижение амплитуды движения во всех исследуемых суставах правой и левой нижних конечностей.

Ограничение амплитуды движения в суставах нижних конечностей сочетается с умеренной спастичностью и гипертонусом нижних конечностей, исследуемых по шкале Ашворт (1,8±0,83 балла) (табл. 2). Имеющиеся контрактуры суставов, умеренная спастичность и гипертонус нижних конечностей резко ограничивают объем и качество выполнения двигательных действий.

Исследование по шкале GMFM-66 позволило наглядно оценить уровень динамического равновесия, изучить характер и качество ходьбы, уровень координационных способностей исследуемого контингента детей со спастической диплегией ДЦП (табл. 2).

Таблица 2

Показатели спастичности мышц, глобальных моторных функций нижних конечностей, уровень статокинетической устойчивости исследуемого контингента, баллы

№ п/п	Показатели	M±m
1	Уровень спастичности мышц по шкале Ашворт	1,8±0,83
2	Оценка глобальных моторных функций шкале GMFM-66 (Блок Е)	29,8±13,08
3	Уровень равновесия по шкале Берга	37,4±8,20

Глобальные моторные функции оценивались по шкале GMFM-66 и суммарно составили 29,8±13,08 баллов, что свидетельствует о наличии изменений в мышечно-связочном аппарате детей с ДЦП, о возможных вторичных осложнениях, сниженных навыках ходьбы и нарушенных координационных способностей нижних конечностей.

Уровень равновесия у детей с ДЦП исследовался по шкале Берга, суммарная оценка составила 37,4±8,2 баллов, что свидетельствует о низкой устойчивости, сниженной опороспособности, снижении координации и общем нарушении равновесия пациентов с ДЦП, что, в совокупности, отражает высокий риск падения и дополнительную травматизацию детей.

Заключение. Исследование двигательных функций нижних конечностей у детей младшего школьного возраста со спастической диплегией детского церебрального паралича выявили снижение показателей гониометрии всех суставов нижних конечностей, умеренный уровень спаситичности и гиперонуса мышц, о наличии изменений в мышечно-связочном аппарате детей с ДЦП, сниженных навыках ходьбы, функции равновесия и нарушенных координационных способностей нижних конечностей. Полученные данные послужат основой для разработки программы физической реабилитации с учетом возраста и имеющихся нарушений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бадалян, Л. О. Детские церебральные параличи / Л. О. Бадалян, Л. Т. Журба. – Киев: Слово, 2009. – 156 с.
2. Бадалян, Л. О. Детские церебральные параличи / Л. О. Бадалян, Л. Т. Журба, О. В. Тимонина. – М., 2013. – 325 с.
3. Дошкольное образование детей с особыми образовательными потребностями: учебное пособие / Г. В. Бабина, Л. А. Головчиц, А. В. Кроткова [и др.]; под ред. Л. А. Головчиц. – Москва: МПГУ, 2019. – 288 с.
4. Якубовская, Е. А. Тема 1 Клинико-функциональная характеристика детей с нарушениями функций опорно-двигательного аппарата / Е. А. Якубовская // Основы методики коррекционно-развивающей работы : учеб.метод. пособие / И. Н. Миненкова, В. В. Радыгина, Е. А. Якубовская. – Минск: БГПУ, 2013 – С. 71-91.

REFERENCES

1. Badalyan L.O., Zhurba L.T. Infantile cerebral palsy. Kiev: Slovo, 2009. 156 p. (in Russ.)

2. Badalyan L.O., Zhurba L.T., Timonina O.V. Infantile cerebral palsy. Moscow, 2013. 325 p. (in Russ.)
3. Babina G.V., Golovchits L.A., Krotkova A.V., Preschool education of children with special educational needs: a textbook. Moscow: Moscow Pedagogical State University, 2019. 288 p. (in Russ.)
4. Yakubovskaya E.A. Topic 1. Clinical and functional characteristics of children with disorders of the musculoskeletal system. Fundamentals of the methodology of correctional and developmental work: textbook. method. manual. Minsk: Belarus State Pedagogical University, 2013. pp. 71-91. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Наталья Владимировна Лунина – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры Физической реабилитации, массажа и оздоровительной физической культуры им. И.М. Саркизова-Серазини, Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК), Москва, e-mail: natalya-franc@mail.ru.
Александр Сергеевич Корнеев – специалист по физической реабилитации, Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК), Москва, e-mail: tyapa1096@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Natal'ya Vladimirovna Lunina – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physical Rehabilitation, Massage and Health-Improving Physical Culture named after Sarkizov-Serazini, Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism, Moscow, e-mail: natalya-franc@mail.ru.
Aleksandr Sergeevich Korneev – Physical Rehabilitation Expert, Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism, Moscow, e-mail: tyapa1096@yandex.ru.

Для цитирования: Лунина, Н. В. Оценка двигательных функций детей младшего школьного возраста со спастической диплегией детского церебрального паралича / Н. В. Лунина, А. С. Корнеев // Российский журнал спортивной науки: медицина, физиология, тренировка. – 2022. – Т. 1. – № 1. DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_6

For citation: Lunina N.V., Korneev A.S. Assessment of motor functions of primary school children with spastic diplegia of cerebral palsy. *Russian Journal of Sports Science: Medicine, Physiology, Training*, 2022, vol. 1, no. 1. DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_6

Дата публикации: 01.04.2022
DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_7
УДК 769.922; 612.062

Publication date: 01.04.2022
DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_7
UDC 769.922; 612.062

РЕАКЦИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЛЫЖНИКОВ ПОДРОСТКОВОГО ВОЗРАСТА В ОТВЕТ НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЫ В ПОДГОТОВИТЕЛЬНОМ ПЕРИОДЕ ПОДГОТОВКИ

Н.В. Лунина[1], Ю.С. Тарареева[2]
[1]Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК), г. Москва, Россия
[2]ООО «Центр доктора Бубновского в Бутово», г. Москва, Россия

Аннотация. В статье представлены результаты исследования функционального состояния сердечно-сосудистой системы подростков 15-18 лет, специализирующихся в лыжных гонках в подготовительный период тренировочного процесса. Изучены основные показатели сердечно-сосудистой системы в состоянии покоя и при нагрузочных тестах. Оценены типы реакции сердечно-сосудистой системы в ответ на пробы: Мартине-Кушелевского, велоэргометрию, Руффе-Диксона. Наиболее информативным оказался индивидуальный анализ реагирования спортсменов на нагрузку в каждой из проводимых проб. В пробе Мартине-Кушелевского у 60% исследуемых выявлен нормотонический тип реакции на нагрузку, в 40% – дистонический. При проведении пробы Руфье-Диксона у 20% выборки отмечена хорошая работоспособность, у 30% – среднее значение, у 10% – удовлетворительное значение, у 40% выявлена плохая работоспособность. Велоэргометрическая проба с 2-х ступенчатой нагрузкой выявила у 25% от общей выборки удовлетворительные показатели максимального потребления кислорода. Результаты проведенных исследований послужат основой для коррекции тренировочного процесса подростков и подбора восстановительных мероприятий исследуемого контингента.

Ключевые слова: функциональное состояние, сердечно-сосудистая система, лыжные гонки, подготовительный период тренировочного процесса, подростковый возраст.

REACTION OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM OF ADOLESCENT SKIERS IN RESPONSE TO FUNCTIONAL TESTS DURING THE PREPARATORY TRAINING PERIOD

N.V. Lunina[1], Yu.S. Tarareeva[2]
[1]Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism, Moscow, Russia
[2]Dr. Bubnovskij Center in Butovo LLC, Moscow, Russia

Annotation. This article presents results of studying functional state of the cardiovascular system in adolescents aged 15-18 years, who are specialized in ski racing, during the preparatory training period. We have studied main indicators of the cardiovascular system at rest and in case when loading tests are applied. We also evaluated reaction types in response to following tests: the Martinet-Kushelevskij test, the Physical Working Capacity test and the Ruffier-Dickson test. The individual analysis of athletes' reaction to loads in each of conducted tests was the most informative one. In the Martinet-Kushelevskij test, 60% of test subjects had the normotonic type of reaction to loads, 40% – the dystonic type. When conducting the Ruffier-Dickson test, we found that 20% had good performance, 30% – average performance, 40% had poor performance. The Physical Working Capacity test with the two-step load revealed satisfactory indicators of the maximal oxygen consumption (VO_2 max). Results of conducted studies are going to serve as a foundation for correction of the training process of adolescents and selection of recovery measures of the examined group.

Keywords: functional state, cardiovascular system, ski racing, preparatory period of the training process, adolescence.

Введение. Спортивная деятельность лыжников происходит в условиях значительных физических и психоэмоциональных нагрузок, а достижение максимальных спортивных результатов возможно только при грамотном построении тренировочного процесса, опирающегося на физические, функциональные возможности и резервы спортсменов [1-3].

Наибольшую актуальность данный аспект приобретает в период полового созревания подростков, ввиду того, что подростковый период связан со значительными системными перестройками организма юных спортсменов. Тренировочный процесс, выстроенный без учета возрастных, гендерных, морфофункциональных особенностей и учета периодов сенситивного развития физических качеств и функциональных особенностей может привести к перетренированности, срыву адаптационных возможностей и раннему спортивному «выгоранию» [4]. В связи с этим, этапный и текущий контроль состояния организма подростков, занимающихся спортом, приобретает особую значимость в построении тренировочного процесса. В свою очередь, эффективность тренировочного процесса в значительной степени зависит от адекватно подобранных восстановительных мероприятий [5-6], которые должны своевременно корректировать выявленные отклонения в состоянии здоровья.

Цель исследования – изучение основных показателей сердечно-сосудистой системы лыжников 15-18 лет в подготовительный период тренировочного процесса в состоянии покоя и при нагрузочных тестах.

Методы и организация исследования. Оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы исследуемых спортсменов была осуществлена в состоянии покоя и в ответ на нагрузочные тесты: пробу Мартине-Кушелевского, пробу Руфье-Диксона, велоэргометрическую пробу.

Исследование проводилось в период с ноября 2015 г. по апрель 2017 г. на базе Бюджетного учреждения здравоохранения Омской области «Врачебно-физкультурный диспансер». Исследовали функциональное состояние сердечно-сосудистой системы у 10 юношей в возрасте 15-18 лет, занимающихся лыжными гонками, спортивной квалификации – первый взрослый спортивный разряд.

Полученные результаты обработаны методами математической статистики (среднее значение, стандартное отклонение).

Результаты исследования и их обсуждение. Исследование функционального состояния сердечно-сосудистой системы лыжников 15-18 лет в подготовительном периоде тренировочного процесса осуществлялось в условиях покоя и нагрузочных проб. В состоянии покоя частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин) составляла 76±0,06 уд/мин, систолическое артериальное давление (АДс) составило 110±12,7 мм рт. ст., диастолическое давление – 68±0,08 мм рт. ст., что соответствует возрастным нормам и соответствует значениям, характерным для лиц, занимающихся спортом.

Таблица 1

Реакция сердечно-сосудистой системы лыжников 15-18 лет в ответ на пробу Мартинэ-Кушелевского

Этапы измерения	АДс, мм.рт.ст. (M±m)	АДд, мм.рт.ст. (M±m)	ЧСС, уд/мин. (M±m)	Характер пульса (Ps)
Покой	107±0,09	76±0,06	84±0,05	ритмичный
1-я мин. восстановления	130±0,03	68±0,08	120±0,05	ритмичный
2-я мин. восстановления	110±0,08	70±0,09	111±0,04	ритмичный
3-я мин. восстановления	107±0,08	66±0,1	96±0,02	ритмичный

Результаты средне-групповых значений реакции сердечно-сосудистой системы в ответ на пробу Мартинэ-Кушелевского, представлены в таблице 1.

В покое частота сердечных сокращений составила 84±0,05 уд/мин, характер пульса ритмичный, артериальное давление – 107/76 мм рт. ст.

После выполнения нагрузки на первой минуте восстановления ЧСС по сравнению с исходными измерениями увеличилась на 30% и составила 120±0,05 уд/мин. Прирост значения систолического артериального давления (АДс) составил 5,3% от исходных показателей. Значение диастолического артериального давления (АДд) снизилось на 11,7% по сравнению с исходными величинами. На второй минуте восстановления снизились значения ЧСС на 6,5% и АДс – на 2,6%, соответственно, при повышении АДд на 2,8%. На третей минуте восстановления получены следующие значения: ЧСС повысилась на 12%, прирост значения АДс составил 2,7% по сравнению с начальными показателями, на фоне снижения АДд – на 7,8%.

У исследуемых подростков-лыжников в ответ на пробу Мартинэ-Кушелевского прирост ЧСС и пульсового давления синхронный, прирост пульса составил 35,5%, находится в пределах нормированных значений и оценивается как благоприятная реакция сердечно-сосудистой системы на нагрузку.

При анализе индивидуальных показателей спортсменов у 60% (n=6 чел.) выявлен нормотонический тип реакции сердечно-сосудистой системы на нагрузку. У 40% (n=4 чел.) исследуемого контингента отмечен дистонический тип реакции, что может указывать на физическое перенапряжение, вегето-сосудистую дистонию, а также может наблюдаться у подростков в пубертатном периоде.

Для оценки работоспособности лыжников 15-18 лет использовали пробу Руфье-Диксона, результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Оценка работоспособности лыжников 15-18 лет по результатам пробы Руфье-Диксона

Этап измерения	АДс, мм.рт.ст. (M±m)	АДд, мм.рт.ст. (M±m)	ЧСС, уд/мин. (M±m)	Характер пульса (Ps)
Покой	108±0,07	62±0,11	72±0,06	ритмичный
После нагрузки	115±0,06	58±0,1	114±0,02	ритмичный
1-я мин. восстановления	110±0,09	60±0,05	108±0,04	ритмичный

Перед проведением пробы показатели ЧСС в состоянии покоя составили 72±0,06 уд/мин, АДс – 108±0,04 мм рт. ст., АДд – 62±0,11 мм рт. ст. В ответ на пробу Руфье-Диксона, сразу после нагрузки ЧСС повысилась на 5,2%, АДс – на 7%, соответственно, по сравнению с исходными значениями, при этом АДд осталось неизменным. На первой минуте восстановления ЧСС (уд/мин) увеличилось на 33%, АДс увеличилось на 6%, АДд увеличилось на 4,3% по сравнению с исходными показателями. Суммарно работоспособность составила 6 баллов и оценивалась как посредственная физическая работоспособность.

При анализе индивидуальных показателей восстановления лыжников, у 20% выборки (n=2 чел.) отмечена хорошая работоспособность, у 30% (n=3 чел.) – средний показатель, у 10% (n=1 чел.) – удовлетворительный, а у 40% (n=4 чел.) выявлена плохая работоспособность. Оценка пробы на физическую работоспособность показала неудовлетворительные результаты, что связывается с отмеченными частными случаями, характеризующимися гетерохронным физическим развитием, а также возникновением и нарастанием процессов переутомления.

Перед проведением велоэргометрической пробы (PWC-170) значения ЧСС

составило 79 уд/мин, что соответствует возрастным нормам и соответствует значениям, характерным для лиц, занимающихся лыжным спортом. Артериальное систолическое (АДс) и диастолическое давление (АДд) в состоянии покоя также соответствовали возрастным нормам и специфике спортивной деятельности, и составили 109±0,05/63±0,09 мм рт.ст., соответственно (табл. 3).

Таблица 3

Результаты велоэргометрической пробы (PWC-170) лыжников 15-18 лет в подготовительном периоде тренировочного процесса

Этап измерения	АДс, мм.рт.ст. (M±m)	АДд, мм.рт.ст. (M±m)	ЧСС, уд/мин. (M±m)	Характер пульса (Ps)
Покой	109±0,05	63±0,09	79±0,03	ритмичный
1-я нагрузка	120±0,02	62±0,09	108±0,02	ритмичный
2-я нагрузка	115±0,04	64±0,08	93±0,03	ритмичный

После проведения 2-ступенчатой велоэргометрической пробы (PWC-170), при оценке изучаемых показателей на 5-й мин. восстановления, отмечена следующая реакция сердечно-сосудистой системы: прирост ЧСС и АДс по сравнению с исходными величинами составил 19% и 6%, соответственно, значение АДд снизилось на 3% от исходных величин. Значение максимального потребления кислорода (МПК) составило 5,27±0,08 л/кг/мин, оцениваемое как отличное состояние сердечно-сосудистой системы. Но, вместе с тем, при рассмотрении индивидуальных показателей у 2-х спортсменов, что составило 25% от общей выборки, отмечены удовлетворительные показатели максимального потребления кислорода.

При оценке типа реакции на физическую нагрузку, у 90% группы выявлен нормотонический тип реагирования и в 10% случаев выявлен гипотонический тип реакции ССС на физическую нагрузку.

После проведения велоэргометрической пробы (PWC-170) при оценке изучаемых показателей восстановления получены следующие значения: ЧСС по сравнению с исходными данными увеличилась на 26% и составила 174±0,03 уд/мин.; среднее значение АДс составило 120±0,02 мм рт. ст., прирост показателя составил 9% от исходных значений; показатель АДд снизился на 1,5% от исходных значений и составил 62±0,09 мм рт. ст.; у 9 спортсменов (90% выборки) выявлен нормотонический тип и у 1-го спортсмена (10% выборки) выявлен гипотонический тип реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку.

Заключение. В исследованиях по оценке функционального состояния сердечно-сосудистой системы у подростков 15-18 лет, специализирующихся в лыжных гонках, в покое и при нагрузочных тестах наиболее информативным является индивидуальный анализ реакции организма на нагрузку. Это оправдано ввиду высокого риска возникновения в подростковом периоде морфофункциональных изменений и системных перестроек, которые при нерациональном построении тренировочного процесса могут привести к перетренированности, срыву адаптационных возможностей и раннему спортивному «выгоранию». Выявленные в ходе исследования отклонения реакции сердечно-сосудистой системы лыжников 15-18 лет в ответ на нагрузочные тесты позволили скорректировать тренировочный процесс и послужили основой для подбора адекватных восстановительных мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Динамика функционального состояния начинающих лыжников-гонщиков в условиях краткосрочных сборов в Среднегорье / В. Яцык, И. Горбиков, О. Васильченко, В. Парамзин // Теория и методика физической культуры и спорта. – 2016. – № 2(1). – С. 7–13.

2. Специальная работоспособность лыжников-гонщиков: современные тенденции (по материалам зарубежной литературы) / В. И. Михалев, Ю. В. Корягина, О. С. Антипова [и др.] // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2015. – № 4 (122). – С. 139–144.
3. Корягина, Ю. В. Биологические ритмы и адаптация к мышечной деятельности лыжников / Ю. В. Корягина, Ю. П. Салова. – Омск, 2013. – 148 с.
4. Сонькин, В. Д. Физиологические закономерности онтогенеза и их возможные приложения к теории физической тренировки / В. Д. Сонькин // Физиология человека. – 2015. – Т. 41 – № 5. – С. 125–136.
5. Рыбина, И. А. Адаптационные изменения гомеостаза под влиянием высокоинтенсивных физических нагрузок / И. А. Рыбина, А. А. Михеев, А. И. Нехвядович // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2016. – Т. 93 – № 1. – С. 21–24.
6. Лунина, Н. В. Функциональное состояние кардио-респираторной системы лыжников 15-18 лет на этапе специально-подготовительного периода / Н. В. Лунина, Ю. С. Тарареева // Материалы XLI региональной студенческой научно-практической конференции «Молодежь третьего тысячелетия». – Омск, 10-28 апреля 2017 года. – С. 1495-1499.

REFERENCES

1. Yatsyk V.Z., Gorbikov I.I., Vasilchenko O.S., Paramzin V.B. Dynamics of the functional state of beginner ski racers in the conditions of short-term training camps in the Middle Mountains. *Theory and Methods of Physical Culture and Sport*, 2016, no. 2(1), pp. 7–13. (in Russ.)
2. Mikhalev V.I., Koryagina Yu.V., Antipova O.S., Aikin V.A., Suhinin E.M. Special performance of ski racers: modern tendencies (based on foreign literature). *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2015, no. 4 (122), pp. 139–144. (in Russ.)
3. Koryagina Yu.V., Salova Yu.P. Biological rhythms and adaptation to the muscular activity of skiers. Omsk, 2013. 148 p. (in Russ.)
4. Son'kin V.D. Physiological regularities of ontogenesis and their possible applications to the theory of physical training. *Human Physiology*, 2015, vol. 41, no 5, pp. 125-136. (in Russ.)
5. Rybina I.A., Mikheev A.A., Nekhvyadovich A.I. Adaptive changes in homeostasis under the influence of high-intensity physical activity. *Questions of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*, 2016, vol. 93, no. 1, pp. 21–24. (in Russ.)
6. Lunina N.V., Tarareeva Yu.S. The functional state of the cardio-respiratory system of skiers aged 15-18 at the stage of a special preparatory period. Proceedings of the XLI Regional Student Scientific and Practical Conference "Youth of the Third Millennium". Omsk, April 10-28, 2017, pp. 1495–1499. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Наталья Владимировна Лунина – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры Физической реабилитации, массажа и оздоровительной физической культуры им. И.М. Саркизова-Серазини Российского государственного университета физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК), Москва, Россия, e-mail: natalya-franc@mail.ru.
Юлия Сергеевна Тарареева – старший инструктор-методист по кинезотерапии, ООО «Центр доктора Бубновского в Бутово», Москва, e-mail: Julia.tarareeva@gmail.com.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Natal'ya Vladimirovna Lunina – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physical Rehabilitation, Massage and Health-Improving Physical Culture named after Sarkizov-Serazini, Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism, Moscow, e-mail: natalya-franc@mail.ru.
Yulia Sergeevna Tarareeva – Senior Kinesiotherapy Trainer, Dr. Bubnovskij Center in Butovo LLC, Moscow, e-mail: Julia.tarareeva@gmail.com.

Для цитирования: Лунина, Н. В. Реакция сердечно-сосудистой системы лыжников подросткового возраста в ответ на функциональные пробы в подготовительном периоде подготовки / Н. В. Лунина, Ю. С. Тарареева // Российский журнал спортивной науки: медицина, физиология, тренировка. – 2022. – Т. 1. – № 1. DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_7

For citation: Lunina N.V., Tarareeva Yu.S. Reaction of the cardiovascular system of adolescent skiers in response to functional tests during the preparatory training period. *Russian Journal of Sports Science: Medicine, Physiology, Training*, 2022, vol. 1, no 1. DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_7

Дата публикации: 01.04.2022
DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_8
УДК 796; 612

Publication date: 01.04.2022
DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_8
UDC 796; 612

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ГЛИКЕМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В ПРАКТИКЕ СПОРТА ПО ДАННЫМ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИРОВАНИЯ ГЛЮКОЗЫ

А.Ю. Хребтова[1], Е.В. Быков[1], А.И. Кузин[2], О.В. Камерер[2]
[1]Уральский государственный университет физической культуры, г. Челябинск, Россия
[2]Институт дополнительного профессионального образования, Южно-Уральский государственный медицинский университет, г. Челябинск, Россия

Аннотация. Инновационный метод непрерывного мониторирования глюкозы в течение длительного промежутка времени на базе экосистемы флеш-мониторирования является более эффективным и точным методом прогнозирования реакции гликемии по сравнению с традиционными методами. В клинической практике такого рода устройства нашли активное применение в управлении и профилактике острых и отдаленных осложнений сахарного диабета 1 и 2 типа. Оценка вариабельности гликемии – важнейшая составляющая гликемического контроля может иметь большой научный и практический интерес в разрезе оценки метаболических стратегий гомеостаза глюкозы в когорте лиц, испытывающих потребность в повышенном потреблении карбогидратов. Спортсмены – группа лиц, традиционно использующая гипергликемические диеты с целью развития показателей скоростной и силовой выносливости на фоне гликолитических нагрузок. Сравнительный анализ параметров вариабельности гликемии у лиц с различным уровнем физической активности по сравнению со здоровыми лицами европеоидной расы выявил достоверное увеличение средних значений экскурсий глюкозы, превышающих по модулю одно стандартное отклонение, в группе спортсменов (U-критерий Манна-Уитни, p=0,022). Исследование показателей непрерывного мониторирования глюкозы с использованием системы флеш-мониторинга гликемии FreeStyle Libre позволило отследить наличие персонализированных гликемических портретов у здоровых добровольцев, отражающих стратегию гомеостаза глюкозы крови в процессе образа жизни с различным уровнем физической активности. Анализ процентного соотношения временных интервалов нахождения в состоянии гипер-, нормо- и гипогликемии у здоровых добровольцев выявил значительные количественные различия. Минимальный интервал времени в диапазоне эугликемии (66%) наблюдается у женщины «неспортсменки» с наименьшим уровнем физической активности. Минимальный интервал времени в гипер- (15%) и гипогликемии (1%) был зафиксирован у действующего спортсмена находящегося в переходном периоде годичного цикла подготовки. Методически обоснованное использование непрерывного мониторирования глюкозы в практике спорта может стать инструментом эффективной оценки мощности и емкости системы гомеостаза глюкозы и персонализированной коррекции гликемического статуса с использованием различных стратегий, модифицирующих образ жизни.

Ключевые слова: непрерывный мониторинг глюкозы, вариабельность гликемии, клинические диапазоны нормогликемии, гомеостаз глюкозы, лица с различными показателями физической активности, гликемический контроль в практике спорта.

METHODOLOGICAL APPROACHES OF GLYCEMIC CONTROL IN SPORTS PRACTICE BASED ON CONTINUOUS GLUCOSE MONITORING DATA

A.Yu. Khrebtova[1], E.V. Bykov[1], A.I. Kuzin[2], O.V. Kamerer[2]
[1]Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, Russia
[2]Advanced Professional Education Institute, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia

Annotation. The innovative continuous glucose monitoring method over a long period of time based on the flash monitoring ecosystem is a more effective and accurate method of predicting

the glycemic response compared to traditional methods. In clinical practice, such devices are used actively in acute and long-term complications of type 1 and type 2 diabetes mellitus management and prevention. Assessment of glycemic variability – the most important component of glycemic control – may be of great scientific and practical interest in the context of evaluating metabolic strategies of glucose homeostasis in a group of people who need increased intake of carbohydrates. Athletes are a group of people who traditionally use hyperglycemic diets in order to develop indicators of speed and strength endurance against the background of glycolytic loads. A comparative analysis of glycemic variability parameters in individuals with different levels of physical activity compared with healthy individuals of the Caucasian race revealed a significant increase in the average values of glucose excursions exceeding modulo one standard deviation in the group of athletes (Mann-Whitney U-test, p=0.022). A study of continuous glucose monitoring indicators using the FreeStyle Libre glycemia flash monitoring system made it possible to track the presence of personalized glycemic portraits in healthy volunteers reflecting the strategy of blood glucose homeostasis within a lifestyle with different levels of physical activity. Analysis of the percentage of time intervals of being in a state of hyper-, normo- and hypoglycemia in participants revealed significant quantitative differences. The minimal time interval in the range of euglycemia (66%) was observed in a female "non-athlete" with the lowest level of physical activity. The minimal time interval in hyper- (15%) and hypoglycemia (1%) was recorded in an active athlete, who is in the transition period during a one-year training cycle. Methodically grounded use of continuous glucose monitoring in sports practice can become a tool for effective assessment of the power and capacity of the glucose homeostasis system and personalized correction of glycemic status using various lifestyle-modifying strategies.

Keywords: continuous glucose monitoring, glycemic variability, clinical ranges of normoglycemia, glucose homeostasis, individuals with various indicators of physical activity, glycemic control in sports practice.

Введение. Непрерывный мониторинг глюкозы (НМГ) – один из главных инструментов гликемического контроля, включающий в себя оценку вариабельности уровня глюкозы (ВГ) и времени в диапазонах (ВД) нормо-, гипо- и гипергликемии, используется почти исключительно у больных сахарным диабетом (СД) 1 и 2 типа [1]. В клинической практике непрерывное мониторирование глюкозы используется для оценки качества контроля гликемии, прогноза гипер- и гипогликемии, сосудистых осложнений СД [2-4]. Вариабельность суточных показателей глюкозы крови хорошо изучена в когорте людей с СД 1 и 2 типа, что существенно повысило эффективность сахароснижающей терапии.

В настоящее время отсутствуют общепринятые референсные значения параметров ВД и ВГ у здоровых людей, позволяющие разграничить нормальные (физиологические) и чрезмерные колебания уровня глюкозы. В частности, Всемирная Организация Здравоохранения (ВОЗ) определяет нормальную гликемию как уровень глюкозы натощак менее 6,1 ммоль/л и рекомендует, чтобы уровень глюкозы был ниже 7,8 ммоль/л через 2 часа после перорального теста на толерантность к глюкозе с 75 г глюкозы [5]. Американская диабетическая ассоциация рассматривает лиц с уровнем глюкозы натощак 5,6-6,9 ммоль/л и уровнем глюкозы в крови (ГК) >7,8-11,0 ммоль/л после перорального глюкозотолерантного теста как группу с повышенным риском развития диабета [6]. Однако, как поясняется в рекомендациях ВОЗ, окончательного порога «нормогликемии» не существует. Таким образом, вопрос оценки вариабельности гликемии на базе НМГ у здоровых людей находится в стадии изучения. Исследования гликемии методом НМГ у недиабетиков носят случайный и не системный характер.

Поиск в базах данных PubMed/ MEDLINE и Cochrane выявил всего одну публикацию, относящуюся к исследованиям нормальных референсных диапазонов среднего уровня глюкозы методом НМГ у субъектов без диабета в различных

этнических группах [7]. В базе данных Российской научно-электронной библиотеки (https://www.elibrary.ru/) также встречаются только единичные публикации, посвященные изучению вариабельности параметров глюкозы по данным НМГ у лиц с нормальной толерантностью к глюкозе [8].

Малая инвазивность методики суточного НМГ открывает возможности изучения показателей вариабельности глюкозы в различных когортах здоровых людей. Исследования показателей вариабельности глюкозы на базе НМГ у спортсменов представлены в зарубежной литературе одной публикацией. В базе данных отечественной научной литературы публикации по данной проблематике не найдены [9]. Вместе с тем, очевидно, что спортсмены являются наиболее уязвимой группой лиц, испытывающих высокое напряжение метаболических путей углеводного обмена. При этом гликолитические механизмы энергообеспечения и их мощность обеспечивают в значительной степени результативность соревновательной деятельности в видах спорта, требующих максимального проявления скоростной и силовой выносливости. Возможность развития этого механизма энергообеспечения напрямую зависит от факторов, определяющих гомеостаз глюкозы и её доступность в качестве субстрата окисления в процессе мышечной деятельности.

Важно отметить, что спортсменам традиционно рекомендуется потреблять пищу с высоким содержанием углеводов, чтобы обеспечить адекватные запасы гликогена и повысить работоспособность [10-11]. Кроме того, известно, что физические тренировки улучшают чувствительность тканей к инсулину как сразу после тренировки, так и за счет долгосрочных адаптаций механизмов транспорта и метаболизма глюкозы [12]. Однако, известно и то, что напряженные упражнения повышают концентрацию циркулирующих катехоламинов, таких как адреналин и норадреналин, до патологических уровней [13-14], что приводит к гипо-, гиперинсулинемии после интенсивных упражнений [15-16].

Таким образом, выше приведенные данные свидетельствуют о практической значимости оценки гликемического статуса лиц, занимающихся спортом, в течение длительного периода времени.

Цель исследования: оценить возможности существующих методологических подходов контроля гликемии у здоровых лиц с различным уровнем физической активности.

Задачи исследования:

1. Сравнить показатели внутрисуточной и межсуточной вариабельности, частотные и временные характеристики гликемического профиля когорты здоровых добровольцев с группой людей европеоидной расы, не страдающих диабетом 1 и 2 типа.

2. Выявить особенности гликемических «портретов» спортсменов в сравнении с «не спортсменами».

Методы и организация исследования. В исследовании приняло участие четыре здоровых добровольца обоих полов, испытуемые вели обычный образ жизни и не получали адаптированных программ питания. Мужчины-спортсмены «субэлитного» уровня: атлет 1 – частота сердечных сокращений (ЧСС) в покое <60 уд/мин., 2 тренировки в неделю низкой интенсивности, среднее количество шагов в день – 9,5 тыс., атлет 2 – ЧСС в покое <56 уд/мин., переходный период годичного цикла подготовки, 4-5 тренировок в неделю, в среднем 11 тыс. шагов в день. Два здоровых добровольца, не занимающиеся спортом: «неспортсмен» 1 – женщина, ЧСС в покое <62 уд/мин., сидячий образ жизни, по профессии – музыкант, в среднем 4 тыс. шагов в день, «не спортсмен» 2 – юноша, ЧСС в покое <68 уд/мин., активный образ жизни, 3 фитнес тренировки в неделю средней интенсивности, в среднем 12 тыс. шагов в день. Все участники были набраны в соответствии с информированным письменным согласием для исследования оптимального питания лиц, характеризующихся нормальными показателями гликемии. В таблице 1 приведены общие характеристики изученной когорты.

Антропометрические показатели и значение индекса массы тела (ИМТ) получены с помощью биоимпедансометрии на многочастотном анализаторе состава тела Accuniq BC 300 (Accuniq, Южная Корея, 2017).

Таблица 1

Характеристика участников исследования

Участники исследования	атлет 1	атлет 2	«не спортсмен» 1	«не спортсмен» 2
Уровень физической активности (у.е.)	1,9	2,2	1,4	2,1
Возраст (полных лет)	20	20	24	12
Пол (м/ж)	м	м	ж	м
Рост (см)	178	181	164	154
Вес (кг)	61,9	78	74,8	40,7
Индекс массы тела (кг/м^2)	19,5	23,8	27,8	17,2
Окружность живота (см)	67,2	79,9	85,4	60,1
Избранный вид спорта	футбол	футбол	нет	плавание
Ранг спортивного мастерства	1 взрослый	КМС	нет	1 юношеский
Стаж спортивной деятельности (кол-во лет)	13,5	14	0	8

Для определения уровня физической активности (ФА) у каждого участника исследования оценивались параметры образа жизни: уровень профессиональной двигательной активности, среднее количество шагов в день и количество занятий спортом или активным отдыхом в неделю [17]. Для подсчета среднесуточного количества шагов у исследуемых в течение 14 дней было применено кроссплатформенное программное фитнес-приложение для смартфонов «Шагомер, счетчик шагов Здоровье» (Health and Fitness Apps Group, Республика Беларусь, 2021).

Таблица 2

Ключевые показатели гликемического контроля и прогнозирования риска развития долгосрочных осложнений на базе НМГ

1. Количество дней проведения непрерывного мониторирования гликемии	Рекомендовано 14 дней
2. Доля времени (в %), за которое были сканированы данные	≥70 процентов и более за 14 дней
3. Среднее значение уровня глюкозы (ммоль/л)	4,1 - 6,1
4. Индикатор контроля уровня глюкозы (в %)	<6,5
5. Вариабельность глюкозы (в %)	<36
6. Время выше диапазона >13,9 ммоль/л	Уровень 2
7. Время выше диапазона 10,1–13,9 ммоль/л	Уровень 1
8. Время в целевом диапазоне 3,9–10,0 ммоль/л	Диапазон
9. Время ниже диапазона 3,0–3,8 ммоль/л	Уровень 1
10. Время ниже диапазона <3,0 ммоль/л	Уровень 2

Для оценки ВГ у здоровых добровольцев в «естественных» условиях жизни, была применена экосистема FreeStyle Libre (Abbot, США, 2018). Данная технология включает в себя: флэш-датчик, позволяющий в течение 14 дней осуществлять круглосуточный непрерывный мониторинг глюкозы, приложение для смартфонов FreeStyle LibreLink и программное обеспечение LibreView 5 – бесплатная облачная система с веб-интерфейсом. Подход оценки гликемического профиля по 10 ключевым показателям (табл. 2) [18] в настоящее время апробирован и успешно применяется в отношении пациентов, страдающих СД 1 и 2 типа. Данные рекомендации были приняты Международным консенсусом эндокринологов в 2019 году [19].

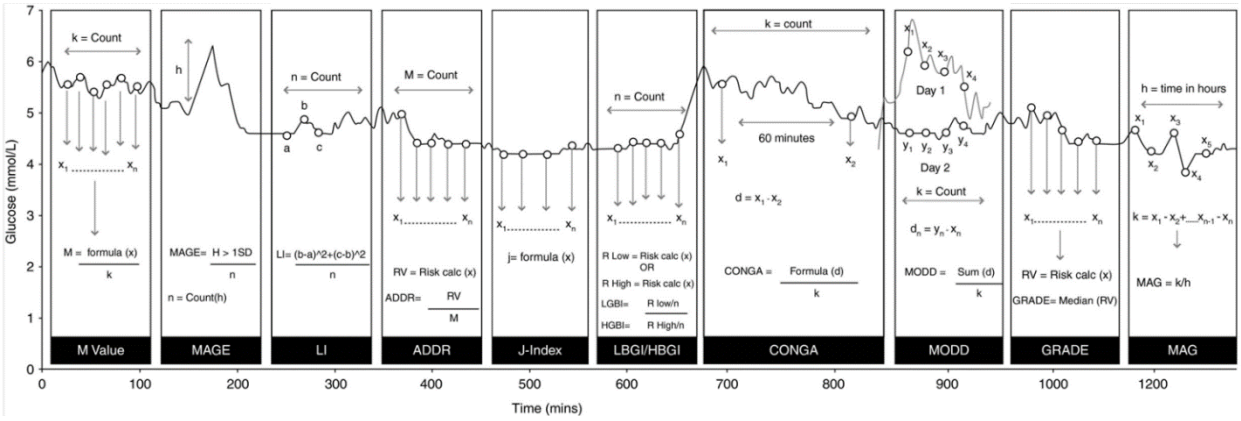

Рис. 1. Математическая модель оценки вариабельности глюкозы в компьютерной программе Easy glycaemic variability (GV)

Примечание: графическая иллюстрация расчётов 10 параметров оценки ВГ на основе данных кривой НМГ в течение 14 дней

Оценка ВГ (размах и частота колебаний, временная структура) осуществлялась на основе «сырых» данных кривой НМГ с помощью программного обеспечения (ПО) EasyGV © version 9.0 (доступна бесплатно для некоммерческого использования на сайте www.easygv.co.uk). В данном исследовании в качестве основных показателей мы рассматривали следующие параметры ВГ: M – среднее значение глюкозы (Mean), SD – стандартное отклонение уровня глюкозы (standart deviation) – степень разброса (дисперсии) значений гликемии, CONGA – индекс непрерывного частично-перекрывающегося изменения гликемии, который представляет собой величину дисперсии разницы значений гликемии (в абсолютных величинах) с интервалом 60 минут в течение всего периода мониторирования (continuous overlapping net glucose index), LI – индекс лабильности гликемии, отражает риск гипогликемических состояний (lability index), индекс J – индикатор качества контроля гликемии (index J), LBGI – индекс риска гипогликемии (low blood glucose index), HBGI – индекс риска гипергликемии (high blood glucose index), индекс MAGE – средняя амплитуда колебаний гликемии, при вычислении игнорируются все колебания с амплитудой меньше 1 SD (mean amplitude of glycemic excursions), индекс MAG – демонстрирует среднюю скорость изменения гликемии и помогает оценить отношение амплитуды колебаний гликемии ко времени (mean absolute glucose), ADRR – коэффициент, определяющий среднесуточный диапазон риска – высокочувствительный инструмент для оценки суммарного риска гипо- и гипергликемии и выявления людей с высокой лабильностью гликемии (average daily risk range), показатель MODD –

различие суточных средних – параметр оценки межсуточных колебаний гликемии (mean of daily differences), GRADE – уравнение оценки гликемического риска СД, строится на основании параметра среднесуточного времени нахождения в диапазонах гипо- и гипергликемии для конкретного испытуемого (glycemic risk assessment diabetes equation). На рисунке 1 представлен алгоритм расчёта параметров ВГ с помощью программного обеспечения EasyGV.

Систематизация исходной информации и визуализация полученных результатов осуществлялись в электронных таблицах Microsoft Office Excel 2016. Статистический анализ проводился с использованием программ STATISTICA 10 (разработчик – StatSoft.Inc), EasyGV, версия 9 (калькулятор разработан исследовательской группой Оксфордского университета (Великобритания), находится в свободном доступе). Значения $p<0,05$ считались статистически значимыми.

Результаты исследования и их обсуждение. Отчет амбулаторного гликемического профиля (АГП) представлен персонально, на каждого участника исследования (рис. 2-5).

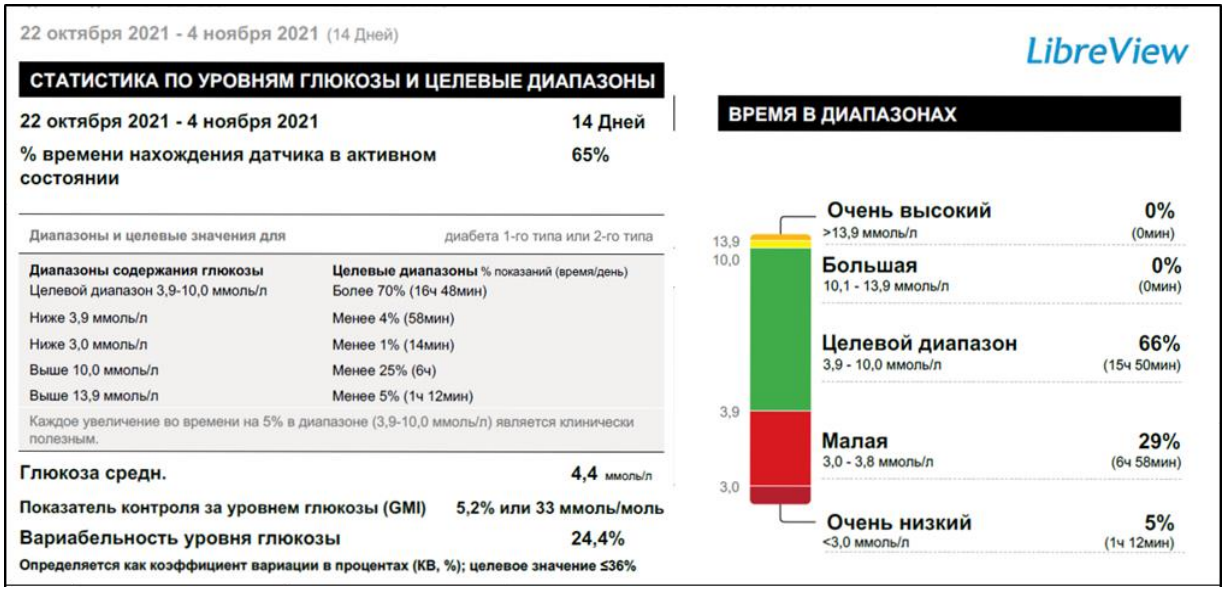

Рис. 2. Отчёт АГП, женщина, не спортсменка, 24 года

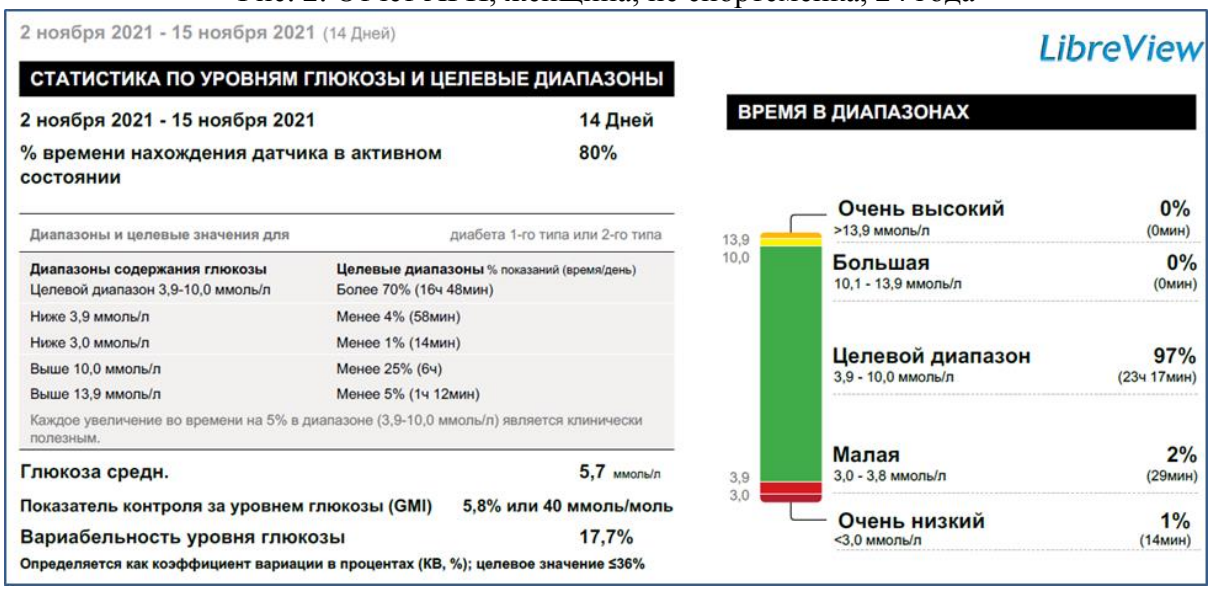

Рис. 3. Отчёт АГП, юноша, не спортсмен, 12 лет

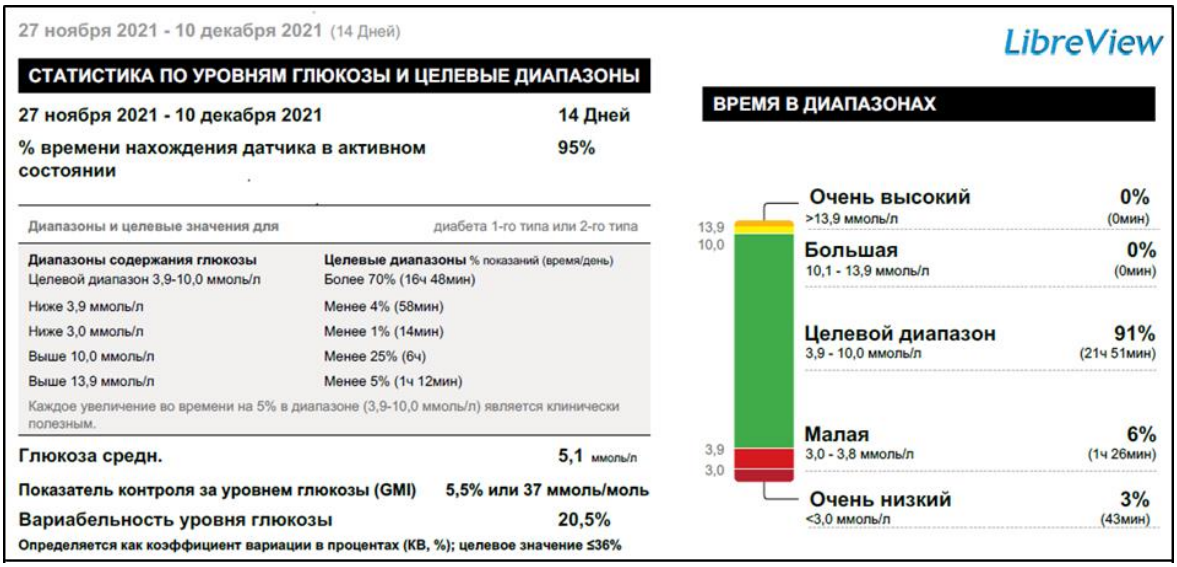

Рис. 4. Отчёт АГП, мужчина, спортсмен (вне тренировочного процесса более 6 месяцев), 20 лет

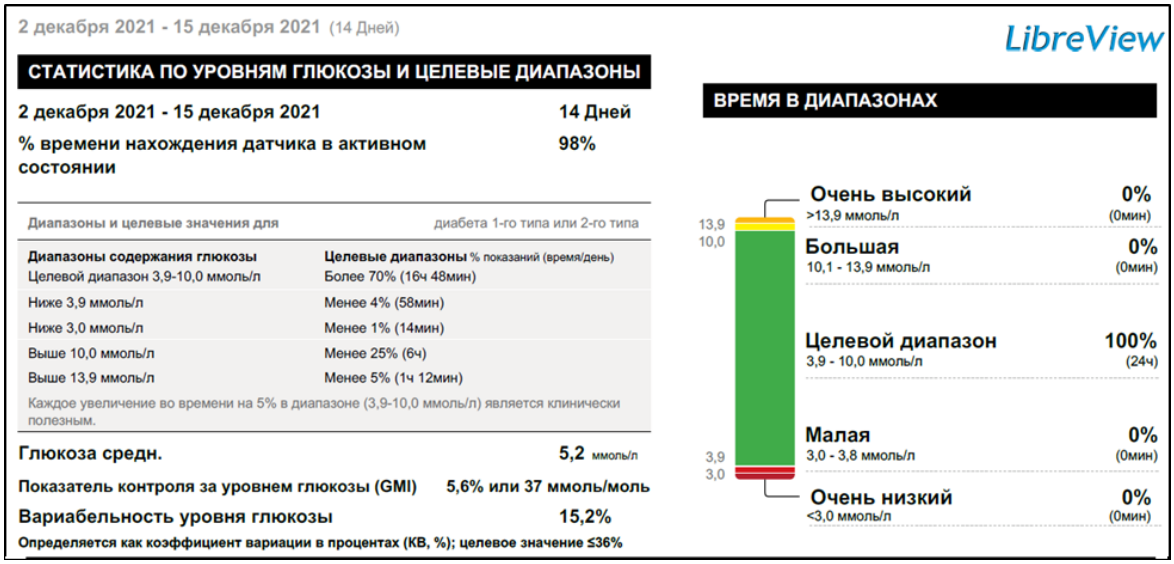

Рис. 5. Отчёт АГП, мужчина, спортсмен (переходный период тренировочного цикла подготовки), 20 лет

В таблице 3 представлен сравнительный анализ гликемического профиля в группе здоровых добровольцев (спортсменов и не спортсменов) по сравнению с рекомендуемыми значениями показателей ВГ для больных сахарным диабетом 1 и 2 типа.

В группе не спортсменов показатель ВЦД меньше целевых значений, время значений глюкозы в диапазоне свыше 10,0 ммоль/л не обнаружено, выявлено среднее значение глюкозы выше референсных значений для детей младше 14 лет (3,3-5,6 ммоль/л), индикатор контроля уровня глюкозы и показатель ВГ находятся в границах целевых диапазонов. Среднесуточное время нахождения в гипогликемии 1 и 2 уровня в группе не спортсменов существенно выше целевых значений протоколов АГП (29% против 4% и 5% против 1%). Таким образом, анализ гликемического профиля в группе здоровых добровольцев указывает на низкие значения вариабельности глюкозы в группе спортсменов и значительно большее время экспозиции в гипогликемии в группе не спортсменов по сравнению с рекомендуемыми значениями протокола АГП.

Таблица 3

Ключевые показатели гликемического контроля в исследуемой когорте здоровых добровольцев в сравнении с целевыми диапазонами гликемии протокола АГП

Показатели контроля гликемии*	Значения протокола АГП	Группа 1 Атлеты	Группа 2 Не спортсмены
1. Доля времени (%), за которое были приняты данные	≥70 и более	95-98	80-100
2. Среднее значение уровня глюкозы, ммоль/л	4,1 - 6,1	5,1-5,2	4,4-5,7
3. Индикатор контроля уровня глюкозы, вероятный уровень гликированного гемоглобина (%)	<6,5	5,5-5,6	5,2-5,8
4. Вариабельность глюкозы (%)	<36	15,2-20,5	17,7-24,4
5. Время выше диапазона >13,9 ммоль/л (мин., %)	<5 (1 ч 12мин)	0	0
6. Время выше диапазона 10,1–13,9 ммоль/л (мин., %)	<25 (6 ч)	0	0
7. Время в целевом диапазоне 3,9–10,0 ммоль/л (мин., %)	>70 (16 ч 48 мин)	91 (21 ч 51 мин) -100% (24 ч)	66 (15ч 50 мин) – 97 (23 ч 17 мин)
8. Время ниже диапазона 3,0–3,8 ммоль/л (мин., %)	<4 (58 мин)	0-6 (1 ч 26 мин)	2 (29 мин.) – 29 (6 ч 58 мин)
9. Время ниже диапазона <3,0 ммоль/л (мин., %)	<1 (14 мин)	0-3 (43 мин.)	1 (14 мин) – 5 (1 ч 12 мин)

Примечание: показатели гликемии в группах представлены минимальным и максимальным значением

Основными преимуществами исследованных параметров оценки ВГ являются простота расчёта и отсутствие специальных требований к частоте и длительности контроля гликемии, а недостатками – ограниченная информативность в оценке ВГ у лиц с нормальной толерантностью к глюкозе. Данные параметры не учитывают частоту, продолжительность и амплитуду колебаний гликемии внутри референсных диапазонов гипо-, гипер- или нормогликемии у здоровых людей с различным уровнем физической активности.

Для персонализированной оценки показателей гомеостаза глюкозы и метаболической гибкости у здоровых людей с различным уровнем физической активности был применен графический метод анализа первичных показателей гликемии, полученных по данным НМГ. Рассчитано процентное соотношение временных интервалов нахождения в состоянии гипер-, нормо- и гипогликемии у всех исследуемых лиц. В качестве референсного диапазона был использован общепризнанный нормальный диапазон глюкозы (от 4,1 до 6,1 ммоль/л), принятый ВОЗ для людей 14-60 лет. На рисунке 6 представлены кумулятивные графики временных интервалов гипер-, нормо- и гипогликемии здоровых добровольцев, отражающих долю случаев показателей глюкозы в процентах за пределами целевого диапазона гликемии (4,0-6,0 ммоль/л).

При изменении целевого диапазона нормогликемии (по сравнению с общепринятым клиническим протоколам АГП), получены следующие результаты: атлет 1 (ФА – 1,9) время нахождения в гипогликемии – 10%, в эугликемии – 72%, в гипергликемии – 18%; атлет 2 (ФА – 2,2) – 1%, 85%, 14%, соответственно; не спортсмен 1, женщина (ФА – 1,4) время нахождения в гипогликемии – 40%, в эугликемии – 52%,

в гипергликемии – 8%; не спортсмен 2 (ФА – 2,1) – 4%, 66% и 30% соответственно. Таким образом, наименьшее время нахождения в диапазоне эугликемии (66%) наблюдается у женщины не спортсменки с наименьшим уровнем физической активности. Наибольшее время нахождения в диапазоне нормогликемии (84%) получено у действующего спортсмена, находящегося в переходном этапе тренировочного цикла подготовки.

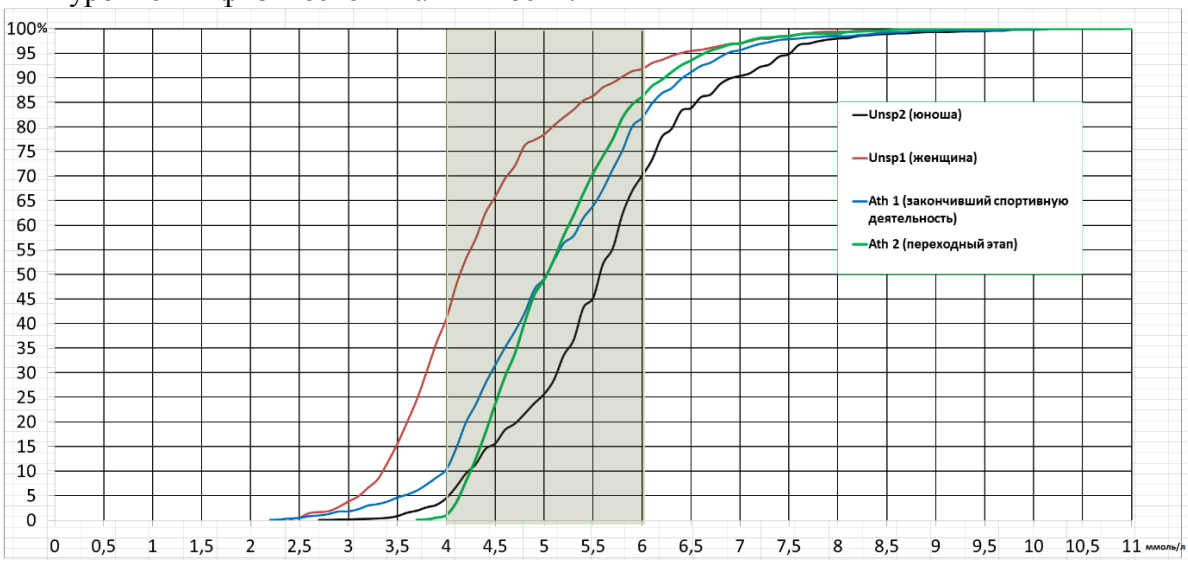

Рис. 6. Кумулятивный график распределения показателей глюкозы измеренных на базе НМГ у 4-х здоровых добровольцев

Примечание: светло-зеленая полоса – референсные значения глюкозы

В клинической практике интегральный подход оценки гликемического риска развития СД 1 и 2 осуществляется по показателям НМГ с использованием среднего значения и относительного процентного вклада в средневзвешенную оценку риска из значений гипогликемического, эугликемического и гипергликемического диапазонов. Показатели гликемического профиля НМГ в клинической практике высокого риска СД соответствуют следующим значениям (гипогликемия %, эугликемия %, гипергликемия %): СД 1 (20%, 8%, 72%), СД 2 (2%, 7%, 91%) [20]. Диапазоны нормо-, гипер- и гипогликемии, полученные в ходе исследования у здоровых добровольцев, существенно отличаются от средневзвешенных оценок высокого риска сахарного диабета, полученных в клинической практике. В настоящее время в клинической практике не достигнут консенсус в отношении показателей нормального уровня глюкозы, вместе с тем, многие исследования продемонстрировали, что увеличение времени пребывания в диапазоне от 4 до 6 ммоль/л приводит к улучшению исходов лечения пациентов [21-22]. Многие исследования также продемонстрировали линейно возрастающие риски осложнений СД связанные с увеличением времени нахождения в диапазоне гипергликемии, независимо от статуса диабета, с нижними пределами нормы между 4 и 6 ммоль/л [5, 22, 23, 24, 25].

Мы сравнили параметры вариабельности гликемии у лиц с различным уровнем ФА методами непараметрической статистики (U-критерий Манна-Уитни для несвязанных групп и Т–критерий Вилкоксона для связанных групп) с нормальными значениями ВГ, полученными группой ученых из Оксфордского центра диабета, эндокринологии и заболеваемости больницы Черчилля (табл. 4) [7]. В качестве референсной группы, нами были выбраны значения показателей гликемической изменчивости у лиц европеоидной расы (44 человека), а также были проанализированы значения ВГ общей популяции лиц, принявших участие в исследовании (70 человек).

Таблица 4

Среднее значение и стандартное отклонение для показателей уровня глюкозы и гликемической изменчивости в когорте лиц европеоидной расы и в общей популяции людей без диабета в сравнении с данными исследования здоровых добровольцев

	Группа/этническая принадлежность				U-критерий Манна-Уитни $p_{(3-1)}$
Индексы вариабельности гликемии	Лица европеоидной расы (M±SD) n=44	Общая популяция (M±SD) n=70	Спортсмены (M±SD) n=2	Не спортсмены (M±SD) n=2	
Номер группы	1	2	3	4	
Возраст (лет)	27,3 (5,8)	27,9 (5,2)	21(0,4)	18 (8,5)	0.284
Средний уровень глюкозы (ммоль/л)	5,0 (0,5)	5,1 (0,5)	5,2 (1,14)	5,0 (1,04)	0,872
Среднее стандартное отклонение (ммоль/л)	1,5 (0,7)	1,5 (0,7)	0,88 (0,05)	0,77 (0,08)	0,319
CONGA* (у.е.)	4,4 (0,6)	4,6 (0,5)	4,6 (1,01)	4,4 (0,93)	0,865
LI*(у.е.)	0,4 (1,9)	0,4 (2,2)	2,0 (0,44)	1,03 (0,22)	0,412
J-Index* (у.е.)	13,7 (4,9)	14,3 (4,7)	13,09 (2,88)	12,08 (2,54)	0,914
LBGI* (у.е.)	3,5 (1,9)	3,1 (1,9)	2,9 (0,64)	4,3 (0,90)	0,764
HBGI*(у.е.)	0,4 (4,2)	0,2 (3,8)	1,0 (0,22)	0,8 (0,17)	0,886
GRADE* (у.е.)	0,4 (2,0)	0,4 (2,1)	0,5 (0,11)	0,6 (0,13)	0,960
MODD*(у.е.)	0,8 (1,3)	0,8 (1,4)	0,8 (0,18)	0,8 (0,17)	0,258
MAGE* (у.е.)	1,4 (0,5)	1,4 (0,7)	2,8 (0,32)	1,5 (0,33)	0,022
ADRR*(у.е.)	0,4 (4,5)	5,5 (4,1)	7,0 (1,54)	2,9 (0,61)	0,165
M-value* (у.е.)	5,5 (4,1)	4,7 (3,8)	4,9 (1,08)	6,8 (1,36)	0,888
MAG* (у.е.)	1,4 (0,3)	1,3 (0,4)	1,4 (0,31)	1,5 (0,32)	0,998

Примечание: непрерывное перекрывающееся время нахождения в гликемическом состоянии (CONGA), индекс лабильности (LI), средняя амплитуда гликемических отклонений (J-Index), индекс риска гипогликемии (LBGI), индекс риска гипергликемии (HBGI), оценка гликемического риска по уравнению диабета (GRADE), среднее значение ежедневных различий средних значений глюкозы (MODD), средняя амплитуда отклонений уровня глюкозы от среднесуточных значений более 1 SD (MAGE), среднесуточный коэффициент риска гипо- и гипергликемии (ADRR), индекс контроля уровня глюкозы крови (M-value), средний абсолютный уровень глюкозы (MAG). Каждый параметр независимо оценивает весь диапазон показателей глюкозы в процессе НМГ в течение 14 дней

У спортсменов среднее значение экскурсий глюкозы, превышающих по модулю одно стандартное отклонение SD (индекс MAGE) статистически достоверно выше (U-критерий Манна-Уитни, p=0,022) (табл. 4) по сравнению со здоровыми лицами европеоидной расы. Индекс MAGE является статистической мерой изменчивости гликемии и в клинической практике используется для оценки качества контроля уровня глюкозы. В исследуемой группе спортсменов наблюдается более выраженная средняя амплитуда колебаний глюкозы по сравнению с нормальными значениями

в европеоидной популяции лиц без диабета. По другим параметрам, оценивающим ВГ, статистически достоверных различий между исследуемыми группами и лицами европеоидной расы не обнаружено.

Заключение. Исследование вариативности физиологических показателей, отражающих динамику адаптации и восстановления резервов организма, широко используется в спортивной, клинической, авиакосмической, профилактической медицине. Методические подходы анализа механизмов управления гомеостазом организма на уровне гуморальной, вегетативной и центральной звеньев регуляции сердечного ритма наиболее глубоко проработаны на базе оценки показателей вариационной пульсометрии (Р.М. Баевский, 1979 г.). Достаточно конкретно прописаны диапазоны вариабельности сердечного ритма и их оценка с помощью спектрального анализа ВСР для различных ситуаций, включая спортивную практику [26]. В настоящее время в спортивной практике отчётливо показано, что снижение вариабельности сердечного ритма на фоне повышения частоты сердечных сокращений означает снижение адаптационного резерва и замедление процессов восстановления на фоне тренировочных нагрузок [27]. Избыточная вариабельность артериального давления в клинической медицине – прогностический неблагоприятный признак в отношении сердечнососудистых осложнений. По сути дела, любой физиологический процесс, участвующий в краткосрочной и долгосрочной адаптации характеризуется синусоидальным ответом, в котором заложена реализация конкретного потенциала с одной стороны, а с другой – способность к его восстановлению. Метаболизм глюкозы – это тот базовый энергетический процесс, который обеспечивает развитие мощности и ёмкости гликолитических механизмов энергообеспечения мышечной деятельности. Первичный анализ гликемических портретов здоровых добровольцев показал индивидуальные особенности метаболических стратегий реализации гомеостаза глюкозы в организме спортсменов и не спортсменов. Вместе с тем, современные существующие методологические подходы нацелены на прогноз развития сахарного диабета и его осложнений в рамках клинического диапазона гликемии. У здоровых людей, спортсменов с высокими резервами гомеостаза глюкозы данные показатели имеют ограниченное значение, поскольку не отражают те возможные резервы и ресурсы, которые формируются в процессе занятий спортом. Остро необходим новый методологический подход определения особого статуса спортсмена с позиции реализации гликемического гомеостаза. Разработка методологических подходов оценки гликемического профиля на базе статистических и геометрических методов анализа частотных и амплитудных показателей НМГ, характеризующих мощность регуляторных систем, обеспечивающих гомеостаз глюкозы и способность к восстановлению на фоне высоких энерготрат, послужила бы высокоинформативным инструментом прогноза эффектов гликолитических нагрузок на углеводный статус и его управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Danne, T. International Consensus on Use of Continuous Glucose Monitoring / T. Danne // Diabetes care. – 2017. – Vol. 40. – № 12. – pp. 1631–1640. DOI: 10.2337/dc17-1600.

2. Климонтов, В. В. Вариабельность гликемии при сахарном диабете / В. В. Климонтов, Н. Е. Мякина. – Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2016. – 252 с. ISBN: 978-5-4437-0578-1.

3. Климонтов, В. В. Влияние вариабельности гликемии на риск развития сердечно-сосудистых осложнений при сахарном диабете / В. В. Климонтов // Кардиология. – 2018. – Т. 58. – № 10. – С. 80–87. DOI: 10.18087/cardio.2018.10.10152.

4. Monnier, L. Glucose variability and diabetes complications: Risk factor or biomarker? Can we disentangle the "Gordian Knot"? / L. Monnier,

C. Colette, D. Owens // Diabetes Metab. – 2021. – Vol. 47. – № 3. – pp. 1012–1025. DOI: 10.1016/j.diabet.2021.101225.

5. Organization, Definition and Diagnosis of Diabetes Mellitus and Intermediate Hyperglycemia // World Health Organization. Geneva, Switzerland. –2006 – 50 p.

6. American Diabetes Association. Diagnosis and classification of diabetesmellitus. Diabetes Care. – 2010 – № 33 (Suppl. 1). – pp. 62-69. DOI: 10.2337/dc10-S062.

7. Hill, N. R. Normal reference range for mean tissue glucose and glycemic variability derived from continuous glucose monitoring for subjects without diabetes in different ethnic groups / Hill N. R., Oliver N. S., Choudhary P. [et al] // Diabetes Technol. Ther. – 2011. – Vol. 13. – № 9. – pp. 921–928. DOI: 10.1089/dia.2010.0247.

8. Семенова, Ю. Ф. Показатели вариабельности уровня глюкозы и времени нахождения в диапазонах у лиц с нормальной толерантностью к глюкозе по данным непрерывного мониторинга / Ю. Ф. Семенова // Сахарный диабет-2021: от мониторинга к управлению: Матер. IV Рос. междисциплинарной науч.-практ. конф. с междунар. участ., Новосибирск, 26–27 мая 2021 года. – Новосибирск: НИИКЭЛ – филиал ИЦиГ СО РАН, 2021. – С. 153–157.

9. Blood Glucose Levels of Subelite Athletes During 6 Days of Free Living / F. Thomas, C. Pretty, T. Desaive, J. Chase / J. Diabetes Sci. Technol. – 2016. – Vol. 10. – № 6. – pp. 1335–1343. Published 2016 Nov 1. DOI: 10.1177/19322968 16648344.

10.Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic performance // Journal of the American Dietetic Association. – 2000. – Vol. 100. – № 12. – pp. 1543–1556. DOI: 10.1016/S0002-8223(00)00428-4.

11.Jacobs, K. A. The efficacy of carbohydrate supplementation and chronic high- carbohydrate diets for improving endurance performance / K. A. Jacobs, W. M. Sherman // Int. J. Sport Nutr. – 1999. – Vol. 9. – № 1. – pp. 92–115.

12.Borghouts, L. B. Exercise and insulin sensitivity: a review / L. B. Borghouts, H. A. Keizer // International journal of sports medicine. – 2000. – Vol. 21. – № 1. – pp. 1–12. DOI: 10.1055/s-2000-8847.

13.Суточная динамика содержания адреналина и норадреналина в миокарде желудочков у крыс под влиянием физических нагрузок при изменении условий среды / Джандарова Т. И., Мазевская Ю. С., Скотарева А. А. [и др.] // Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований: Матер. XXVI междунар. науч.-практ. конф., North Charleston, 22–23 июня 2021 года. – Morrisville: Lulu Press, Inc., 2021. – С. 6–9.

14.Bloom, S. R. Differences in the metabolic and hormonal response to exercise between racing cyclists and untrained individuals / S. R. Bloom // The Journal of physiology. – 1976. – Vol. 258. – № 1. – P. 18. DOI: 10.1113/jphysiol.1976.sp011403.

15.Ivy, J. L. Muscle glycogen synthesis after exercise: effect of time of carbohydrate ingestion / J. L. Ivy // Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985). – 1988. – Vol. 64. – № 4. – pp. 1480–1485. DOI: 10.1152/jappl.1988.64.4.1480.

16.Marliss, E. B. Intense exercise has unique effects on both insulin release and its roles in glucoregulation: implications for diabetes / E. B. Marliss, M. Vranic // Diabetes. – 2002. – № 51 (suppl. 1). – pp. 271–283.

17.Black, A. E. Critical evaluation of energy intake using the Goldberg cut-off for energy intake:basal metabolic rate. A practical guide to its calculation, use and limitations" / A. E. Black // International journal of obesity and related metabolic disorders: journal of the International Association for the Study of Obesity. – 2000. – Vol. 24. – № 9. – pp. 1119–1130. DOI: 10.1038/sj.ijo.0801376.

18.Черникова, Н. А. Новые возможности в управлении сахарным диабетом с помощью Flash мониторирования глюкозы / Н. А. Черникова // Эндокринология. Новости. Мнения. Обучение. – 2021. – Т. 10. – № 3(36). – С. 88–94. DOI: 10.33029/2304-9529-2021-10-3-88-94.

19.Clinical targets for continuous glucose monitoring data interpretation: Recommendations from the international consensus on time in range / T. Battelino, T. Danne, R. M. Bergenstal, S.A. Amiel // Diabetes Care. – 2019. – № 42 (8). – pp. 1593–1603. DOI: https://doi.org/10.2337/dci19-0028.

20.Hill, N. R. Method for assessing quality of control from glucose profiles / N. R. Hill, P. C. Hindmarsh, R. J. Stevens // Diabet Med. – 2007 . – V. 24. – № 7. – pp. 753-758. DOI: 10.1111/j.1464-5491.2007.02119.x.

21.Krinsley, J. S. Effect of an intensive glucose management protocol on the mortality of critically ill adult patients / J. S. Krinsley // Mayo Clinic proceedings. – 2004. – Vol. 79. – № 8. – pp. 992–1000. DOI: 10.4065/79.8.992

22.Van den Berghe, G. Intensive insulin therapy in the critically ill patients / G. Van den Berghe, P. Wouters, W. Weekers // N. Engl. J. Med. – 2001. – № 345(19). – pp. 1359–1367.

23.Levitan, E. B. Is nondiabetic hyperglycemia a risk factor for cardiovascular disease? A meta-analysis of prospective studies / E. B. Levitan // Archives of internal medicine. – 2004. – Vol. 164. – № 19. – pp. 2147–2155. DOI: 10.1001/archinte.164.19.2147.
24.Nishida, T. Oral glucose tolerance test predicts prognosis of patients with liver cirrhosis / T. Nishida, S. Tsuji, M. Tsuji // Am. J. Gastroenterol. – 2006. – Vol. 101. – № 1. – pp. 70–75.
25.Tirosh, A. Normal fasting plasma glucose levels and type 2 diabetes in young men / A. Tirosh, I. Shai, D. Tekes-Manova // N. Engl. J. Med. – 2005. – № 353(14). – pp. 1454–1462.
26.Шлык, Н. И. Оценка качества тренировочного процесса у спортсменов на основе экспресс-анализа вариабельности сердечного ритма с учетом индивидуального типа регуляции / Н. И. Шлык, Е. С. Лебедев, О. С. Вершинина // Теория и практика физической культуры. – 2019. – № 2. – С. 18-20.
27.Коломиец, О. И. Анализ качества восстановления спортсменов на основе Firstbeat-мониторинга (вариабельность сердечного ритма) / О. И. Коломиец, Е. В. Быков, Н. П. Петрушкина // Научно-спортивный вестник Урала и Сибири. – 2019. – № 3(23). – С. 3–13.

REFERENCES

1. Danne T. International Consensus on Use of Continuous Glucose Monitoring. *Diabetes Care*, 2017, vol. 40, no. 12, pp. 1631–1640. DOI: 10.2337/dc17-1600.
2. Klimontov V.V., Myakina N.E. Glycemic variability in diabetes mellitus. Novosibirsk: Novosibirsk National Research State University, 2016. 252 p. (in Russ.)
3. Klimontov V.V. Influence of glycemic variability on the risk of cardiovascular complications in diabetes mellitus. *Cardiology*, 2018, vol. 58, no. 10, pp. 80–87. DOI: 10.18087/cardio.2018.10.10152. (in Russ.)
4. Monnier L., Colette C., Owens D. Glucose variability and diabetes complications: Risk factor or biomarker? Can we disentangle the "Gordian Knot"? *Diabetes Metab*, 2021, vol. 47, no. 3, pp. 1012–1025. DOI: 10.1016/j.diabet.2021.101225.
5. Organization, Definition and Diagnosis of Diabetes Mellitus and Intermediate Hyperglycemia. World Health Organization. Geneva, Switzerland, 2006. 50 p.
6. American Diabetes Association. Diagnosis and classification of diabetesmellitus. *Diabetes Care*, 2010, no. 33 (Suppl. 1), pp. 62–69. DOI: 10.2337/dc10-S062.
7. Hill N.R. Oliver N.S., Choudhary P., J.C Levy, Hindmarsh P., Matthews D.R. Normal reference range for mean tissue glucose and glycemic variability derived from continuous glucose monitoring for subjects without diabetes in different ethnic groups. *Diabetes Technol. Ther.*, 2011, vol. 13, no. 9, pp. 921–928. DOI: 10.1089/dia.2010.0247.
8. Semenova Yu.F. Indicators of glucose level variability and time spent in ranges in individuals with normal glucose tolerance according to the continuous monitoring data. Diabetes mellitus-2021: from monitoring to management: Materials of the IV Russian Interdisciplinary Scientific and Practical Conference with international participation. Novosibirsk, May 26-27, 2021. pp. 153–157. (in Russ.)
9. Thomas F., Pretty C.G., Desaive T., Chase J.G. Blood Glucose Levels of Subelite Athletes During 6 Days of Free Living. *J. Diabetes Sci. Technol*, 2016, vol. 10, no. 6, pp. 1335–1343. DOI: 10.1177/1932296816648344.
10.Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic performance // *Journal of the American Dietetic Association*, 2000, vol. 100, no. 12, pp. 1543–1556. DOI: 10.1016/S0002-8223(00)00428-4.
11.Jacobs K.A, Sherman W.M. The efficacy of carbohydrate supplementation and chronic high-carbohydrate diets for improving endurance performance. *J. Sport Nutr*, 1999, vol. 9, no. 1, pp. 92–115.
12.Borghouts L.B, Keizer H.A. Exercise and insulin sensitivity: a review. *International journal of sports medicine*, 2000, vol. 21, no. 1, pp. 1–12. DOI: 10.1055/s-2000-8847.
13.Dzhandarova T.I., Mazevskaya Yu.S., Skotareva A.A. et al. Daily dynamics of adrenaline and norepinephrine content in the ventricular myocardium in rats under the influence of physical loads in changing environmental conditions. Current Directions of Fundamental and Applied Research: Materials of the XXVI International Scientific and Practical Conference, North Charleston, June 22-23, 2021. Morrisville: Lulu Press, Inc., 2021. pp. 6–9. (in Russ.)
14.Bloom S.R. Differences in the metabolic and hormonal response to exercise between racing cyclists and untrained individuals. The Journal of physiology, 1976, vol. 258, no. 1, pp. 18. DOI: 10.1113/jphysiol.1976.sp011403.
15.Ivy J.L. Muscle glycogen synthesis after exercise: effect of time of carbohydrate ingestion.

Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985), 1988, vol. 64, no. 4, pp. 1480–1485. DOI: 10.1152/jappl.1988.64.4.1480.
16.Marliss E.B., Vranic M. Intense exercise has unique effects on both insulin release and its roles in glucoregulation: implications for diabetes. *Diabetes*, 2002, no. 51 (suppl. 1), pp. 271–283.
17.Black A.E. Critical evaluation of energy intake using the Goldberg cut-off for energy intake: basal metabolic rate. A practical guide to its calculation, use and limitations. International journal of obesity and related metabolic disorders: journal of the International Association for the Study of Obesity, 2000, vol. 24, no. 9, pp. 1119–1130. DOI: 10.1038/sj.ijo.0801376.
18.Chernikova N.A. New possibilities in diabetes mellitus management using the Flash glucose monitoring. *Endocrinology. News. Opinions. Training*, 2021, vol. 10, no. 3(36), pp. 88–94 DOI: 10.33029/2304-9529-2021-10-3-88-94. (in Russ.)
19.Battelino T., Danne T., Bergenstal R.M., Amiel S.A. Clinical targets for continuous glucose monitoring data interpretation: Recommendations from the international consensus on time in range. *Diabetes Care*, 2019, no. (8), pp. 1593–603. DOI: https://doi.org/10.2337/dci19-0028.
20.Hill N.R., N.R. Hill, Hindmarsh P.C., Stevens R.J. Method for assessing quality of control from glucose profiles. *Diabet Med*, 2007, vol. 24, no. 7, pp. 753–758. DOI: 10.1111/j.1464-5491.2007.02119.x.
21.Krinsley J.S. Effect of an intensive glucose management protocol on the mortality of critically ill adult patients. *Mayo Clinic proceedings*, 2004, vol. 79, no. 8, pp. 992–1000. DOI: 10.4065/79.8.992.
22.Van den Berghe G., Wouters P., Weekers W. Intensive insulin therapy in the critically ill patients. *N. Engl. J. Med*, 2001, no. 345(19), pp. 1359–1367.
23.Levitan E.B. Is nondiabetic hyperglycemia a risk factor for cardiovascular disease? A meta-analysis of prospective studies. Archives of internal medicine, 2004, vol. 164, no. 19, pp. 2147–2155. DOI:10.1001/archinte.164.19.2147.
24.Nishida T., Tsuji S., Tsuji M. Oral glucose tolerance test predicts prognosis of patients with liver cirrhosis. *Am. J. Gastroenterol*, 2006, vol. 101, no. 1, pp. 70–75.
25.Tirosh A. Shai I., Tekes-Manova D. Normal fasting plasma glucose levels and type 2 diabetes in young men. *N. Engl. J. Med*, 2005, no. 353(14), pp. 1454–146
26.Shlyk N.I., Lebedev E.S., Vershinina O.S. Evaluation of the quality of the training process in athletes based on express analysis of heart rate variability taking into account the individual type of regulation. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2019, no. 2, pp. 18–20. (in Russ.)
27.Kolomiets O.I., Bykov E.V., Petrushkina N.P. Analysis of the quality of recovery of athletes based on Firstbeat monitoring (heart rate variability). *Scientific and Sports Bulletin of the Urals and Siberia*, 2019, no. 3(23), pp. 3–13. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Анастасия Юрьевна Хребтова – кандидат биологических наук, доцент кафедры биохимии, Уральский государственный университет физической культуры, Челябинск, e-mail: khrebtova.anastasia@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0013-6317.
Евгений Витальевич Быков – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой спортивной медицины и физической реабилитации, проректор по научно-исследовательской работе, Уральский государственный университет физической культуры, Челябинск, e-mail: bev58@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-7506-8793.
Анатолий Иванович Кузин – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой терапии, клинической фармакологии с курсом эндокринологии и диетологии института дополнительного профессионального образования, Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, e-mail: aikq74@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0962-8980.
Ольга Викторовна Камерер – доцент-кандидат медицинских наук, доцент, кафедры терапии, клинической фармакологии с курсом эндокринологии и диетологии института дополнительного профессионального образования, Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, e-mail: okamerer@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5243-3399.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Anastasia Yur'evna Khrebtova – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Biochemistry Department, Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, e-mail: khrebtova.anastasia@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0013-6317.

Evgenij Vital'evich Bykov – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Sports Medicine and Physical Rehabilitation, Research Activity Vice-Rector, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, e-mail: aikq74@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0962-8980.
Anatolij Ivanovich Kuzin – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Therapy, Clinical Pharmacology with the course of Endocrinology and Nutrition of the Advanced Professional Education Institute, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, e-mail: aikq74@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0962-8980.
Ol'ga Viktorovna Kamerer – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Therapy, Clinical Pharmacology with the course of Endocrinology and Nutrition of the Advanced Professional Education Institute, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, e-mail: okamerer@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5243-3399.

Для цитирования: Методологические подходы гликемического контроля в практике спорта по данным непрерывного мониторирования глюкозы / А. Ю. Хребтова, Е. В. Быков, А. И. Кузин, О. В. Камерер // Российский журнал спортивной науки: медицина, физиология, тренировка. – 2022. – Т. 1. – № 1. DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_8

For citation: Khrebtova A.Yu., Bykov E.V., Kuzin A.I., Kamerer O.V. Methodological approaches of glycemic control in sports practice based on continuous glucose monitoring data. *Russian Journal of Sports Science: Medicine, Physiology, Training*, 2022, vol. 1, no. 1. DOI: 10.51871/2782-6570_2022_01_01_8

СКФНКЦ ФМБА России
Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр

Контакты:

Тел.: 8 (906)-471-14-05
Тел./факс: 8 (87974) 63-150
e-mail: int@skfmba.ru

Адрес: Россия, Ставропольский край, г. Ессентуки, ул. Советская, д. 24
Почтовый индекс: 357600