



# Спортивная Медицина:

наука и практика



T. 12 №1

2022

*Sports  
Medicine:*

*research and practice*



# **КЛИНИКА ЛУЖНИКИ** спортивная медицина

**Клиника спортивной медицины «Лужники» — 70-летний опыт в медицинском обеспечении профессионального спорта высших достижений.**

**Клиника «Лужники» ведет научно-практическую деятельность. Наши специалисты принимают участие в крупнейших конференциях, обмениваются опытом с ведущими клиниками и университетами. На базе Клиники функционирует научно-клиническое отделение Кафедры спортивной медицины и медицинской реабилитации Сеченовского Университета.**

**Основные направления деятельности: углубленные медицинские обследования, функциональная диагностика, кардиология, восстановительное лечение.**



**АНО «Клиника Спортивной Медицины»  
Москва, ул. Лужники, 24, стр. 1  
+7 495 125 000 5 | [www.csmed.ru](http://www.csmed.ru)**



СЕЧЕНОВСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ



КЛИНИКА ЛУЖНИКИ  
спортивная медицина

#### УЧРЕДИТЕЛИ:

ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)  
119991, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2  
Автономная некоммерческая организация «Клиника Спортивной Медицины-Лужники»  
119048, Москва, ул. Лужники, д. 24  
Ачкасов Евгений Евгеньевич  
121309, Москва, 1-й Волоколамский проезд, д. 15/16

# Спортивная медицина: наука и практика

## научно-практический журнал

#### ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Назначение журнала «Спортивная медицина: наука и практика» — обеспечение спортивных врачей и других специалистов в области спортивной медицины (врачи сборных команд и клубов, врачебно-спортивных диспансеров, фармакологов, кардиологов, травматологов, психологов, физиотерапевтов, специалистов функциональной диагностики и т.д.) информацией об отечественном и зарубежном опыте и научных достижениях в сфере спортивной медицины, антидопингового обеспечения спорта и реабилитационных программ для спортсменов.

#### ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

**Ачкасов Е.Е.** — проф., д.м.н., зав. каф. спортивной медицины и медицинской реабилитации, директор Клиники медицинской реабилитации Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), зам. председателя медицинского комитета Российского футбольного союза (Россия, Москва)

#### ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

**Поляев Б.А.** — проф., д.м.н., зав. каф. реабилитации и спортивной медицины РНИМУ им. Н.И. Пирогова, главный специалист по спортивной медицине Минздрава России (Россия, Москва)

**Медведев И.Б.** — проф., д.м.н., руководитель Комиссии ПКР по медицине, антидопингу и классификации спортсменов (Россия, Москва)

#### НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР:

**Ханферьян Р.А.** — проф., д.м.н., профессор каф. иммунологии и аллергологии РУДН (Россия, Москва)

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Асанов А.Ю.** — проф., д.м.н., зав. каф. медицинской генетики Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), член Европейского общества генетики человека (ESHG) (Россия, Москва)

**Бурчер Мартин** — проф., д.м.н., глава секции спортивной медицины Института спортивных наук Университета Инсбрука (Австрия, Инсбрук)

**Глазачев О.С.** — проф., д.м.н., профессор каф. нормальной физиологии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет) (Россия, Москва)

**Гончаров Н.Г.** — проф., д.м.н., зав. каф. травматологии и ортопедии РМАНПО (Россия, Москва) (*Травматология и ортопедия*)\*

**Гуревич К.Г.** — проф. РАН, проф., д.м.н., зав. каф. ЮНЕСКО «ЗОЖ — залог успешного развития» МГМСУ им. А.И. Евдокимова (Россия, Москва)

**Дидур М.Д.** — проф., д.м.н., директор Института мозга человека им. Н.П. Бехтерева РАН (Россия, Санкт-Петербург) (*Клиническая медицина*)\*

**Епифанов А.В.** — проф., д.м.н., зав. каф. восстановительной медицины МГМСУ им. А.И. Евдокимова (Россия, Москва) (*Нервные болезни*)\*

**Каркищенко В.Н.** — проф., д.м.н., директор Научного центра биомедицинских технологий ФМБА России (Россия, Москва) (*Фармакология, клиническая фармакология*)\*

**Касрадзе П.А.** — проф., д.м.н., директор департамента спортивной медицины и медицинской реабилитации Центральной Университетской клиники и зав. каф. спортивной медицины и медицинской реабилитации Тбилисского государственного медицинского университета (Грузия, Тбилиси)

**Касимова Г.П.** — проф., д.м.н., зав. каф. спортивной медицины и медицинской реабилитации института постдипломного образования Казахского Национального медицинского университета им. С.Д. Асфендиярова (Казахстан, Алматы)

**Ландырь А.П.** — к.м.н., доцент клиники спортивной медицины и реабилитации Тартуского университета (Эстония, Тарту)

**Маргазин В.А.** — проф., д.м.н., профессор каф. медико-биологических основ спорта Ярославского ГПУ им. К.Д. Ушинского (Россия, Ярославль) (*Гигиена*)\*

**Николенко В.Н.** — проф., д.м.н., зав. каф. анатомии человека Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет) (Россия, Москва) (*Медико-биологические науки*)\*

**Оганесян А.С.** — проф., д.б.н., начальник Антидопинговой службы Армении Республиканского центра спортивной медицины и антидопинговой службы ГНКО (Армения, Ереван)

**Осадчук М.А.** — проф., д.м.н., зав. каф. поликлинической терапии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет) (Россия, Москва)

**Парастаев С.А.** — проф., д.м.н., профессор каф. реабилитации и спортивной медицины РНИМУ им. Н.И. Пирогова (Россия, Москва) (*Профилактическая медицина*)\*

**Поляков С.Д.** — проф., д.м.н., главный научный сотрудник Национального медицинского исследовательского Центра здоровья детей Минздрава России (Россия, Москва) (*Педиатрия*)\*

**Потапов В.Н.** — проф., д.м.н., профессор каф. гериатрии и медико-социальной экспертизы РМАНПО (Россия, Москва)

**Пузин С.Н.** — акад. РАН, проф., д.м.н., зав. каф. медико-социальной экспертизы и гериатрии РМАНПО (Россия, Москва) (*Медико-социальная экспертиза и медико-социальная реабилитация*)\*

**Середа А.П.** — д.м.н., профессор каф. восстановительной медицины, лечебной физкультуры и спортивной медицины (курортологии и физиотерапии) Института повышения квалификации ФМБА России (Россия, Москва) (*Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия*)\*

**Смоленский А.В.** — проф., д.м.н., директор НИИ спортивной медицины, зав. каф. спортивной медицины РГУФКСМиТ (ГЦОЛИФК) (Россия, Москва) (*Кардиология*)\*

**Суста Дэвид** — доктор наук, спортивный врач, ведущий научный сотрудник Центра профилактической медицины Городского Университета Дублина (Ирландия, Дублин)

**Токаев Э.С.** — проф., д.т.н., ген. директор ЗАО Инновационная компания «АКАДЕМИЯ-Г» (Россия, Москва)

**Збигнев Вашкевич** — доктор медицины, профессор каф. физического воспитания Академии физического воспитания им. Ежи Кукучки (Польша, Катовицы)

#### РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

**Бернарди Марко** — доктор медицины, профессор каф. физиологии и фармакологии «Витторио Эспамер» Университета Салиенца (Италия, Рим)

**Караулов А.В.** — акад. РАН, проф., д.м.н., зав. каф. клинической иммунологии и аллергологии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет) (Россия, Москва)

**Мариани Пьер Паоло** — проф., доктор медицины, проректор Римского Университета «Форо Италико», травматолог-ортопед клиники «Вилла Стюарт» (Италия, Рим)

**Рахманин Ю.А.** — акад. РАН, проф., д.м.н., главный научный консультант Центра стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью (Россия, Москва)

**Шкробко А.Н.** — проф., д.м.н., проректор по учебной работе, зав. каф. лечебной физкультуры и врачебной работы с физиотерапией ЯГМА (Россия, Ярославль)

\* Член редакционной коллегии, ответственный за данную научную специальность или группу специальностей



СЕЧЕНОВСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ



КЛИНИКА ЛУЖНИКИ  
СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА

## Founded by:

Sechenov First Moscow State Medical University  
(Sechenov University)  
8-2, Trubetskaya str., Moscow, 119991, Russia  
Luzhniki Sports Medicine Clinic  
24, Luzhniki str., Moscow, 119048, Russia  
Evgeny E. Achkasov  
15/16, pr-d 1-j Volokolamskij,  
Moscow, 121309, Russia

# Sports Medicine: Research and Practice

## research and practical journal

### FOCUS AND SCOPE

"Sports medicine: research and practice" journal provides information for physicians (team physicians, prophylactic centers doctors, pharmacists, cardiologists, traumatologists, psychologists, physiotherapists, functional diagnosticians) based on native and foreign experience and scientific achievements in sports medicine, doping studies and rehabilitation programs for athletes.

#### EDITOR-IN-CHIEF:

**Evgeny Achkasov** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Sports Medicine and Medical Rehabilitation, Director of the Clinic of Medical Rehabilitation of the Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Deputy Chairman of the Medical Committee of the Russian Football Union (Moscow, Russia)

#### ASSOCIATE EDITORS:

**Boris Polyakov** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Exercise Therapy, Sports Medicine and Recreation Therapy of the Pirogov Russian National Research Medical University, Senior Expert (Sports Medicine) of the Ministry of Health of the Russian Federation (Moscow, Russia)

**Igor Medvedev** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Medicine, Anti-Doping and Athletes Classification Commission of the Russian Paralympic Committee (Moscow, Russia)

#### SCIENTIFIC EDITOR:

**Roman Khanferyan** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Professor of the Department of Immunology and Allergology of The Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University) (Moscow, Russia)

#### EDITORIAL BOARD:

**Aly Asanov** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Clinical Genetics of the Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Member of the European Society of Human Genetics (ESHG) (Moscow, Russia)

**Martin Burtscher** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of Sports Medicine Section of the Institute of Sports Science of the University of Innsbruck (Innsbruck, Austria)

**Oleg Glazachev** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Professor of the Department of Normal Physiology of the Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) (Moscow, Russia)

**Nikolay Goncharov** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Traumatology and Orthopedics of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education (Moscow, Russia) (*Traumatology and Orthopedics*)\*

**Konstantin Gurevich** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Professor of the Russian Academy of Sciences, Head of the UNESCO Department «A healthy lifestyle is a guarantee of progress» of the A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry (Moscow, Russia)

**Mikhail Didur** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Director of the Bekhtereva Institute of Human Brain of the Russian Academy of Sciences (Saint-Petersburg, Russia) (*Clinical Medicine*)\*

**Aleksandr Epifanov** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Medical Rehabilitation of the A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry (Moscow, Russia) (*Diseases of Nervous System*)\*

**Vladislav Karkishchenko** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Director of the Research Centre of Biomedical Technologies of the Federal Medical and Biological Agency of Russia (Moscow, Russia) (*Pharmacology, Clinical Pharmacology*)\*

**Pavel Kasradze** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Director of Sports Medicine and Rehabilitation at the Central University Hospital, Head of the Department of Sports Medicine and Medical Rehabilitation of the Tbilisi State Medical University (Tbilisi, Georgia)

**Gulnara Kasymova** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Sports Medicine and Medical Rehabilitation of the Institute of Postgraduate Education of the Asfendiyarov Kazakh National Medical University (Almaty, Kazakhstan)

**Anatoliy Landyr** — M.D., Ph.D. (Medicine), Assistant Professor of Clinic of Sports Medicine and Rehabilitation, University of Tartu (Estonia, Tartu)

**Vladimir Margazin** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Professor of the Department of Medical and Biological Bases of Sport of the Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky (Yaroslavl, Russia) (*Hygiene*)\*

**Vladimir Nikolenko** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Human Anatomy of the Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) (Moscow, Russia) (*Biomedical Science*)\*

**Areg Hovhannisyan** — Ph.D. (Biology), Prof., Chief of the Anti-Doping Service of Armenia (Yerevan, Armenia)

**Mikhail Osadchuk** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Ambulatory Therapy of the Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) (Moscow, Russia)

**Sergey Parastayev** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Professor of the Department of Rehabilitation and Sports Medicine of the Pirogov Russian National Research Medical University (Moscow, Russia) (*Preventive Medicine*)\*

**Sergey Polyakov** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Chief Researcher of the National Medical Research Center for Children's Health (Moscow, Russia) (*Pediatrics*)\*

**Vladimir Potapov** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Professor of the Department of Geriatrics and Medical and Social Expertise of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education (Moscow, Russia)

**Sergey Puzin** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Medical and Social Expertise and Geriatrics of the Russian Medical Academy of Postgraduate Education (Moscow, Russia) (*Medical and Social Expert Evaluation and Rehabilitation*)\*

**Andrey Sereda** — M.D., D.Sc. (Medicine), Professor of the Department of Restorative Medicine, Physical Therapy and Sports Medicine (Balneology and Physiotherapy) of the Institute of Advanced Training of the Federal Medical and Biological Agency of Russia (Moscow, Russia) (*Restorative Medicine, Sports Medicine, Exercise Therapy, Balneology and Physiotherapy*)\*

**Andrey Smolenskiy** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Director of the Research Institute of Sports Medicine, Head of the Department of Sports Medicine of the Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism (Moscow, Russia) (*Cardiology*)\*

**Davide Susta** — M.D., Doctor of Sports Medicine, Principal Researcher of Center for Preventive Medicine of the Dublin City University (Dublin, Ireland)

**Enver Tokaev** — D.Sc. (Technics), Prof., CEO of the «ACADEMY-T» CJSC Innovative Company

**Zbigniew Waśkiewicz** — M.D., Professor of the Faculty of Physical Education of the Jerzy Kukuczka Academy of Physical Education (Poland, Katowice)

#### EDITORIAL COUNCIL:

**Marco Bernardi** — M.D., Professor of the Department of Physiology and Pharmacology «Vittorio Ersparmer» of the Sapienza University of Rome (Rome, Italy)

**Aleksandr Karaulov** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Clinical Immunology and Allergology of the Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) (Moscow, Russia)

**Pier Paolo Mariani** — M.D., Prof., Vice-President of the «Foro Italico» Rome University, traumatologist-orthopaedist of the «Villa Stuart» Hospital (Rome, Italy)

**Yuriy Rakhmanin** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Academician of the Russian Academy of Sciences, Chief Scientific Expert of the Center of Strategic Planning and Biomedical Health Risk Management (Moscow, Russia)

**Aleksandr Shkrebo** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Vice-rector for Academic Affairs, Head of the Department of Exercise Therapy and Medical Control with the Course of Physical Medicine of the Yaroslavl State Medical Academy (Yaroslavl, Russia)

\* Member of the Editorial Board Responsible for Scientific Specialty or Group of Specialties

**РУБРИКИ ЖУРНАЛА:**

- Антидопинговое обеспечение
- Биомедицинские технологии
- Детский и юношеский спорт
- Заболевания спортсменов
- Неотложные состояния
- Организация медицины спорта
- Паралимпийский спорт
- Реабилитация
- Социология и педагогика в спорте
- Спортивная генетика
- Спортивная гигиена
- Спортивное питание
- Спортивная психология
- Спортивная травматология
- Фармакологическая поддержка
- Физиология и биохимия спорта
- Функциональная диагностика
- Новости спортивной медицины

**ВИДЫ ПУБЛИКУЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ:**

- Оригинальные исследования
- Обзоры литературы
- Лекции
- Клинические наблюдения, случаи из практики
- Комментарии специалистов
- Краткие сообщения

**Издатель:**

Некоммерческое партнерство «Национальный электронно-информационный консорциум» (НП «НЭИКОН»)

115114, Москва, ул. Летниковская, д. 4, стр. 5, офис 2.4

тел./факс: +7 (499) 754-99-94

<https://neicon.ru/>

**Заведующая редакцией журнала:**

Юрку Ксения Алексеевна

Тел.: +7 (926) 648-78-64

E-mail: [info@smjournal.ru](mailto:info@smjournal.ru)

**Редакция:**

119435, Россия, Москва, Большая Пироговская улица, 2, стр. 9

**Типография:**

ООО «Издательство "Трида"»

170034, Россия, Тверь, пр-т Чайковского, 9, оф. 514

**Сайт:**

[smjournal.ru](http://smjournal.ru)

[neicon.ru](http://neicon.ru)

Подписано в печать 30.04.2022

Формат 60x90/8

Тираж 1000 экз.

Цена договорная

Периодическое печатное издание «Спортивная медицина: наука и практика» зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций, Выписка из реестра зарегистрированных средств массовой информации по состоянию на 31.05.2019 г. серия ПИ № ФС77-75872 от «30» мая 2019 г.

Журнал включен ВАК в Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.

Плата за публикацию статей в журнале с аспирантов не взимается.

Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License. Присланные материалы не возвращаются. Точка зрения авторов может не совпадать с мнением редакции. Редакция не несет ответственности за достоверность рекламной информации.

Журнал издается с 2011 года  
Периодичность — 4 выпуска в год

Подписной индекс в каталоге «Пресса России» — 90998

© Спортивная медицина: наука и практика, оформление, 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

### Антидопинговое обеспечение

- А.А. Деревоедов, А.В. Жолинский, В.С. Феценко, И.Э. Высотский, И.Т. Выходец, А.А. Павлова*  
Анализ обращений врачей по вопросам противодействия допингу в спорте. . . . . 5

### Врачебный контроль

- Е.В. Брынцева*  
Ремоделирование миокарда левого желудочка у спортсменов игровых видов спорта. . . . . 11

### Организация медицины спорта

- Г.М. Загородный, Е.Н. Пинчук*  
Организация медицинского обеспечения международных спортивных мероприятий. . . . . 16
- И.В. Кобелькова, М.М. Коростелева, Д.Б. Никитюк*  
Некоторые аспекты влияния экстремальных климатических факторов на физическую работоспособность спортсменов. . . . . 25

### Реабилитация

- М.Ю. Яковлев, О.Д. Лебедева, В.Е. Владимирский, Е.В. Владимирский, А.Н. Лунина*  
Эффективность физических нагрузок в кардиореабилитации. . . . . 37

### Спортивное питание

- Э.С. Токаев, Е.А. Некрасов, И.С. Краснова, А.А. Хасанов*  
Клинические исследования специализированного продукта спортивного питания «Гемоспорт» для регулирования уровня гемоглобина у девочек-подростков, профессионально занимающихся спортом. . . . . 47
- Р.А. Ханферьян, И.В. Радыш, В.Н. Выборнов, З.Г. Орджоникидзе, В.И. Павлов, М.М. Коростелева, А.А. Антонов*  
Эффективность применения изотонических напитков для регидратации спортсменов детско-юношеского возраста. . . . . 56

### Спортивная травматология

- А.В. Смоленский, О.А. Шевелев, М.В. Петрова, М.Ю. Юрьев, Е.О. Шевелева, А.В. Тарасов, А.Б. Мирошиков*  
Профилактика осложнений спортивной черепно-мозговой травмы. . . . . 64
- А.С. Самойлов, М.В. Иванов, Н.Р. Жестянкин*  
Латеральный эпикондилит: тендинит или тендиноз? . . . . . 73

### Функциональная диагностика

- З.Н. Сукмарова, Ю.В. Овчинников, О.М. Ларина, С.О. Лепендин, О.В. Афонина, А.И. Громов*  
Отрыв хорд митрального клапана у высокотренированных мужчин в ранние сроки после COVID-19. Серия клинических случаев. . . . . 77
- В.Н. Комятова, Д.А. Беспоточный, Л.М. Макаров, И.И. Киселева, Н.В. Аксенова*  
Показатели артериального давления у юных элитных спортсменов при проведении пробы с дозированной физической нагрузкой. . . . . 86
- Д.В. Голубев*  
Автономный баланс — фактор изменения компонентов состава тела футболистов. . . . . 92

Журнал включен в российские и международные библиотечные и реферативные базы данных:



**FEATURED TOPICS:**

- Doping Studies
- Biomedical Technologies
- Children and Youth Sports
- Sports Diseases
- Prehospital Care and Emergency Medicine
- Sports Medicine Management
- Paralympic Sports
- Rehabilitation
- Sports Sociology and Pedagogics
- Sports Genetics
- Sports Hygiene
- Sports Supplements
- Sports Psychology
- Sports Traumatology
- Sports Pharmacology
- Sports Physiology and Biochemistry
- Functional Testing
- Sports Medicine News

**TYPES OF PUBLISHED MATERIALS:**

- Original Research
- Articles Review
- Lectures
- Clinical Cases
- Editorials
- Brief Reports

**Publisher:**

Nonprofit Partnership "National Electronic Information Consortium" (NEICON)  
4, bldng 5, of. 2.4, Letnikovskaya str., Moscow, 115114, Russia  
tel./fax: +7 (499) 754-99-94  
<https://neicon.ru/>

**Managing editor:**

Kseniya A. Yurku  
Mobile: +7 (926) 648-78-64  
E-mail: [info@smjournal.ru](mailto:info@smjournal.ru)

**Editorial Office:**

2-9, Bolshaya Pirogovskaya str., Moscow, 119435, Russia

**Printed by**

Publishing House Triada, Ltd.  
9, office 514, Tchaikovsky ave., Tver, 170034, Russia

**Websites:**

[smjournal.ru](http://smjournal.ru)  
[neicon.ru](http://neicon.ru)

Published: 30 April 2022  
60x90/8 Format  
1000 Copies

Media Outlet Registration Certificate PI № FS77-75872, May 30, 2019.

The Journal is included in the list of Russian reviewed scientific journals of the Higher Attestation Commission for publication of main results of Ph.D. and D.Sc. research.

There is no publication fee for postgraduate students.

Content is distributed under Creative Commons Attribution 4 License. Received papers and other materials are not subject to be returned. The authors view point may not coincide with editorial opinion. Editorial office is not responsible for accuracy of advertising information.

Published since 2011  
4 issues per year

«Russian Press» catalog index — 90998

© Sports medicine: research and practice, layout, 2022

**CONTENTS**

**Doping Studies**

*Aleksandr A. Derevoedov, Andrey V. Zholinsky, Vladimir S. Feshchenko, Igor E. Vysotskiy, Igor T. Vykhodets, Anna A. Pavlova*  
Analysis of doctors' appeals on the issues of countering doping in sports. . . . . 5

**Medical Control**

*Ekaterina V. Bryntseva*  
Left ventricular myocardial remodeling in playing sports athletes. . . . . 11

**Sports Medicine Management**

*Genaddy M. Zagorodny, Elena N. Pinchuk*  
Organization of medical care major sporting events. . . . . 16

*Irina V. Kobelkova, Margarita M. Korosteleva, Dmitriy B. Nikityuk*  
Some aspects of the influence of extreme climatic factors on the physical performance of athletes. . . . . 25

**Rehabilitation**

*Maxim Yu. Yakovlev, Olga D. Lebedeva, Vladimir E. Vladimirovsky, Evgeniy V. Vladimirovsky, Anna N. Lunina*  
The effectiveness of physical activity in cardiorehabilitation. . . . . 37

**Sports Supplements**

*Enver S. Tokaev, Evgeniy A. Nekrasov, Irina S. Krasnova, Adam A. Khasanov*  
Clinical researches of a specialized sports nutrition product "Hemosport" for the regulation of hemoglobin levels in adolescent girls who are professionally involved in sports. . . . . 47

*Roman A. Khanferyan, Ivan V. Radysh, Vasily N. Vybornov, Zurab G. Ordzhonikidze, Vladimir I. Pavlov, Margarita M. Korosteleva, Aleksander A. Antonov*  
Efficiency of a of isotonic drinks for rehydration of athletes of children and youth age . . . . . 56

**Sports Traumatology**

*Andrey V. Smolenskiy, Oleg A. Shevelev, Marina V. Petrova, Mikhail Yu. Yuryev, Ekaterina O. Sheveleva, Alexandr V. Tarasov, Alexandr B. Miroshnikov*  
Prevention of traumatic brain injury complications in sports. . . . . 64

*Alexander S. Samoylov, Mark V. Ivanov, Nikita R. Zhestyankin*  
Lateral epicondylitis: tendinitis or tendinosis?. . . . . 73

**Functional Testing**

*Zulfiya N. Sukmarova, Yuriy V. Ovchinnikov, Olga M. Larina, Sergey O. Lependin, Olga V. Afonina, Aleksander I. Gromov*  
Acute mitral valve chordae rupture in the early postcovid in heavy physical active men. Case series. . . . . 77

*Vera N. Komoliatova, Dmitriy A. Besportochinii, Leonid M. Makarov, Irina I. Kiseleva, Natalya V. Aksenova*  
Parameters of blood pressure during stress test in young elite athletes . . . . . 86

*Denis V. Golubev*  
Autonomous balance is a factor of changes in the components of the body composition of football players. . . . . 92

The Journal is included in Russian and International Library and Abstract Databases:

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА  
**eLIBRARY.RU**

**ULRICHSWEB™**  
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

**РУКОИТ**  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦИФРОВОЙ РЕСУРС

**INFOBASE INDEX**

**Crossref**

**Scientific Indexing Services**

**INDEX COPERNICUS**  
INTERNATIONAL

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.7>

УДК 614.35

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original research



## Анализ обращений врачей по вопросам противодействия допингу в спорте

А.А. Деревоедов<sup>1</sup>, А.В. Жолинский<sup>1</sup>, В.С. Фещенко<sup>1</sup>, И.Э. Высотский<sup>1</sup>,  
И.Т. Выходец<sup>2</sup>, А.А. Павлова<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», Москва, Россия

<sup>2</sup> Федеральное медико-биологическое агентство, Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** для совершенствования образовательной и информационной работы, направленной на повышение качества оформления медицинских документов для запроса на терапевтическое использование (далее — ТИ), был проведен анализ обращений врачей по вопросам противодействия допингу к специалисту по антидопинговой работе ФГБУ «ФНКЦСМ ФМБА России».

**Материалы и методы:** за период 2017–2021 гг. поступило 412 обращений. Вопросы в основном касались оформления медицинских документов для запроса на ТИ, определения антидопингового статуса субстанций и применения биологически активных добавок (далее — БАД) в процессе спортивной подготовки.

**Результаты:** проведенный анализ подтвердил необходимость проведения непрерывной работы по повышению уровня знаний врачей в вопросах противодействия допингу в спорте. К основным направлениям этой работы можно отнести разъяснение порядка применения документов антидопинговых организаций, необходимости использования Руководств для врачей по ТИ и особенностей использования субстанций, запрещенных только в соревновательный период.

**Ключевые слова:** противодействие допингу в спорте, Международный стандарт «Запрещенный список», терапевтическое использование запрещенных в спорте субстанций и методов, Руководства для врачей по ТИ

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Деревоедов А.А., Жолинский А.В., Фещенко В.С., Высотский И.Э., Выходец И.Т., Павлова А.А. Анализ обращений врачей по вопросам противодействия допингу в спорте. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(1):5–10. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.7>

Поступила в редакцию: 11.10.2021

Принята к публикации: 17.01.2022

Online first: 25.03.2022

Опубликована: 30.04.2022

\*Автор, ответственный за переписку

## Analysis of doctors' appeals on the issues of countering doping in sports

Aleksandr A. Derevoedov<sup>1</sup>, Andrey V. Zholinsky<sup>1</sup>, Vladimir S. Feshchenko<sup>1</sup>, Igor E. Vysotskiy<sup>1</sup>,  
Igor T. Vykhodets<sup>2</sup>, Anna A. Pavlova<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

### ABSTRACT

**Objective:** the main topics of the doctors' questions were the preparation of medical documents for a TUE application, the determination of the anti-doping status of various substances and methods, as well as the use of dietary supplements in sports.

**Materials and methods:** an analysis was carried out of more than 400 appeals of doctors providing medical assistance to athletes of various levels on the issues of countering doping in sports. The aim of the work was to identify ways to improve educational and informational activities aimed at improving the quality of medical documents for TUE applications.

**Results:** the need for continuous work to improve the level of doctors' knowledge in countering doping in sports was confirmed, including clarification of the procedure for using documents from anti-doping organizations, the need to use TUE guidelines for physicians and the specifics of prescribing substances prohibited only during the competitive period.

**Keywords:** anti-doping in sports, International Standard "Prohibited List", therapeutic use of substances and methods prohibited in sports, TUE guidelines for physicians

**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interest.

**For citation:** Derevoedov A.A., Zholinsky A.V., Feshchenko V.S., Vysotskiy I.E., Vykhodets I.T., Pavlova A.A. Analysis of doctors' appeals on the issues of countering doping in sports. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(1):5–10. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.7>

**Received:** 11 October 2021

**Accepted:** 17 January 2022

**Online first:** 25 March 2022

**Published:** 30 April 2022

\* Corresponding author

### 1. Введение

В 2017 году в ФГБУ «ФНКЦСМ ФМБА России» (далее — Центр) создана система консультативной помощи врачам по вопросам оформления медицинских документов для запроса на терапевтическое использование (далее — ТИ), который спортсмен подает в антидопинговую организацию. Любой врач, оказывающий помощь спортсменам, может обратиться по электронной почте или телефону к специалисту по антидопинговым мерам Центра и получить информацию об условиях назначения субстанций и методов из Международного стандарта «Запрещенный список» (далее — Запрещенный список), а также рекомендации по оформлению документов. Необходимо иметь в виду, что мероприятия по противодействию допингу в спорте, которые проводит врач, регламентированы нормативными документами Министерства здравоохранения Российской Федерации. К ним относятся приказ Минздрава России от 30 мая 2018 г. № 288н «Об утверждении Порядка организации медико-биологического обеспечения спортсменов спортивных сборных команд Российской Федерации» [1] и приказ Минздрава России от 23.10.2020 г. № 1144н «Об утверждении порядка организации оказания медицинской помощи лицам, занимающимся физической культурой и спортом (в том числе при подготовке и проведении физкультурных мероприятий и спортивных мероприятий), включая порядок медицинского осмотра лиц, желающих пройти спортивную подготовку, заниматься физической культурой и спортом в организациях и (или) выполнить нормативы испытаний (тестов) Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса «Готов к труду и обороне» (ГТО)» и форм медицинских заключений о допуске к участию физкультурных и спортивных мероприятиях [2].

В тех случаях, когда вопросы, задаваемые врачами, находились вне компетенции специалистов Центра, было рекомендовано обращаться за разъяснениями в Российское антидопинговое агентство «РУСАДА» (далее — РАА «РУСАДА»).

### Актуальность темы

Наличие у спортсмена заболевания или состояния, требующего применения субстанций и методов, включенных в Запрещенный список, не является основанием для их назначения. Для того чтобы получить право на применение такого лечения, спортсмену необходимо подать запрос в антидопинговую организацию и получить разрешение на ТИ. Критерии назначения запрещенных субстанций и методов, а также порядок направления запроса на ТИ приведены в Международном стандарте по терапевтическому использованию (далее — МСТИ) [3].

Система ТИ запрещенных субстанций и методов предоставляет спортсменам, имеющим проблемы со здоровьем, возможность участвовать в соревнованиях. Эта система не дает преимуществ и не должна служить лазейкой для желающих использовать ее для улучшения результатов.

Несмотря на важность этого раздела работы как для предупреждения нарушения антидопинговых правил, так и для применения наиболее эффективных методов лечения, в том числе с использованием субстанций и методов из Запрещенного списка, в ряде случаев у врачей возникают затруднения и вопросы при принятии решения об их назначении. Это связано со спецификой основных антидопинговых документов, регламентирующих ТИ, сложностью работы с Запрещенным списком, а также недостаточным знанием врачами самих документов и организации работы по противодействию допингу.

Следствием ошибок при оформлении медицинских документов для запроса на ТИ может стать недостаточно эффективное лечение заболеваний у спортсменов или неумышленное нарушение антидопинговых правил и последующая спортивная дисквалификация.

Анализ обращений врачей позволяет определить те разделы работы, которые наиболее часто вызывают затруднения при оформлении медицинских документов для запроса на ТИ.



### Цель и задачи исследования

Основной задачей исследования является анализ обращений врачей, оказывающих медицинскую помощь спортсменам различного уровня, к специалистам Центра по вопросам противодействия допингу в спорте с целью определения путей совершенствования образовательной и информационной работы, направленной на повышение качества оформления медицинских документов для запроса на ТИ.

### 2. Материалы и методы

За период с 2017 по 2021 год зарегистрировано 412 обращений врачей, оказывающих медицинскую помощь спортсменам, в том числе 2017 г. — 24, 2018 г. — 84, 2019 г. — 99, 2020 г. — 66, 2021 (8 мес.) — 143. Основная часть вопросов поступила от врачей медицинских организаций ФМБА России, около 15 % от всех обращений составляли вопросы от врачей других медицинских организаций.

Анализ обращений врачей за консультативной помощью проводился по двум основным направлениям:

1. Анализ медицинских документов для запроса на ТИ, поступивших для перевода на английский язык или для оценки качества оформления с точки зрения соответствия требованиям Руководств для врачей по ТИ, размещенных на сайте ВАДА. Были выявлены субстанции и методы, назначение которых вызывало затруднение, а также причины этих затруднений.

Была также рассмотрена целесообразность направления запроса исходя из требований Запрещенного списка и МСТИ.

2. Анализ запросов об антидопинговом статусе субстанций и биологически активных добавок с целью выявить наиболее частые причины возникновения вопросов.

Выделены субстанции, вызвавшие наибольшее количество вопросов, а также те медицинские документы для запроса на ТИ, в которых не были учтены требования Руководств для врачей по ТИ.

По каждому запросу были сформированы мотивированные ответы и рекомендации, направленные на совершенствование работы.

### 3. Полученные результаты

Из 412 обращений, поступивших в 2017–2021 годах, 144 касались непосредственно оформления медицинских документов для запроса на терапевтическое использование. В частности, врачи спрашивали о том, надо ли подавать запрос, куда (в какую антидопинговую организацию) его нужно направлять, уточняли необходимость дообследования спортсмена.

Запросы, касающиеся ТИ, распределились следующим образом:

1. Направление запроса на ТИ не требовалось — 83 случая.

2. Необходимо дообследование в соответствии с Руководствами для врачей по ТИ — 19 случаев.

3. Запросы на ТИ оформлены без замечаний в соответствии с требованиями МСТИ — 29 случаев.

4. Переводы медицинских документов для направления в международную федерацию — 14 случаев.

Основные сложности в случаях, когда запрос на ТИ не требовался, возникали при назначении глюкокортикоидов,  $\beta_2$ -агонистов и наркотического анальгетика фентанила.

Необоснованные запросы оформлялись при применении глюкокортикоидов во внесоревновательный период, когда времени до начала соревновательного периода было достаточно для полной элиминации препарата. Это касается применения дексаметазона, дипроспана, метилпреднизолона, внутрисуставного введения глюкокортикоидов в соревновательный период, притом что во время соревнований запрещены только внутривенный, внутримышечный, пероральный и ректальный пути введения, а в остальных случаях запрос на ТИ не требовался [4].

По-прежнему достаточно часто оформляются документы для запроса на ТИ при применении  $\beta_2$ -агонистов сальбутамола, формотерола и других препаратов в разрешенных дозировках при ингаляционном пути введения. К таким субстанциям относятся сальбутамол (разрешено применение в дозе не более 1600 мкг в сутки в разделенных дозах), формотерол (не более 54 мкг в сутки), сальметерол (не более 200 мкг за 24 часа) и вилантерол (не более 25 мкг за 24 часа) [4]. Не запрещено также ингаляционное введение глюкокортикоидов.

При назначении фентанила при проведении хирургических вмешательств в стационаре зачастую медицинские документы для запроса на ТИ оформлялись сразу после вмешательства, хотя срок элиминации препарата составляет 7 дней, а до ближайших соревнований оставалось значительно больше времени.

Из других необоснованных попыток подать запрос и получить разрешение на ТИ следует отметить оформление документов на субстанции, не входящие в Запрещенный список. Чаще всего такими субстанциями были маннитол, который используется в таблетированных препаратах в незначительных количествах и запрещен только при внутривенном введении [5], на внутривенные инфузии, превышающие 100 мл, проводимые в стационаре, а также на препараты для лечения COVID-19.

Перечень субстанций, не требующих запроса на ТИ, представлен в таблице.

В 19 случаях при оформлении медицинских документов для запроса на ТИ не учитывались требования Руководств для врачей по ТИ, разработанных по заданию ВАДА для 18 заболеваний и состояний [7]. Как правило, необходимое обследование и консультации не проводились при назначении  $\beta_2$ -агонистов, диуретиков, инсулинов и ряда других препаратов. Несоблюдение требований документов ВАДА приводит к отказу в предоставлении разрешения.

Таблица 1

Субстанции и методы, входящие в Запрещенный список, не требующие ТИ (по данным обращений врачей в 2017–2021 гг.)

Table 1

**Prohibited Substances and methods that do not require a TUE (according to doctors' requests in 2017–2021)**

№ п / п	Наименование субстанции (метода)	Количество запросов	Причина, по которой запрос не нужен
1	Дипроспан, внутрисуставное введение	4	Запрещено пероральное, внутримышечное, внутривенное и ректальное введение глюкокортикоидов в соревновательный период*
2	Дексаметазон, применение в стационаре	24	Во внесоревновательный период не запрещен. См. примечание к № 1
3	Сальбутамол в ингаляциях 400 мкг / 24 часа	15	Разрешено ингаляционное применение не более 1600 мкг / 24 часа и не более 800 мкг / 12 часов**
4	Фентанил, применение в стационаре	12	Период элиминации 7 дней. Соревновательный период начинается позже
5	Внутривенные инфузии в стационаре > 100 мл	8	Запрет на введение более 100 мл / 12 часов действует только при оказании помощи вне стационара
6	Формотерол < 54 мкг / 24 часа в ингаляциях	9	Не требует ТИ в дозе ≤ 54 мкг / 24 часа
7	Вилантерол	1	Разрешено ингаляционное применение не более 25 мкг / 24 часа
8	Маннитол при любом пути введения кроме внутривенного	2	Не запрещен
9	Преднизолон, применение в стационаре	1	См. примечание к № 1
10	Метилпреднизолон, применение в стационаре	2	См. примечание к № 1
11	Будесонид в ингаляциях	5	Ингаляционное применение глюкокортикоидов не запрещено

Примечание: \* С 1 января 2022 года все инъекционные способы введения включены в список запрещенных методов введения глюкокортикоидов в соревновательный период. Примеры инъекционного способа применения включают: внутривенный, внутримышечный, периартикулярный, интраартикулярный, околосухожильный, внутрисухожильный, эпидуральный, интратекальный, интрабурсальный, внутрирубцовый (например, внутрь келоидного рубца), интродермальный и подкожный [6];

\*\* С 1 января 2022 г. разрешено применение сальбутамола в форме ингаляций в дозе 1600 мкг/24 часа в разделенных дозах, не превышающих 600 мкг за 8 часов, начиная с любой дозы [6].

Note: \* From January 1, 2022, all injectable methods are included in the prohibited methods list of glucocorticoids use in-competition. Examples of injection include: intravenous, intramuscular, periarticular, intraarticular, peritendinous, intratendinous, epidural, intrathecal, intrabursal, intrascar (for example, inside a keloid scar), intradermal, and subcutaneous [6];

\*\* From January 1, 2022, the use of salbutamol in the form of inhalation at a dose of 1600 mcg / 24 hours in divided doses not exceeding 600 mcg in 8 hours is allowed, starting with any dose [6].

В 29 случаях запросы на ТИ были оформлены с соблюдением всех требований антидопинговых документов и были рекомендованы для направления спортсменами в антидопинговые организации, в 14 случаях документы были переведены на английский язык для направления в международные федерации.

Наибольшее количество обращений врачей (169) касалось применения у спортсменов различных фармакологических субстанций и методов. Список препаратов, назначение которых вызывало затруднение у врачей, обширен и включает 27 субстанций и методов. Наиболее часто вопросы задавались о возможности и порядке применения глюкокортикоидов, препаратов для лечения астмы ( $\beta_2$ -агонисты и глюкокортикоиды), фенилэфрина, фентанила, противозачаточных препаратов, ринофлуимуцила, инсулинов, а также таких методов как PRP и внутривенное введение более 100 мл жидкостей.

Большое количество вопросов о возможном применении субстанций и методов говорит как о недостаточном

знании врачами порядка использования Запрещенного списка, так и о сложности работы с документами ВАДА и различными справочными программами, определяющими антидопинговый статус препаратов.

В 48 случаях врачи обращались с вопросами о безопасности и порядке применения БАД. Как правило, вопросы касались безопасности применения БАД, не зарегистрированных в Российской Федерации. В ответах на запросы разъяснялось, что антидопинговые организации не рекомендуют прием БАД, поскольку нет доказательств их эффективности, а риск возможного присутствия в БАД запрещенных субстанций, в том числе не указанных на этикетке, остается высоким.

35 вопросов врачей касались порядка организации допинг-контроля, формирования пулов тестирования, процедуры выхода спортсмена из периода дисквалификации и ряда других положений, находящихся вне компетенции специалистов Центра. Врачам было рекомендовано обратиться за разъяснениями в РАА «РУСАДА».

#### 4. Выводы

Таким образом, анализ обращений врачей по вопросам противодействия допингу в спорте подтвердил необходимость проведения регулярных образовательных мероприятий, а также определил основные направления этих мероприятий, к которым можно отнести

#### Вклад авторов:

**Деревоедов Александр Анатольевич** — концепция работы, сбор, анализ содержания, написание текста.

**Жолинский Андрей Владимирович** — критический пересмотр содержания, утверждение окончательного варианта статьи для публикации.

**Фещенко Владимир Сергеевич** — утверждение окончательного варианта статьи для публикации.

**Высотский Игорь Эдуардович** — сбор и анализ информации.

**Выходец Игорь Трифанович** — утверждение окончательного варианта статьи для публикации.

**Павлова Анна Александровна** — оформление рукописи.

#### Список литературы

1. Об утверждении Порядка организации медико-биологического обеспечения спортсменов спортивных сборных команд Российской Федерации: Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 30 мая 2018 г., № 288н [Интернет]. Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201807110009> (дата доступа 01.10.2021).
2. WADA. International Standard for Therapeutic Use Exemptions (ISTUE) [Internet]. Available from: <https://www.wada-ama.org/en/resources/therapeutic-use-exemption-tue/international-standard-for-therapeutic-use-exemptions-istue> (accessed 01.10.2021).
3. Об утверждении порядка организации оказания медицинской помощи лицам, занимающимся физической культурой и спортом (в том числе при подготовке и проведении физкультурных мероприятий и спортивных мероприятий), включая порядок медицинского осмотра лиц, желающих пройти спортивную подготовку, заниматься физической культурой и спортом в организациях и (или) выполнить нормативы испытаний (тестов) Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса «Готов к труду и обороне» (ГТО) и форм медицинских заключений о допуске к участию в физкультурных и спортивных мероприятиях: Приказ Министерства здравоохранения РФ от 23 октября 2020 г. № 1144н [Интернет]. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74898631> (дата доступа 01.10.2021).
4. Международный стандарт «Запрещенный список» [Интернет]. Режим доступа: <https://rusada.ru/about/documents/kodeks-i-drugie-mezhdunarodnye-standarty-vada/> (дата доступа 15.09.2021).
5. WADA. The Prohibited List. Read the FAQ [Internet]. Available from: <https://www.wada-ama.org/en/prohibited-list> (accessed 01.10.2021).
6. WADA. International Standard Prohibited List 2022 [Internet]. Available from: [https://sports.tj/wp-content/uploads/2021/10/2022list\\_final\\_en.pdf](https://sports.tj/wp-content/uploads/2021/10/2022list_final_en.pdf) (accessed 01.10.2021).
7. РУСАДА. Руководства для врачей по ТИ [Интернет]. Режим доступа: <https://rusada.ru/substances/tue/rukovodstva-po-ti/> (дата доступа 01.10.2021).

разъяснение порядка применения Запрещенного списка и других документов ВАДА, особенностей назначения субстанций, запрещенных только в соревновательный период, и необходимость использования Руководств для врачей по ТИ при оформлении медицинских документов.

#### Authors' contributions:

**Aleksandr A. Derevoedov** — manuscript preparation, editing.

**Andrey V. Zholinsky** — editing.

**Vladimir S. Feshchenko** — editing.

**Igor E. Vysotskiy** — collection and processing of the material.

**Igor T. Vykhodets** — editing.

**Anna A. Pavlova** — manuscript preparation.

#### References

1. On the Procedure approval for medical and biological support organizing for athletes of sports teams of the Russian Federation: Order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated May 30, 2018, No. 288n. [Internet]. Available from: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201807110009> (accessed 01.10.2021) (In Russ.).
2. WADA. International Standard for Therapeutic Use Exemptions (ISTUE) [Internet]. Available from: <https://www.wada-ama.org/en/resources/therapeutic-use-exemption-tue/international-standard-for-therapeutic-use-exemptions-istue> (accessed 01.10.2021).
3. On the procedure approval for organizing the provision of medical care to persons involved in physical culture and sports (including the preparation and conduct of physical culture and sports events), including the procedure for medical examination of persons wishing to undergo sports training, engage in physical culture and sports in organizations and (or) fulfill the test standards (tests) of the All-Russian physical culture and sports complex "Ready for Labor and Defense" (RLD) and the forms of medical conclusions on admission to participate in physical culture and sports events: Order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated October 23, 2020 No. 1144n [Internet]. Available from: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74898631/> (accessed 01.10.2021) (In Russ.).
4. International Standard "Prohibited List" [Internet]. Available from: <https://rusada.ru/about/documents/kodeks-i-drugie-mezhdunarodnye-standarty-vada/> (accessed 15.09.2021) (In Russ.).
5. WADA. The Prohibited List. Read the FAQ [Internet]. Available from: <https://www.wada-ama.org/en/prohibited-list> (accessed 01.10.2021).
6. WADA. International Standard Prohibited List 2022 [Internet]. Available from: [https://sports.tj/wp-content/uploads/2021/10/2022list\\_final\\_en.pdf](https://sports.tj/wp-content/uploads/2021/10/2022list_final_en.pdf) (accessed 01.10.2021).
7. RUSADA. TUE Physician Guidelines [Internet]. Available from: <https://rusada.ru/en/substances/tue/rukovodstva-po-ti/> (accessed 01.10.2021) (In Russ.).

**Информация об авторах:**

**Деревоедов Александр Анатольевич**, к.м.н., ведущий научный сотрудник организационно-исследовательского отдела ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», 121059, Россия, Москва, Большая Дорогомилловская ул., 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8405-859X>

**Жолинский Андрей Владимирович**, к.м.н., директор ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», 121059, Россия, Москва, Большая Дорогомилловская ул., 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0267-9761>

**Фещенко Владимир Сергеевич**, к.м.н., начальник организационно-исследовательского отдела ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», 121059, Россия, Москва, Большая Дорогомилловская ул., 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4574-6506>

**Высотский Игорь Эдуардович**, специалист по антидопинговым мерам в фармакологическом обеспечении спортивных сборных команд и соревнований ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», 121059, Россия, Москва, Большая Дорогомилловская ул., 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5359-7478>

**Выходец Игорь Трифанович**, к.м.н., заместитель начальника Управления организации спортивной медицины и цифровизации Федерального медико-биологического агентства; 123182, Россия, Москва, Волоколамское шоссе, 30. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6206-2771>

**Павлова Анна Александровна\***, врач по спортивной медицине отдела медицинского обеспечения спортивных сборных команд и соревнований ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», 121059, Россия, Москва, Большая Дорогомилловская ул., 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7682-2057> (+7 (977) 491-73-13; [dr\\_pavlova@hotmail.com](mailto:dr_pavlova@hotmail.com))

**Information about the authors:**

**Aleksandr A. Derevoedov**, M.D., Ph.D. (Medicine), Leading Researcher of the Organizational and Research Department of the Federal Research and Medical Center of the Federal Medical and Biological Agency of Russia, 5, Bolshaya Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8405-859X>

**Andrey V. Zholinsky**, M.D., Ph.D. (Medicine), Director of the Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency, 5, Bolshaya Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0267-9761>

**Vladimir S. Feshchenko**, M.D., Ph.D. (Medicine), Head of the Organizational-Research Department of the Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency, 5, Bolshaya Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4574-6506>

**Igor E. Vysotskiy**, Anti-doping specialist in pharmacological support of Russian national sports teams and competitions of the Federal Medical and Biological Agency of Russia, 5, Bolshaya Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5359-7478>

**Igor T. Vykhodets**, M.D., Ph.D. (Medicine), Deputy Head of the Office of the Organization of Sports Medicine and digitalization of the Federal Medical and Biological Agency of Russia, 30, Volokolamskoe sh., Moscow, 123182, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6206-2771>

**Anna A. Pavlova\***, sports medicine physician of the Department of medical support of sports teams and competitions of the Federal Research and Medical Center of the Federal Medical and Biological Agency of Russia, 5, Bolshaya Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7682-2057> (+7(977)491-73-13; [dr\\_pavlova@hotmail.com](mailto:dr_pavlova@hotmail.com))

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.11>

УДК 616.1

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original Article



## Ремоделирование миокарда левого желудочка у спортсменов игровых видов спорта

Е.В. Брынцева

ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

### РЕЗЮМЕ

В статье представлены результаты эхокардиографического исследования 64 спортсменов-мужчин игровых видов спорта (баскетбол и футбол) трех возрастных групп этапа высшего спортивного мастерства на предмет выявления особенностей ремоделирования миокарда. Результаты исследования показали, что до 19 лет у спортсменов-игровиков наблюдается только нормальная геометрия левого желудочка. С возрастом и, соответственно, с увеличением стажа занятий спортом статистически значимо увеличивается число эксцентрического и концентрического ремоделирования и эксцентрической и концентрической гипертрофии миокарда. Процент концентрической гипертрофии миокарда (патологического ремоделирования) составил 6,5, 12, и 7,7 % в группах 19–25, 26–30 и 31 года и старше соответственно, что необходимо учитывать при проведении мероприятий по профилактике перетренированности и внезапной сердечной смерти в спорте.

**Ключевые слова:** эхокардиография, ремоделирование левого желудочка, спортсмены, профилактика внезапной смерти, концентрическая гипертрофия

**Конфликт интересов:** автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Брынцева Е.В. Ремоделирование миокарда левого желудочка у спортсменов игровых видов спорта. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(1):11–15. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.11>

Поступила в редакцию: 05.01.2022

Принята к публикации: 15.03.2022

Online first: 25.03.2022

Опубликована: 30.04.2022

## Left ventricular myocardial remodeling in playing sports athletes

Ekaterina V. Bryntseva

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

### ABSTRACT

The article presents the results of an echocardiographic study of 64 male playing sports athletes (basketball and football). The results of the study showed that up to the age of 19 in playing sports athletes, only normal geometry of the left ventricle is observed. With age and, accordingly, with an increase in the experience of playing sports, the number of eccentric and concentric remodeling and eccentric and concentric myocardial hypertrophy increases statistically. The percentage of concentric myocardial hypertrophy (pathological remodeling) was 6.5 %, 12.5 % and 7.7 % in the groups 19–25 years old, 26–30 years old and 31 and older, respectively, which must be taken into account when taking measures to prevent overtraining and sudden cardiac death in sports.

**Keywords:** echocardiography, left ventricular remodeling, athletes, prevention of sudden death, concentric hypertrophy

**Conflict of interests:** the author declares no conflict of interest.

**For citation:** Bryntseva E.V. Left ventricular myocardial remodeling in playing sports athletes. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(1):11–15. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.11>

Received: 5 January 2022

Accepted: 15 March 2022

Online first: 25 March 2022

Published: 30 April 2022

**1. Введение**

Высокоинтенсивные спортивные тренировки вызывают структурные, функциональные и электрические адаптивные изменения в сердце, которые принято называть «спортивным сердцем» [1–2]. Главные морфологические характеристики спортивного сердца — увеличение левого желудочка за счет адекватного роста массы миокарда ЛЖ и дилатации камер сердца. Характерные черты спортивного сердца появляются приблизительно через два года регулярной физической нагрузки, поэтому у детей вероятность обнаружения признаков спортивного сердца значительно ниже, чем у взрослых спортсменов [3–5].

Каждый вид спорта имеет свои особенности ремоделирования ЛЖ. По данным литературы, наиболее изученной является геометрия сердца у спортсменов, тренирующихся выносливостью. Менее изученными сегодня остаются варианты морфологического ремоделирования миокарда в игровых видах спорта. При этом баскетбол и футбол, по данным олимпийского руководства по кардиологии, занимают лидирующие позиции по риску внезапной смерти в спорте [6].

**Цель исследования:** изучить варианты ремоделирования миокарда ЛЖ у высококвалифицированных спортсменов-игровиков, тренирующихся в баскетболе и футболе.

**Материалы и методы.** В соответствии с целью работы было обследовано 64 спортсмена-игровика мужского пола, белой расы, активно тренирующихся и выступающих в соревнованиях, находящихся на этапе высшего спортивного мастерства и заключивших с профессиональным клубом трудовой договор. Средний возраст спортсменов составлял  $23,3 \pm 6,4$  года, а средний стаж занятий спортом  $10,7 \pm 2,8$  года. Все спортсмены, включенные в исследование, тренировались в видах спорта смешанной группы по выраженности сердечно-сосудистых изменений в соответствии с классификацией видов спорта Европейской ассоциации профилактической кардиологии и Европейской ассоциации

сердечно-сосудистой визуализации 2018 г. — футбол и баскетбол [7]. На рисунке 1 представлена возрастная характеристика обследованных спортсменов.

Критериями исключения из исследования явилось наличие сердечно-сосудистой или хронической некардиальной патологии у спортсменов [8–10].

В работе использованы критерии морфологического ремоделирования сердца по соотношению индекса массы миокарда ЛЖ (ИММЛЖ) и относительной толщины стенки ЛЖ (ОТСЛЖ). За нормальные значения принимались параметры  $ИММЛЖ \leq 125$ ,  $ОТС < 0,45$  — нормальная геометрия (НГ) [11].

1. Экцентрическое ремоделирование (ЭР) ЛЖ ( $ИММЛЖ \leq 111$ ,  $ОТС < 0,4$ ,  $КДР > 5,5$  см).

2. Экцентрическая гипертрофия (ЭГ) ( $ИММЛЖ > 125$ ,  $ОТС < 0,45$ ).

3. Концентрическое ремоделирование (КР) ( $ИММЛЖ \leq 125$ , увеличение  $ОТС > 0,45$ ).

4. Концентрическая гипертрофия (КГ) левого желудочка ( $ИММЛЖ > 125$ ,  $ОТС > 0,45$ ).

Статистическая обработка данных производилась с помощью программы Statistica 6.0. Центральная тенденция для нормально распределенных количественных данных описывалась с помощью среднего и стандартного отклонения. Для проверки гипотезы о различиях в независимых группах применяли непараметрические методы статистики с использованием *T*-критерия Манна — Уитни. Оценка значимости различия частот наблюдений проводилась на основе многопольных таблиц с расчетом дисперсии по критерию  $\chi^2$ . Для оценки степени взаимного влияния и связи между изучаемыми показателями использовался корреляционный анализ с использованием непараметрического коэффициента ранговой корреляции Спирмена —  $r_s$ . Достоверными считались различия и корреляция при уровне значимости  $p < 0,05$ .

**Результаты и обсуждение.** В группе 17–18 лет при проведении ЭхоКГ была выявлена только НГ. В группе 19–25 лет НГ выявлена в 67,74 % случаев (21 спортсмен), КР лет — 6,45 % (2 чел.), КГ — 6,45 % (2 чел.), ЭР — 9,68 % (3 чел.), ЭГ — 9,68 % (3 чел.). В группе 26–30 лет НГ выявлена в 62,5 % (5 чел.), КГ — 12,5 % (1 чел.), ЭР — 25 % (2 чел.), КР и ЭГ в этой группе не наблюдались. В группе спортсменов старше 31 года — НГ — 30,77 % (4 чел.), КР — 30,77 % (4 чел.), КГ — 7,69 % (1 чел.), ЭР — 7,69 % (1 чел.), ЭГ — 23,08 % (3 чел.). Доля спортсменов с различными вариантами ремоделирования ЛЖ в каждой возрастной категории спортсменов представлена на рисунке 2.

При сравнении групп 17–18 и 19–25 лет выявлены достоверные различия по частоте выявления НГ сердца ( $p < 0,001$ ). Ремоделирование и гипертрофия миокарда достоверно чаще встречались в группе 19–25 лет ( $p < 0,05$ ). Эти данные согласуются с данными литературы. Так, В. J. Maron [3] отмечал, что вероятность нахождения у детей патологических форм ремоделирования миокарда значительно меньше.

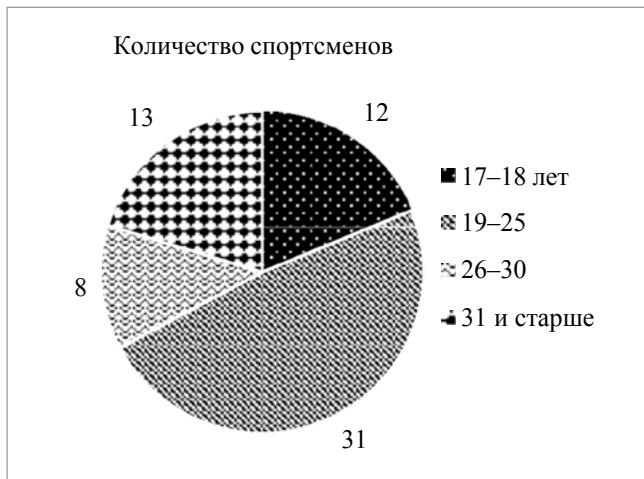


Рис. 1. Распределение спортсменов по возрастным группам  
Fig. 1. Distribution of athletes by age groups

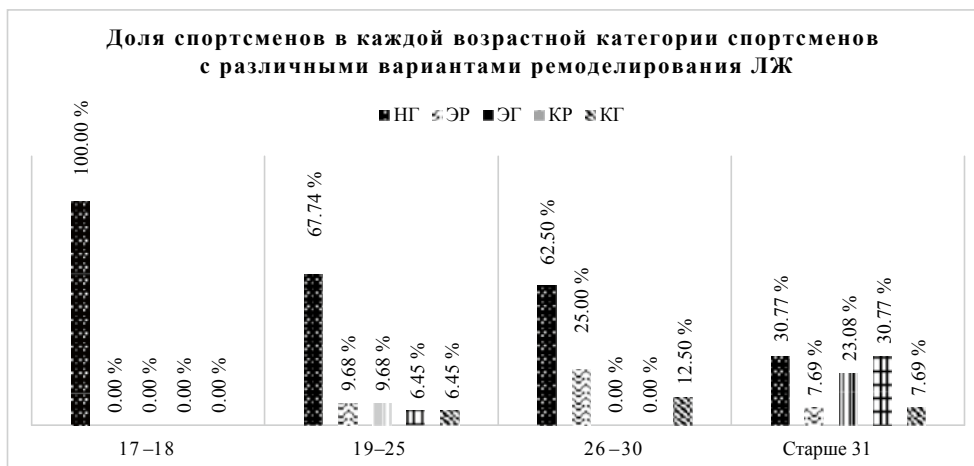


Рис. 2. Доля спортсменов в каждой возрастной категории с различными вариантами ремоделирования ЛЖ  
Fig. 2. Proportion of athletes in each age category with different types of left ventricular remodeling

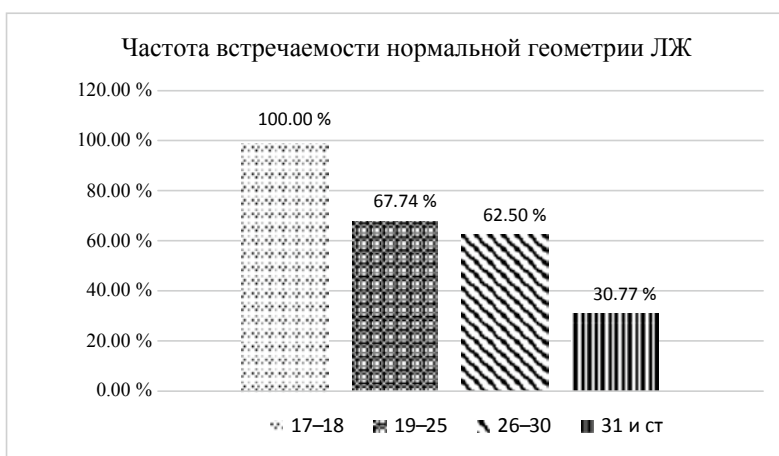


Рис. 3. Частота нормальной геометрии ЛЖ  
Fig. 3. Frequency of normal left ventricular geometry

Между группами спортсменов 17-18 лет и старше 31 года достоверно чаще была выявлена КГ ( $p < 0,05$ ). Ремоделирования и гипертрофии также достоверно чаще встречаются в возрастной группе 31 и старше ( $p < 0,05$ ).

Между группами 19-25 и 26-30 лет статистически значимых различий в ремоделировании выявлено не было. В группе 31 год и старше достоверно чаще ( $p < 0,05$ ) отмечалось КР в сравнении группой 26-30 лет.

При сравнении частот нормальной геометрии ЛЖ было выявлено, что НГ достоверно уменьшается с возрастом ( $p < 0,001$ ) (рис. 3).

В то же время частота ремоделирования увеличивается с возрастом ( $p < 0,05$ ). Частота патологического ремоделирования КГ увеличивается до 30 лет ( $p < 0,05$ ), затем в возрастной группе старше 31 года уменьшается (рис. 4).

Таким образом, при интенсивных тренировках в баскетболе и футболе с возрастом наблюдается постепенное изменение нормальной геометрии миокарда.

С 19 лет идет постепенное снижение частоты нормальной геометрии и преобладание других форм ремоделирования. С 26 лет нарастает концентрическое ремоделирование и концентрическая гипертрофия миокарда.

Исходя из вышесказанного, нормальная геометрия сердца достоверно преобладает в группе 17-18 лет. С возрастом начинают преобладать такие варианты ремоделирования, как концентрическое и эксцентрическое ремоделирование и концентрическая гипертрофия.

Около 2/3 высококвалифицированных спортсменов имеют нормальную геометрию миокарда (адекватная адаптация к нагрузке); при этом у 15% баскетболистов и 20% футболистов выявлены концентрическое ремоделирование и концентрическая гипертрофия ЛЖ. Эксцентрическая гипертрофия миокарда достоверно чаще встречается у футболистов. К 30 годам повышается доля концентрического ремоделирования (до 31%).

Высокий процент увеличения доли концентрической гипертрофии миокарда в исследованных группах спортсменов, по сравнению с данными литературы (3%

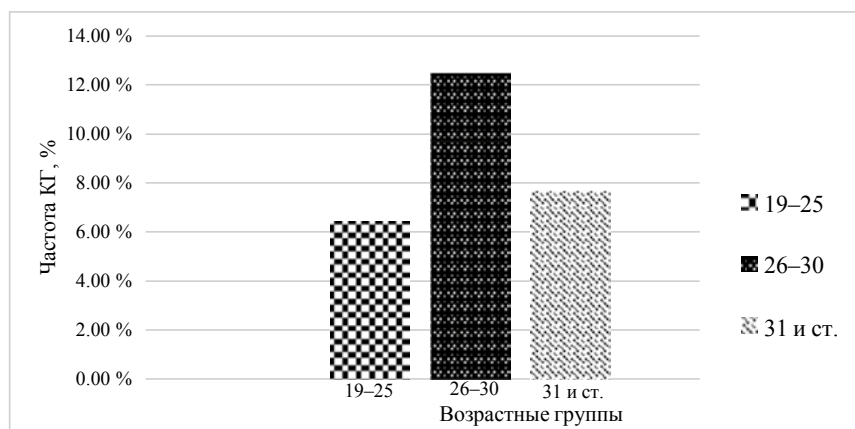


Рис. 4. Частота КГ ЛЖ в разных возрастных группах  
Fig. 4. The frequency of concentric hypertrophy of the left ventricle in different age groups

в смешанных дисциплинах, по J.V. Adea [12]), ожидаем в связи с исключительно мужской выборкой обследованных спортсменов, выделением в экспериментальную группу атлетов, тренирующихся в футболе и баскетболе. Так, сегодня доказано, что выраженная гипертрофия миокарда под воздействием физических нагрузок развивается преимущественно у лиц мужского пола, а футбол и баскетбол — наиболее опасные виды спорта в плане риска ВСС, в которой недифференцированная гипертрофия миокарда левого желудочка занимает второе место после аутопсия негативной смерти [6].

Сегодня доказано, что выявление выраженной гипертрофии миокарда, независимо от ее этиологии, требует серьезного подхода в вопросах прогноза внезапной

сердечной смертности атлетов, их допуска к занятиям спортом. Особенно это касается юных спортсменов [5].

## 2. Выводы

1. До 19 лет у спортсменов, тренирующихся в футболе и баскетболе, наблюдается только нормальная геометрия левого желудочка.

2. У мужчин, тренирующихся в футболе и баскетболе, возраст 26–30 лет является наиболее критичным в плане развития патологических форм ремоделирования миокарда левого желудочка, что необходимо учитывать при проведении мероприятий по профилактике перетренированности и внезапной сердечной смерти в этих видах спорта.

## Список литературы

1. **Гаврилова Е.А.** Клинические и экспертные вопросы электрокардиографии в спортивной медицине. Москва: Спорт; 2019.
2. **Гаврилова Е.А., Загородный Г.М.** Ремоделирование сердца спортсмена в зависимости от направленности тренировочного процесса. Прикладная спортивная наука. 2019;(1):48–57.
3. **Maron B.J.** Sudden death in young athletes. N. Engl. J. Med. 2003;349(11):1064–75. <https://doi.org/10.1056/nejmra022783>
4. **Harmon K.G., Asif I.M., Klossner D., Drezner J.A.** Incidence of sudden cardiac death in National Collegiate Athletic Association athletes. Circulation. 2011;123(15):1594–1600. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.110.004622>
5. **Макаров Л.М.** Спорт и внезапная смерть у детей. Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2017;62(1):40–46. <https://doi.org/10.21508/1027-4065-2017-62-1-40-46>
6. **Wilson M.G., Drezner J.A., Sharma S.** IOC Manual of Sports Cardiology. International Olympic Committee; 2017. <https://doi.org/10.1002/9781119046899>
7. **Pelliccia A., Caselli S., Sharma S., Basso C., Bax J.J., Corrado D., et al.** Internal reviewers for EAPC and EACVI. European Association of Preventive Cardiology (EAPC) and European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) joint position statement: recommendations for the indication and interpretation of cardiovas-

## References

1. **Gavrilova E.A.** Clinical and expert issues of electrocardiography in sports medicine. Moscow: Sport Publ.; 2019 (In Russ.).
2. **Гаврилова Е.А., Загородный Г.М.** Remodeling of an athlete's heart, depending on the orientation of the training process. *Prkladnaya sportivnaya nauka [Applied sports science]*. 2019;(1):48–57.
3. **Maron B.J.** Sudden death in young athletes. N. Engl. J. Med. 2003;349(11):1064–75. <https://doi.org/10.1056/nejmra022783>
4. **Harmon K.G., Asif I.M., Klossner D., Drezner J.A.** Incidence of sudden cardiac death in National Collegiate Athletic Association athletes. *Circulation*. 2011;123(15):1594–1600. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.110.004622>
5. **Makarov L.M.** Sport and sudden death in children. *Rossiyskiy Vestnik Perinatologii i Pediatrii = Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics*. 2017;62(1):40–46. (In Russ.). <https://doi.org/10.21508/1027-4065-2017-62-1-40-46>
6. **Wilson M.G., Drezner J.A., Sharma S.** IOC Manual of Sports Cardiology. International Olympic Committee; 2017. <https://doi.org/10.1002/9781119046899>
7. **Pelliccia A., Caselli S., Sharma S., Basso C., Bax J.J., Corrado D., et al.** Internal reviewers for EAPC and EACVI. European Association of Preventive Cardiology (EAPC) and European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) joint position statement: recommendations for the indication and interpretation of cardiovascular imaging in the evaluation of the athlete's heart. *Eur.*



cular imaging in the evaluation of the athlete's heart. *Eur. Heart J.* 2018;39(21):1949–1969. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx532>

8. **Biffi A., Delise P., Zeppilli P., Giada F., Pelliccia A., Penco M., et al.** Italian cardiological guidelines for sports eligibility in athletes with heart disease: part 1. *J. Cardiovasc. Med. (Hagerstown)*. 2013;14(7):477–499. <https://doi.org/10.2459/JCM.0b013e32835f6a21>

9. **Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V., Afilalo J., Armstrong A., Ernande L., et al.** Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imag.* 2015;16(3):233–270. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jev014>

10. **Чумакова О.С., Исаева М.Ю., Королева О.С., Затеишиков Д.А.** Место электрокардиографии в диагностике кардиомиопатий и спортивного сердца. *Российский кардиологический журнал*. 2020;25(3S):4023. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2020-4023>

11. Рекомендации по количественной оценке структуры и функции камер сердца. *Российский кардиологический журнал*. 2012;95(3):1–28.

12. **Adea J.B., Leonor R.M.L., Lu C.H., Lin L.C., Wu M., Lee K.T., et al.** Sport disciplines and cardiac remodeling in elite university athletes competing in 2017 Taipei Summer Universiade. *Medicine (Baltimore)*. 2020;99(45):e23144. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000023144>

*Heart J.* 2018;39(21):1949–1969. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx532>

8. **Biffi A., Delise P., Zeppilli P., Giada F., Pelliccia A., Penco M., et al.** Italian cardiological guidelines for sports eligibility in athletes with heart disease: part 1. *J. Cardiovasc. Med. (Hagerstown)*. 2013;14(7):477–499. <https://doi.org/10.2459/JCM.0b013e32835f6a21>

9. **Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V., Afilalo J., Armstrong A., Ernande L., et al.** Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imag.* 2015;16(3):233–270. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jev014>

10. **Chumakova O.S., Isaeva M.Yu., Koroleva O.S., Zateyshchikov D.A.** Contribution of electrocardiography to the diagnosis of cardiomyopathies and athletic heart syndrome. *Rossiiskii kardiologicheskii zhurnal = Russian Journal of Cardiology*. 2020;25(3S):4023 (In Russ.). <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2020-4023>

11. Recommendations for quantifying the structure and function of the heart chambers. *Rossiiskii kardiologicheskii zhurnal = Russian Journal of Cardiology*. 2012;95(3):1–28 (In Russ.).

12. **Adea J.B., Leonor R.M.L., Lu C.H., Lin L.C., Wu M., Lee K.T., et al.** Sport disciplines and cardiac remodeling in elite university athletes competing in 2017 Taipei Summer Universiade. *Medicine (Baltimore)*. 2020;99(45):e23144. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000023144>

#### Информация об авторе:

**Брынцева Екатерина Владимировна**, ассистент кафедры лечебной физкультуры и спортивной медицины ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 191015, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41

#### Information about the author:

**Ekaterina V. Bryntseva**, Assistant Professor of the Department of Rehabilitation and Sports Medicine of I.I. Mechnikov North-Western State Medical University, 41, Kirochnaya str., St. Petersburg, 191015, Russia

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.12>

УДК 614.251

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original Article



## Организация медицинского обеспечения международных спортивных мероприятий

Г.М. Загородный<sup>1,\*</sup>, Е.Н. Пинчук<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования» (БелМАПО) Минск, Беларусь

<sup>2</sup> Дирекция II Европейских игр 2019 года, Минск, Беларусь

### РЕЗЮМЕ

Организация медицинского обеспечения крупных международных мероприятий — одна из серьезных задач для организаторов. Единого наднационального подробного нормативного акта пока нет.

**Цель исследования:** провести анализ имеющейся национальной и международной нормативной базы по регламентации медицинского обеспечения соревнований с последующим формированием общего алгоритма и единых требований.

**Материалы и методы:** анализ литературных данных и собственного опыта.

**Результаты:** Авторами изложены общие принципы организации медицинского обеспечения спортивных мероприятий на основе анализа собственного опыта и рекомендаций международных организаций. Основные принципы апробированы на ряде крупных спортивных мероприятий, и носят практико-ориентированный характер. В основе подготовки регламента должен лежать нормативный акт международной федерации по виду спорта, скорректированный с учетом национального законодательства и масштабности проводимого спортивного мероприятия и собственного опыта проведения подобных мероприятий. Практической значимостью работы является предложенная схема организации медицинской помощи на спортивном объекте. Количество медицинских бригад и медицинских пунктов на каждом спортивном объекте определяется организаторами спортивного мероприятия в соответствии с утвержденными национальными и международными правилами; оснащение медицинских служб определяется нормативными правовыми актами Министерства здравоохранения.

**Заключение:** Медицинский регламент должен содержать общие положения, принципы защиты здоровья атлетов, реализацию антидопинговых правил, соблюдение техники безопасности на объекте. Требования к медицинской службе соревнований к персоналу, объекту, медицинскому пункту арены, особые условия обеспечения соревнований, взаимодействие со службами допинг-контроля; ведению учетной и отчетной документации выделяются в отдельную подробно описанную главу. Особое место и обучение практическим навыкам должно быть уделено алгоритму действий при возникновении чрезвычайных ситуаций.

**Ключевые слова:** спорт, соревнования, медицинское обеспечение, олимпиада, Европейские игры, медицинская помощь

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Загородный Г. М., Пинчук Е. Н. Организация медицинского обеспечения международных спортивных мероприятий. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(1):16–24. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.12>

Поступила в редакцию: 11.11.2021

Принята к публикации: 02.03.2022

Online first: 25.03.2022

Опубликована: 30.04.2022

\* Автор, ответственный за переписку

## Organization of medical care major sporting events

Gennady M. Zagorodny<sup>1,\*</sup>, Elena N. Pinchuk<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education, Minsk, Republic of Belarus

<sup>2</sup> Directorate of 2nd European Games-2019, Minsk, Republic of Belarus

### ABSTRACT

Organization of medical support for major international events is one of the major challenges for organizers. There is no single supranational detailed normative act yet.

**Objective:** to analyze the existing national and international regulatory framework for the regulation of medical support for competitions with the subsequent formation of a general algorithm and uniform requirements.

**Materials and methods:** analysis of literature data and personal experience.

**Results:** The authors set out the general principles of organizing medical support for sports events based on an analysis of their own experience and recommendations of international organizations. The basic principles have been tested at a number of major sporting events and are practice-oriented. The preparation of the regulations should be based on the normative act of the international federation for the sport, adjusted taking into account national legislation and the scale of the sporting event being held and our own experience in holding such events. The practical significance of the work is the proposed scheme for organizing medical care at a sports facility. The number of medical teams and medical centers at each sports facility is determined by the organizers of the sports event in accordance with the approved national and international rules; the equipment of medical services is determined by the regulations of the Ministry of Health.

**Conclusion:** Medical regulations should contain general provisions, principles of health protection of athletes, implementation of anti-doping rules, compliance with safety measures at the facility. Requirements for the medical service of the competition for the personnel, facility, medical center of the arena, special conditions for ensuring the competition, interaction with the doping control services; maintenance of accounting and reporting documentation are allocated in a separate detailed chapter. A special place and training in practical skills should be given to the algorithm of actions in case of emergencies.

**Keywords:** sports, competitions, medical support, European and Olympic Games, medical care

**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interest.

**For citation:** Zagorodny H. M. Pinchuk E. N. Organization of medical care major sporting events. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(1):16–24. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.12>

**Received:** 11 November 2021

**Accepted:** 2 March 2022

**Online first:** 25 March 2022

**Published:** 30 April 2022

\* **Corresponding author**

Непричинение вреда и приоритет здоровья спортсмена в соответствии с Медицинском кодексом Международного олимпийского комитета (2016) являются важнейшими обязанностями медицинских работников. МОК полагает, что в каждой спортивной дисциплине должны быть установлены соответствующие руководящие принципы медицинского обеспечения, отражающие характер спортивной деятельности и уровень соревнований, необходимые для обеспечения безопасности соревнований и атлетов.

Эти руководящие принципы включают в себя:

- уровень и объем медицинской помощи, которая будет оказываться в тренировочных и соревновательных зонах;
- необходимые ресурсы, средства, оборудование и услуги (помещения, транспортные средства и т. д.);
- разработку чрезвычайного плана по объектам и видам спорта, включая разработку протоколов и процедур эвакуации тяжелобольных или пострадавших, обеспечение экстренной медицинской помощи зрителям;
- информацию для команд, тренеров и спортсменов о медицинских сервисах;
- систему связи между службами медицинского обеспечения, организаторами, органами здравоохранения [1].

Некоторыми международными федерациями по видам спорта разработаны регламенты или рекомендации по медицинскому обеспечению спортивных мероприятий, однако значительная часть носит общий характер либо касается собственно оказания медицинской помощи при травмах (бокс, виды борьбы, футбол и др.).

Все спортивные мероприятия сопряжены с риском травм и заболеваний для участников. Медицинские услуги для спортивных мероприятий должны планироваться и предоставляться таким образом, чтобы снизить эти риски, что является этической обязанностью всех

организаторов спортивных мероприятий. Целью данного документа было разработать согласованные руководящие принципы, описывающие основные стандарты услуг, необходимых для защиты здоровья и безопасности спортсменов во время крупных спортивных мероприятий. С помощью Системы трансляции знаний был выявлен пробел в программах Международной федерации здравоохранения для спортивных мероприятий. Области содержания мероприятий в области здравоохранения были определены посредством повествовательного обзора научной литературы. Систематически выбирались контент-эксперты. После поиска литературы был предпринят итеративный процесс достижения консенсуса. Итоговый документ был написан группой экспертов по переводу знаний при содействии фокус-группы, состоящей из когорты председателей медицинских организаций Международной федерации. Спортсмены были наняты для обзора и комментариев. Документ «Руководящие принципы здравоохранения для мероприятий Международной федерации» был разработан, включая содержание, относящееся к (I) предварительному планированию (например, оценка медицинского риска в спорте, требования общественного здравоохранения, экологические соображения), (II) безопасности мероприятия (например, медицинские услуги на месте проведения мероприятия, план действий и транспортировка в чрезвычайных ситуациях, безопасность и защита) и (III) дополнительные соображения (например, исследование состояния здоровья при событии, медицинские услуги для зрителей). Мы разработали универсальный стандартизированный шаблон руководства для облегчения планирования и оказания медицинских услуг на международных спортивных мероприятиях.

МОК указывает, что медицинское обследование представляет собой комплексный междисциплинарный процесс, направленный на выявление существующих

состояний и обеспечение базовых характеристик здоровья и производительности в случае будущей травмы [2].

Нами представлен обобщенный опыт основных принципов организации медицинского обеспечения крупных международных соревнований, проходивших в Республике Беларусь (чемпионат мира по хоккею — 2014, кубки Европы по биатлону, Кубок мира по фристайлу, Вторые Европейские игры, Легкоатлетический матч США — Европа, ряд других международных спортивных мероприятий) [4–6].

Среди посетителей спортивного объекта принято выделять следующие категории лиц: аккредитованные участники, зрители, важные и особо важные гости, персонал объекта, представители СМИ, волонтеры и пр. Их размещение, маршруты движения и места пребывания на объекте во время мероприятий должны быть определены накануне и строго зонированы.

Медицинское обеспечение спортивных мероприятий представляет собой комплекс организационных, лечебно-диагностических, профилактических мероприятий, направленных на создание безопасной и комфортной среды для всех клиентских групп спортивных мероприятий, профилактику заболеваний и травм, а также услуг по оказанию медицинской помощи, проведению санитарно-противоэпидемических и иных мероприятий [7, 8].

Массовые собрания рассматриваются как потенциальный риск передачи инфекционных заболеваний и могут поставить под угрозу систему здравоохранения стран, в которых они проводятся. Хотя абсолютный риск возникновения проблем со здоровьем, в том числе инфекционных заболеваний, на массовых спортивных мероприятиях невелик, потребность в подтверждении отсутствия проблем выше, чем считалось ранее; это может бросить вызов обычным системам наблюдения за общественным здоровьем. Признание ограничений систем наблюдения за здоровьем должно быть частью планирования будущих спортивных мероприятий [9].

Организаторы спортивного мероприятия своевременно в соответствии с планом подготовки обязаны определить и согласовать организацию/объект/площадку, на которых будут проводиться соревнования, и учреждение спортивной медицины и/или иное учреждение здравоохранения, которое будет обеспечивать медицинское сопровождение, уточнить регламент соревнований по вопросам организации медицинского обеспечения у международной федерации.

Перед проведением спортивного мероприятия организаторы уточняют требования по организации медицинской помощи на спортивном объекте с учетом контингента (возраст, квалификация), предполагаемого количества участников, вида спорта, иных рисков. Следует предоставить помещения для медицинского кабинета, места для работы мобильных медицинских бригад, скорой медицинской помощи с учетом требований соответствующих нормативных документов, определить места и пути медицинской эвакуации.

Целесообразно, чтобы организаторы спортивного мероприятия подготовили на бумажном/электронном носителе медицинское и антидопинговое руководство, которые должны содержать детальное описание организации и размещение медицинских сервисов, правила лекарственного обеспечения, информацию по антидопинговому контролю. Медицинский персонал и представителей команд следует обязательно ознакомить с организацией оказания медицинской помощи на объекте как в рамках обязательных совещаний с руководителями медслужб команд, так и в течение спортивного мероприятия. Любые онлайн-платформы приветствуются; так, в период проведения II Европейских игр прекрасно зарекомендовала себя контрольно-учетная платформа MES [4].

Следует произвести детальную оценку места проведения соревнования и тренировок, определить критерии медицинского допуска к соревнованиям спортсменов, формы юридического оформления.

Количество медицинских бригад и медицинских пунктов на каждом спортивном объекте определяется организаторами спортивного мероприятия в соответствии с утвержденными национальными и международными правилами (регламентами) проведения соревнований; оснащение медицинских служб определяется нормативными правовыми актами Министерства здравоохранения.

При проведении спортивных мероприятий с участием спортсменов с ограниченными возможностями здоровья необходимо обеспечить соответствующие условия для оказания медицинской помощи указанным категориям лиц, включая оснащение необходимым оборудованием.

Основным структурным подразделением, обеспечивающим оказание скорой медицинской помощи в зоне проведения соревнования, является мобильная медицинская бригада для спортсменов (МБС).

В составе инфраструктуры спортивного мероприятия формируются и располагаются медицинские пункты для спортсменов (МПС), состоящие из одного или нескольких помещений, предусмотренные для оказания первичной медицинской помощи только спортсменам и их персоналу.

Вопросы формирования и оснащения МБС и МПС согласовываются с Министерством здравоохранения, а распределение сил и функционала — с учреждениями спортивной медицины.

Руководителем всех медицинских служб спортивного объекта является медицинский координатор — руководитель по медицинскому обеспечению и допинг-контролю на соревновательном объекте, который назначается из числа врачей системы здравоохранения. Руководство непосредственно МБС и МПС осуществляет его заместитель — субкоординатор, как правило, опытный врач спортивной медицины.

Примерные функциональные обязанности координатора: подчиняется главному судье соревнований;

организует оказание медицинской помощи на спортивном мероприятии; осуществляет руководство деятельностью всего медицинского персонала соревнований; определяет количество медицинского персонала, число и состав бригад, порядок и график их работы на спортивном объекте во время тренировок и соревнований; осуществляет координацию работы с согласованными учреждениями здравоохранения, взаимодействует с врачами команд; осуществляет организацию работы медицинских помещений и контролирует их материально-техническое и лекарственное обеспечение; рассматривает жалобы на оказание медицинской помощи; отстраняет по медицинским показаниям спортсмена от участия в соревновании; организует ведение учетной и отчетной документации и др.

К медицинскому пункту должен быть обеспечен удобный доступ как с площадок, так и из раздевалок, организована возможность переноса травмированного спортсмена из медицинского пункта для последующей транспортировки через ближайший выход. Если на соревновании предусматривается наличие основной арены, то именно на этой арене должен быть организован центральный медицинский пункт. При проведении игр на нескольких аренах может быть развернуто несколько медицинских пунктов, в каждом из которых можно будет оказывать медицинскую помощь. Для облегчения поиска медицинский пункт должен быть маркирован соответствующими знаками и указателями и нанесен на все планы/схемы объекта.

Соответствующее планирование и укомплектование персоналом медицинских услуг на крупномасштабных спортивных мероприятиях имеют важное значение для обеспечения безопасных и успешных соревнований [10].

К медицинскому обеспечению ЕИ-2019 привлечено 758 человек, 78 из которых работали на спортивных объектах; на более мелких спортивных международных мероприятиях (Кубок мира/Европы по фристайлу, биатлону, дзюдо и др.) как правило, общее количество медработников составляет 15–25 в смену. На пяти предыдущих летних Олимпийских играх в среднем на одного спортсмена приходилось 4–5,2 медработника.

Медицинская бригада прибывает на место проведения спортивных соревнований не позднее чем за один час (если иное не оговорено требованиями медицинского регламента по виду спорта) до начала и находится на территории сооружения до их окончания; организует свою работу в зависимости от количества участников спортивных соревнований, вида спорта, условий проведения, количества прогнозируемых обращений по медицинским показаниям. Все медицинские сотрудники соревнований должны иметь четкие отличительные элементы/знаки (кепки, нарукавные повязки, футболки и др.).

С учетом расположения медицинских бригад на спортивных объектах время реагирования на медицинский инцидент (время прибытия медицинских работников

и начала оказания экстренной медицинской помощи на месте вызов) должно быть минимальным, но не более одной минуты для участников соревнований, и до пяти минут для зрителей и иных лиц. Указанное требование обусловлено высокой вероятностью оказания помощи пациенту с внезапной остановкой кровообращения. Накал спортивных страстей, высокий эмоциональный статус, физическая нагрузка могут стать пусковым механизмом в обострении имеющихся сердечно-сосудистых заболеваний чаще всего у зрителей; принято считать, что чем раньше будут начаты базовые реанимационные мероприятия, тем лучше прогноз.

Все случаи оказания медицинской помощи при проведении спортивных мероприятий регистрируются в журналах, оперативно доводятся до координатора.

На всех медицинских объектах должны строго соблюдаться противоэпидемические требования. Обязательно должны быть предусмотрены промаркированные контейнеры для утилизации отходов, сбор и вывоз которых должен осуществляться в соответствии с правилами обработки медицинских отходов по согласованным накануне маршрутам и аккредитованными ответственными лицами [11].

Ожидаемая общая обращаемость за медицинской помощью в МПС/МБС во время соревнований составляет от 2–5 (стрелковые виды спорта, бадминтон, шахматы и т.п.) до 15–25 (единоборства, бокс) случаев в сутки. В структуре этих обращений преобладают обострения хронических заболеваний и/или травмы легкой степени тяжести. Однако единичные случаи подразумевают необходимость в госпитальном этапе оказания медицинской помощи. Опыт ИИАФ указывает, что в период соревнований примерная посещаемость поликлиники по терапевтическому профилю 40–60 посещений/1000 спортсменов в день, по физиотерапии и массажу — 40–50 посещений/1000 спортсменов в день соответственно. На стадионе ожидаемая обращаемость по поводу острых травм/заболеваний — 5–10% от общего количества атлетов. Для рациональной работы медперсонала на соревнованиях легкоатлетов рекомендуется привлекать врачей по 1 на 100 спортсменов, физиотерапевтов по 1 на 30–50 спортсменов, массажистов по 1 на 50–75 спортсменов. В период проведения летних Олимпийских игр 2000–2016 общая обращаемость за медицинской помощью была неравномерной и составляла 20–39% от всех аккредитованных лиц, а госпитализация — 0,3–0,7%. В Лондоне и Рио за травматологической помощью обратилось 11 и 8%, за терапевтической 7 и 5% от всего количества спортсменов соответственно. Во время зимних Олимпийских игр–2018 частота задокументированных травм (на 1000 спортсменов) составила 42,8 по 13 видам спорта; в тройку лидеров по травматизму на 1000 спортсменов из более чем 50 входят горные лыжи, беговые лыжи и сноуборд на горных объектах, фигурное катание, керлинг и конькобежный спорт на городских объектах [12].

Олимпийцы-единоборцы получали в среднем одну травму каждые 2,1 часа соревнований. Риск травмы был значительно выше в боксе, дзюдо и тхэквондо, чем в борьбе. Около 30% травм, полученных во время соревнований, привели к отсутствию на соревнованиях или тренировках более 7 дней. Существует потребность в выявлении поддающихся изменению факторов риска травм в олимпийских единоборствах, на которые, в свою очередь, могут быть нацелены инициативы по профилактике травм для снижения бремени травм среди спортсменов единоборств [13, 14].

В период проведения II Европейских игр из 1979 обращений 91,6% пришлось на спортивные объекты, а 166 — непосредственно в учреждения здравоохранения. Госпитализирован 31 человек, из них 26 — аккредитованные лица. В структуре преобладали заболевания (1081) и травмы (548) случаев. В Деревне спортсменов отмечен 31% от всех обращений по объектам. Наиболее востребованными физиопроцедурами были криотерапия 47,1%, ручной массаж 15,8%, бесконтактный массаж 8,1%, магнитотерапия 6,4% [4].

Оказание медицинской помощи на спортивном объекте имеет ряд особенностей для работы медицинского персонала. В частности, весь процесс работы МБС — это публичное действие. Доступность средств видеофиксации (смартфонов, камер и др.), общая осведомленность публики в отношении протокола действий при оказании медицинской помощи такова, что любое отклонение от этого протокола или задержка с реагированием немедленно становится предметом общественного обсуждения в средствах массовой информации [15].

Все представители медицинского персонала должны быть хорошо подготовлены к решению вопросов, касающихся взаимодействия со СМИ. Никто из них не должен обсуждать со СМИ вопросы, касающиеся любого спортсмена или члена делегации. Такие вопросы должны быть направлены к официальному представителю соответствующей команды. В случае созыва пресс-конференции по медицинскому вопросу на ней должен присутствовать Медицинский супервайзер или назначенный им работник, определяющий, какие еще представители медицинского персонала могут принять в ней участие. В процессе организации любых пресс-конференций необходимо тесное взаимодействие с оргкомитетом. Любая медицинская информация, предоставляемая СМИ, должна утверждаться руководителем оргкомитета. Представители СМИ не допускаются в зоны медицинского обслуживания участников соревнований. Персонал арены, волонтеры должны быть подготовлены к встрече любых работников служб медицинской помощи и сопровождению их по назначению [16, 17].

Для оказания помощи зрителям разворачиваются медицинские пункты для зрителей (МПЗ), которые обеспечиваются всем необходимым практически по тем же требованиям, что и МПС, с акцентом на больший риск нетравматологической патологии (нарушения

кровообращения, неврология и др.). Четкого критерия для расчета количества МПЗ для зрителей не существует, однако Британская медицинская ассоциация рекомендует не менее одного врача на 2000 зрителей, а радиус оперативного обслуживания — не более пяти минут. Медицинские услуги в МПЗ оказываются только в период проведения официальных тренировок и соревнований; открытие медпункта для зрителей осуществляется и контролируется за 30–60 минут до открытия объекта для зрителей, а закрытие — после того, как целевые клиентские группы на 100% покинули объект.

Непосредственным наблюдением за зрителями во время матча занимается персонал «прямого контакта» — контролеры, волонтеры, стюарды, которые в случае медицинского инцидента на трибуне как персонал «прямого контакта» обращаются напрямую к мобильной медицинской бригаде по согласованному накануне месту дежурства или сообщают об инциденте координатору.

При возникновении проблем со здоровьем зрители, несмотря на различия в возрасте, социальном статусе, стараются получить медицинскую помощь, не покидая спортивное мероприятие, а в некоторых случаях после оказания медицинской помощи возвращаются на трибуны. Следовательно, если пациент отказывается от направления в больницу для проведения необходимых лечебно-диагностических мероприятий, то повышается риск развития осложнений и необходимости в перспективе более серьезного медицинского вмешательства. Соответственно, персоналу надо проявить максимальное количество рациональных приемов в рамках этикодеонтологических правил для разъяснения рисков и последствий пациенту.

Для церемоний открытия/закрытия спортивных мероприятий период оказания сервисов эквивалентен соревновательному режиму за исключением присутствия мобильных медицинских бригад для спортсменов на площадках.

Скорую медицинскую помощь на игровой площадке/зоне проведения соревнований оказывают мобильные медицинские бригады для спортсменов. Зона ответственности одной бригады — определенный и согласованный накануне участок спортивного объекта.

Примерная схема организации медицинской помощи на спортивном объекте следующая:

#### **А. Распределение функционала**

1. Координатор спортивного объекта отвечает за все медицинское обеспечение; субкоординатор отвечает за оказание медпомощи спортсменам.

2. Весь медицинский персонал обязан выполнять команды координатора.

3. Каждому мероприятию предшествует рабочее совещание (ориентировочно, за 45–60 минут до начала) с участием всех медработников под руководством супервайзера соревнований.

4. Время работы — 1–2 часа до и 1 час после окончания соревнований (или пока последний спортсмен не покинет спортивный объект); за 1 час до и 1 час после проведения официальной тренировки (или пока последний спортсмен не покинет спортивный объект). Любые отклонения режима работа должны быть согласованы с оргкомитетом.

5. Команды на начало/окончание дежурства бригадам отдает координатор.

#### **Б. Размещение на площадке**

1. Главный судья соревнований и/или медицинский супервайзер указывает расположение медицинских бригад на объекте в период тренировок или соревнований.

2. Бригада должна присутствовать на указанных местах в течение всего времени проведения соревнований/тренировок.

3. Каждая бригада оснащена укладкой скорой медицинской помощи в соответствии с утвержденными табелями, которая располагается рядом со скамейкой мобильной медицинской бригады.

4. Во время соревнований бригада наблюдает исключительно за спортсменами установленной зоны ответственности (а не за ходом соревнования).

5. За 1 час до начала соревнования автомобиль скорой медицинской помощи занимает специально отведенное для него место, устанавливается головным концом на выезд, двери остаются приоткрытыми. Непосредственно на площадку автомобиль скорой помощи не выезжает ни при каких обстоятельствах или только по требованию главного судьи соревнований.

6. В ряде видов спорта (например, велоспорт) возможно иное расположение медицинских служб.

#### **В. Выход на площадку**

1. Остановить матч/схватку/выступление для оказания медицинской помощи и вызвать медицинского работника может только главный судья; такой вызов будет адресован сначала врачу команды (при его наличии).

2. При падении атлета без видимой причины врач команды или мобильная медицинская бригада имеют право выйти немедленно, не дожидаясь решения главного судьи, и приступить к оказанию помощи.

3. Мобильная медицинская бригада должна быть готова немедленно выйти на площадку по вызову врача команды или супервайзера, используя оговоренные жесты (например, скрещенные над головой руки).

4. Врач команды, врач МБС или врач международной федерации может попросить судью прекратить выступление травмированного атлета.

5. Главный судья соревнований регулирует вопросы выхода и дальнейшего нахождения медперсонала на соревновательном поле.

#### **Г. Оказание помощи**

1. Выбор тактики оказания экстренной медицинской помощи спортсмену — прерогатива врача команды.

2. Врачи команд могут уступить МБС право выбора тактики, признавая превосходящую компетенцию последнего в вопросах оказания экстренной медицинской помощи.

3. Неотложная медицинская помощь оказывается непосредственно на месте ее получения или в соответствии с регламентами по видам спорта в специально отведенном месте вне площадки.

4. Врач команды высказывает свое мнение судье о продолжении выступления спортсмена, однако окончательное решение принимает только главный судья соревнований.

5. Спортсмен с подозрением на черепно-мозговую травму должен быть немедленно осмотрен по протоколу SCAT 5.

6. Если спортсмен по каким-либо причинам остается без сознания или не может самостоятельно покинуть соревновательное поле, его следует удалить с площадки на носилках.

#### **Д. Эвакуация в медпункт**

1. Если спортсмен может продолжить тренировку/участие в соревнованиях, медицинская бригада оказывает медицинскую помощь на месте.

2. Приоритетное направление медицинской эвакуации — в медицинский пункт для спортсменов.

3. Врач МБС и/или субкоординатор может принять решение об эвакуации спортсмена сразу в машину скорой медицинской помощи.

4. При направлении пациента в стационар координатор уведомляет представителя больницы о поступлении пациента и его диагнозе.

5. Предполагается пребывание пациента в стационар до момента его клинического выздоровления или готовности к медицинской эвакуации в страну проживания.

6. Врач команды вправе обсуждать с врачами-специалистами официальных больниц Игр тактику оказания медицинской помощи спортсменам, присутствовать при их проведении сопровождать при транспортировке.

Примерный перечень медицинского оборудования, ИМН, инструментария, предметов ухода, мебели для медицинского кабинета составляется уполномоченными организаторами соревнований. На упаковку лекарственных препаратов, входящих в запрещенный список ВАДА, желательно наклеивать соответствующие предупреждающие надписи; имеется положительный опыт востребованности и актуальности такой профилактики. В 2019 году в период проведения ЕИ был выписан 471 рецепт (392 — электронных), в т. ч. 270 — спортсменам, большинство из которых представляло бокс, легкую атлетику, дзюдо и самбо.

Медицинское обеспечение тренировок осуществляются выездные бригады скорой медицинской помощи,

мобильные бригады в составе врача спортивной медицины и медицинской сестры. Тактика их действий при медицинских инцидентах на тренировочных площадках ничем не отличается от описанной ниже тактики действий мобильных медицинских бригад в зоне поведения соревнований (ЗПС). Наблюдение за спортсменами во время соревнований позволяет увидеть механизм травмы, что является важной частью процесса оценки любой контактной травмы.

Все медицинские услуги, предоставляемые медицинскими бригадами, должны соответствовать принципам научно-доказательной медицины. Тактика действий медслужб при острых патологических состояниях определяется национальным законодательством и может корректироваться в пределах компетенции регламента оказания медицинской помощи по видам спорта. Правила многих видов спорта требуют, чтобы спортсмен с продолжающимся кровотечением из раны покинул площадку; ему запрещено возвращаться, пока судья не убедится в остановке кровотечения, запрещено носить одежду с пятнами крови.

Обобщение вышеизложенных рекомендаций с учетом особенностей вида спорта, национального законодательства, внешних и внутренних рисков позволяет сформировать регламент медицинского обеспечения спортивного мероприятия. Таким образом, примерный регламент медицинского обеспечения спортивного мероприятия должен включать в себя:

- 1) общие сведения о соревновании (название соревнования, статус, организаторы, даты проведения);
- 2) объект(ы) соревнования, локализацию спортивных сооружений, место проживания участников;
- 3) требования Международной и национальной федераций по виду спорта к медицинскому обеспечению соревнования (если имеется полное соответствие с требованиями международной федерации — письменное согласие);
- 4) риски для здоровья участников соревнования, связанные со спортивной деятельностью, климатическими и географическими факторами и др.;
- 5) структуру управления медицинской службой на соревновании. Положение о медицинском координаторе соревнования/медицинском супервайзере соревнования;
- 6) структуру медицинской службы на объекте соревнования;
- 7) информацию о лечебных учреждениях, обеспечивающих госпитальную помощь участникам соревнования, схемы взаимодействия между медицинской службой на объекте соревнования и лечебными учреждениями, расписание их работы;
- 8) схему размещения медицинской службы соревнования на объекте соревнования, пути эвакуации;
- 9) расписание работы медицинской службы соревнования с учетом расписания спортивных мероприятий соревнования;
- 10) расписание работы медицинских пунктов и бригад скорой помощи на объекте соревнования;

11) расписание работы аптек шаговой доступности от объекта соревнования и мест проживания участников соревнования;

12) информацию о медицинском обеспечении соревнования для команд-участниц на русском и английском языках;

13) защиту персональных данных, порядок информированного согласия на обработку персональных данных, порядок взаимодействия со СМИ;

14) ведомости учета рабочего времени сотрудников медицинской службы соревнования;

15) журнал регистрации медицинской помощи участникам соревнования, журнал регистрации случаев оказания медицинской помощи на спортивных мероприятиях;

16) табели оснащения МБС и МПС;

17) алгоритмы оказания скорой и специализированной медицинской помощи с учетом вида спорта;

18) прочее (бланки справок, рецептов и т. д.).

В основе подготовки регламента должен лежать нормативный акт международной федерации по виду спорта, скорректированный с учетом национального законодательства и масштабы проводимого спортивного мероприятия, собственного опыта проведения подобных мероприятий (1, 9, 15, 17).

Представляем также схему построения Медицинского регламента соревнований в зависимости от масштабы и вида спорта.

1. Общие положения (гуманизм и право личности; взаимоуважение пола, расы, религии; интеграция медицинской службы в службу обеспечения спортивного соревнования; взаимодействие медицинской службы с другими участниками соревнований; нетерпимость к допингу, полное сотрудничество со службами допинг-контроля).

2. Принципы защиты здоровья атлетов (объективная оценка состояния здоровья и рисков перед допуском к соревнованиям; обеспечение защитной экипировкой; обеспечение условиями для разминки и восстановления; обеспечение питанием и питьевой водой; защита от факторов внешней среды; обеспечение адекватными условиями проживания, средствами гигиены; назначение методов и средств лечения; препятствие давлению «лиц влияния» с целью участия в соревнованиях (недопущение сокрытия заболеваний и травм, недопущение расизма, сексизма и др.); следование антидопинговым правилам и нормам; соблюдение техники безопасности на объекте.

3. Требования к медицинской службе соревнований и персоналу (этика, профессионализм, кооперация, стрессоустойчивость, психологическая совместимость), объекту (санитарное состояние, питание, обеспечение водой, коммуникации, связь, транспорт); медицинскому пункту арены; требования к клинике неотложной помощи и бригадам скорой помощи, санитарному транспорту; взаимодействие медицинской службы с атлетами,



персоналом команд и другими службами обеспечения; взаимодействие медицинской службы с официальными делегатами соревнований, ВИП, СМИ; особые условия обеспечения соревнований (действия на открытой местности (шоссейные гонки, кросс-кантри), открытой воде); взаимодействие со службами допинг-контроля; ведение учетной и отчетной документации.

**Вклад авторов:**

**Загородный Геннадий Михайлович** — сбор и обработка информации, редактирование, утверждение финальной версии статьи.

**Пинчук Елена Николаевна** — сбор и обработка информации, написание текста статьи.

4. Принципы организации пункта допинг-контроля (помещение, обеспечение водой, связью, хранение и транспортировка биопроб, обеспечение дополнительным персоналом).

5. Алгоритмы действий при возникновении чрезвычайных ситуаций (оповещение, взаимодействие со службами, транспорт, связь, эвакуация).

**Authors' contributions:**

**Gennady M. Zagorodny** — collection and processing of material, editing, approval of the article final version.

**Elena N. Pinchuk** — collection and processing of material, article text writing.

**Список литературы**

1. Olympic Movement Medical Code. In force as from 31 March 2016 [Internet]. Available from: <https://stillmedab.olympic.org/media/Document%20Library/OlympicOrg/IOC/Who-We-Are/Commissions/Medical-and-Scientific-Commission/Olympic-Movement-Medical-Code-31-03-2016.pdf>
2. Mountjoy M., Moran J., Ahmed H., Bermon S., Bigard X., Doerr D., et al. Athlete health and safety at large sporting events: the development of consensus-driven guidelines. *Br. J. Sports Med.* 2021;55(4):191–197. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102771>
3. Nabhan D., Taylor D., Lewis M., Bahr R. Protecting the world's finest athletes: periodic health evaluation practices of the top performing National Olympic Committees from the 2016 Rio or 2018 PyeongChang Olympic Games. *Br. J. Sports Med.* 2021;55(17):961–967. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-103481>
4. Pinchuk H., Borichevskaya E. 2 European games. Global report of results. Minsk; 2019.
5. Самушия К.А., Загородный Г.М. Проблемы и особенности медицинского обеспечения в общей системе подготовки спортсменов. *Прикладная спортивная наука.* 2019;(1):87–94.
6. Загородный Г.М., Шут Н.М., Иванова Н.В., Ивanchикова Н.Н., Шумилов А.В. О создании автоматизированной информационно-аналитической системы «Электронная карта спортсмена». *Прикладная спортивная наука.* 2017;(2):116–124.
7. Миронов С.П., Поляев Б.А., Макарова Г.А., (ред). *Спортивная медицина: национальное руководство.* Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2013.
8. McCloskey B., Endericks T., Catchpole M. London 2012 Olympic and Paralympic Games: public health surveillance and epidemiology. *Lancet.* 2014;383(9934):2083–2089. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(13\)62342-9](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(13)62342-9)
9. International Ice Hockey Federation (IIHF). 2020/21 — 2021/22 Season IIHF Medical Regulations [Internet]. Available from: <https://blob.iihf.com/iihf-media/iihfmedia/media/downloads/regulations/2021/2021-iihf-medical-regulations.pdf>
10. Liang X.Y., Lan L., Chen W.N., Zhang A.P. Disease distribution and medical resources during the Beijing 2008 Olympic and Paralympic Games. *Chin. Med J. (Engl).* 2011;124(7):1031–1036.
11. Об утверждении порядка оказания медицинской помощи при проведении физкультурных и спортивных мероприятий: Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 09.08.2010 № 613н [Интернет]. Режим доступа: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-minzdravsotsrazvitija-rf-ot-09082010-n-613n/>

**References**

1. Olympic Movement Medical Code. In force as from 31 March 2016 [Internet]. Available from: <https://stillmedab.olympic.org/media/Document%20Library/OlympicOrg/IOC/Who-We-Are/Commissions/Medical-and-Scientific-Commission/Olympic-Movement-Medical-Code-31-03-2016.pdf>
2. Mountjoy M., Moran J., Ahmed H., Bermon S., Bigard X., Doerr D., et al. Athlete health and safety at large sporting events: the development of consensus-driven guidelines. *Br. J. Sports Med.* 2021;55(4):191–197. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102771>
3. Nabhan D., Taylor D., Lewis M., Bahr R. Protecting the world's finest athletes: periodic health evaluation practices of the top performing National Olympic Committees from the 2016 Rio or 2018 PyeongChang Olympic Games. *Br. J. Sports Med.* 2021;55(17):961–967. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-103481>
4. Pinchuk H., Borichevskaya E. 2 European games. Global report of results. Minsk; 2019.
5. Samushiya K.A., Zagorodnyi G.M. Problems And Peculiarities Of Medical Support In The General System Of Sportsmen's Preparation. *Prikladnaya sportivnaya nauka [Applied sports science].* 2019;(1):87–94 (In Russ.).
6. Zagorodnyi G.M., Shut N.M., Ivanova N.V., Ivanchikova N.N., Shumilov A.V. On creation of automatic analytical and information system «Electronic sportsman's card». *Prikladnaya sportivnaya nauka [Applied sports science].* 2017;(2):116–124 (In Russ.).
7. Mironov S.P., Polyayev B.A., Makarova G.A., (red). *Sports medicine: national guideline.* Moscow: GEOTAR-Media Publ.; 2013 (In Russ.).
8. McCloskey B., Endericks T., Catchpole M. London 2012 Olympic and Paralympic Games: public health surveillance and epidemiology. *Lancet.* 2014;383(9934):2083–2089. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(13\)62342-9](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(13)62342-9)
9. International Ice Hockey Federation (IIHF). 2020/21 — 2021/22 Season IIHF Medical Regulations [Internet]. Available from: <https://blob.iihf.com/iihf-media/iihfmedia/media/downloads/regulations/2021/2021-iihf-medical-regulations.pdf>
10. Liang X.Y., Lan L., Chen W.N., Zhang A.P. Disease distribution and medical resources during the Beijing 2008 Olympic and Paralympic Games. *Chin. Med J. (Engl).* 2011;124(7):1031–1036.
11. On approval of the procedure for providing medical care during physical culture and sports events: Order of the Ministry of Health and Social Development of the Russian Federation dated 09.08.2010 No. 613n [Internet]. Available from: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-minzdravsotsrazvitija-rf-ot-09082010-n-613n/> (In Russ.).

12. Lystad R.P., Alevras A., Rudy I., Soligard T., Engebretsen L. Injury incidence, severity and profile in Olympic combat sports: a comparative analysis of 7712 athlete exposures from three consecutive Olympic Games. *Br. J. Sports Med.* 2021;55(19):1077–1083. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102958>

13. An information resource for doctors providing medical care at sporting events [Internet]. British Medical Association; 2014. Available from: <https://sheffield-lmc.org.uk/website/IGP217/files/36%20Sporting.pdf>.

14. McDonagh D., Zideman D. The IOC manual of emergency sports medicine. International Olympic Committee; 2015. <https://doi.org/10.1002/9781118914717>

15. International Association of Athletics Federations. Competition medical handbook for track and field and road racing: A practical guide. Monaco: IAAF; 2006. URL: IAAF Competition Medical Guidelines — January 2013.pdf

16. American College of Sports Medicine. Mass participation event management for the team physician: a consensus statement. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2004;36(11):2004–2008. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000145452.18404.f2>

17. World Medical Association. WMA declaration on principles of health care for sports medicine [Internet]. Available from: <https://www.wma.net/policies-post/wma-declaration-on-principles-of-health-care-for-sports-medicine/>

12. Lystad R.P., Alevras A., Rudy I., Soligard T., Engebretsen L. Injury incidence, severity and profile in Olympic combat sports: a comparative analysis of 7712 athlete exposures from three consecutive Olympic Games. *Br. J. Sports Med.* 2021;55(19):1077–1083. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102958>

13. An information resource for doctors providing medical care at sporting events [Internet]. British Medical Association; 2014. Available from: <https://sheffield-lmc.org.uk/website/IGP217/files/36%20Sporting.pdf>.

14. McDonagh D., Zideman D. The IOC manual of emergency sports medicine. International Olympic Committee; 2015. <https://doi.org/10.1002/9781118914717>

15. International Association of Athletics Federations. Competition medical handbook for track and field and road racing: A practical guide. Monaco: IAAF; 2006. URL: IAAF Competition Medical Guidelines — January 2013.pdf

16. American College of Sports Medicine. Mass participation event management for the team physician: a consensus statement. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2004;36(11):2004–2008. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000145452.18404.f2>

17. World Medical Association. WMA declaration on principles of health care for sports medicine [Internet]. Available from: <https://www.wma.net/policies-post/wma-declaration-on-principles-of-health-care-for-sports-medicine/>

#### Информация об авторах:

**Загородный Геннадий Михайлович\***, кандидат медицинских наук, доцент, врач высшей категории по спортивной медицине, Белорусская медицинская академия последипломного образования (БелМАПО), 220272, Республика Беларусь, г. Минск, ул. П. Бровки, 3, корп. 3.

**Пинчук Елена Николаевна**, руководитель медицинской службы Дирекции II Европейских игр 2019 года, 220020, г. Минск, пр. Победителей, 103, офис 502.

#### Information about the authors:

**Henaddy M. Zagorodny\***, M.D., Ph.D. (Medicine), doctor of the highest qualification category in sports medicine, associate professor of the Department of Sports Medicine and Rehab of the Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education, 3/3, P. Brovki str., Minsk, 220272, Republic of Belarus.

**Elena N. Pinchuk**, Head of the Medical Service of the Directorate of 2 European Games-2019, OFC 502, 103 ave. Pobediteley, Minsk, 220020, Republic of Belarus.

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.5>

УДК 551.58, 159.944

Тип статьи: Обзор литературы / Articles review



## Некоторые аспекты влияния экстремальных климатических факторов на физическую работоспособность спортсменов

*И.В. Кобелькова<sup>1,2</sup>, М.М. Коростелева<sup>1,3,\*</sup>, Д.Б. Никитюк<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания и биотехнологии», Москва, Россия

<sup>2</sup> Академия постдипломного образования ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр» ФМБА России, Москва, Россия

<sup>3</sup> ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

Профессиональным спортсменам часто приходится участвовать в соревнованиях в климатических условиях, отличающихся от оптимальных или привычных для их места проживания. В связи с этим представляется актуальным вопрос о том, как пограничные и экстремальные внешние условия (низкие и высокие температуры окружающей среды, изменения атмосферного давления, высота над уровнем моря) влияют на спортивную производительность и выносливость. В обзоре представлены биохимические механизмы, лежащие в основе адаптации спортсменов к условиям окружающей среды. Человеческий организм поддерживает достаточно постоянную внутреннюю температуру (в некоторых статьях — ядра) тела на уровне  $37 \pm 1$  °C на протяжении всей своей жизни, несмотря на широкий диапазон параметров окружающей среды. Интенсивность процессов, обеспечивающих выделение тепла, регулируется рефлекторно. Нейроны, отвечающие за тепловой обмен, расположены в центре терморегуляции гипоталамуса. В ходе эволюции млекопитающие выработали разнообразные механизмы регуляции температуры тела, включая нервную и гуморальную, влияющие на энергетический обмен и поведенческие реакции. Выделяют два способа теплообразования: сократительный термогенез, обусловленный сокращениями скелетной мускулатуры (частный случай — холодовая мышечная дрожь), и несократительный — когда активизируются процессы клеточного метаболизма: липолиз (в частности, бурой жировой ткани) и гликолиз. При воздействии экстремальных температур окружающей среды терморегуляторная система приспосабливается к поддержанию стабильной внутренней температуры тела путем предотвращения потери тепла и увеличения теплопродукции в холодных условиях, или повышением теплоотдачи, если температура окружающей среды увеличивается. Температура окружающей среды, соответствующая 20–25 °C на суше и 30–35 °C в воде, считается термонейтральной для человека в состоянии относительного покоя. Однако любые отклонения от этих условий, особенно на фоне интенсивных физических упражнений, могут приводить к функциональному перенапряжению, снижению выносливости и спортивной производительности.

**Ключевые слова:** спортсмены, работоспособность, выносливость, экстремальные условия, адаптация, специализированные пищевые продукты

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Кобелькова И.В., Коростелева М.М., Никитюк Д.Б. Некоторые аспекты влияния экстремальных климатических факторов на физическую работоспособность спортсменов. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(1):25–36. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.5>

Поступила в редакцию: 21.10.2021

Принята к публикации: 16.01.2022

Online first: 17.03.2022

Опубликована: 30.04.2022

\* Автор, ответственный за переписку

## Some aspects of the influence of extreme climatic factors on the physical performance of athletes

*Irina V. Kobelkova<sup>1,2</sup>, Margarita M. Korosteleva<sup>1,3,\*</sup>, Dmitriy B. Nikityuk<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Federal Research Center of Nutrition and Biotechnology, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Academy of Postgraduate Education of the Federal State Budgetary Institution of FMBA of Russia, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

**ABSTRACT**

Professional athletes often have to participate in competitions in climatic conditions that differ from the optimal or habitual ones for their place of residence. In this regard, it seems relevant to the question of how borderline and extreme external conditions (low and high ambient temperatures, changes in atmospheric pressure, altitude) affect sports performance and endurance. The review presents the biochemical mechanisms underlying the adaptation of athletes to environmental conditions. The human body maintains a fairly constant internal temperature (in some articles — the core) of the body at a level of  $37 \pm 10C$  throughout its life, despite a wide range of environmental parameters. The intensity of the processes providing for the release of heat is reflexively regulated. The neurons responsible for heat exchange are located in the center of thermoregulation of the hypothalamus. In the course of evolution, mammals have developed a variety of mechanisms for regulating body temperature, including nervous and humoral, that affect energy metabolism and behavioral responses. There are two ways of heat generation: contractile thermogenesis, due to contractions of skeletal muscles (a special case — cold muscle tremors), and non-contractile — when the processes of cellular metabolism are activated: lipolysis (in particular, brown adipose tissue) and glycolysis. When exposed to extreme ambient temperatures, the thermoregulatory system adjusts to maintain a stable core body temperature by preventing heat loss and increasing heat production in cold conditions, or increasing heat dissipation if the ambient temperature rises. The ambient temperature corresponding to 20–25 °C on land and 30–35 °C in water is considered thermoneutral for humans in a state of relative rest. However, any deviations from these conditions, especially against the background of intense physical exercise, can lead to functional overstrain, decreased endurance and sports performance.

**Keywords:** athletes, working capacity, endurance, extreme conditions, adaptation, specialized food products

**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interest.

**For citation:** Kobelkova I.V., Korosteleva M.M., Nikityuk D.B. Some aspects of the influence of extreme climatic factors on the physical performance of athletes. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(1):25–36. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223–2524.2022.1.5>

**Received:** 21 October 2021

**Accepted:** 16 January 2022

**Online first:** 17 March 2022

**Published:** 30 April 2022

\*Corresponding author

Тепловая адаптация складывается из специфических физиологических изменений. Первой реакцией на наступление жары является активация симпатико-адреналовой системы: увеличиваются частота сердечных сокращений и минутный выброс крови, возможно повышение артериального давления, значительное увеличение сократимости в сочетании с уменьшением давления наполнения левого желудочка, снижением кровоснабжения головного мозга в условиях высоких температур [1–4]. Кроме того, может наблюдаться повышение гликогенолиза, усиление окислительного стресса, а также различные нейроэндокринные реакции. Интенсивные физические упражнения в жарких условиях также усиливают негативные последствия уже имеющейся гипертермии, что, в свою очередь, снижает спортивную производительность и может привести к патологическим состояниям. Реакция организма спортсменов, подверженных воздействию высокотемпературной среды, будет зависеть от продолжительности и интенсивности физических упражнений, а также от дополнительных факторов (пола, возраста, состава тела, генетических особенностей, в том числе скорости метаболизма, соотношения типов мышечных волокон) [3, 4]. Гипертермия может ухудшать скорость центральной и периферической нервно-мышечную передачи. Распространенной реакцией клеток на острое тепловое воздействие является увеличение синтеза белков теплового шока (HSP, Heatshockproteins) — класса функционально сходных белков, экспрессия которых усиливается при повышении температуры. Критическим регулятором реакции на тепловой удар является фактор теплового шока 1 (Hsf1), который инициирует транскрипцию других белков теплового шока, участвующих в процессах апоптоза,

трансмембранного переноса, функционировании гладкомышечных клеток и представлении антигенов иммунокомпетентным клеткам [5, 6].

Повышение температуры, вызванное воздействием внешних климатических факторов, особенно в сочетании с физической нагрузкой, может стимулировать протеинкиназу внутриклеточных мультимолекулярных сигнальных комплексов TORC1 и TORC2, регулирующих клеточный цикл, вызывая увеличение синтеза мышечного белка и гипертрофию мышц. Очевидно, что для повышения эффективности тренировочной деятельности целесообразно использовать методы, направленные на усиление адаптации к высокотемпературному фактору [7, 8].

Эргогенный потенциал внешнего теплового (климатического) фактора в спорте изучен недостаточно. Обнаружено, что тепловая акклиматизация у спортсменов игровых видов спорта улучшает некоторые физиологические и функциональные профессиональные показатели. Chen и соавт. сообщили, что у теннисистов после краткосрочной акклиматизации к высокой температуре отмечено увеличение времени до истощения в жару по сравнению с термонеutralными условиями [9].

Тепловое воздействие негативно влияет как на физиологические, так и на когнитивные функции. Гипертермия сопровождается снижением памяти и внимания на фоне роста повышения внутренней температуры тела. При ее увеличении до 38,5 °C после физических упражнений отмечено сокращение объема оперативной памяти. Изменение температуры поверхности кожи также ведет к ухудшению результативности при решении сложных когнитивных задач. При высокой температуре

окружающей среды отмечалось увеличение частоты неточных реакций в тестах визуальной обработки задач по сравнению с термонеutralной средой [10].

Влияние долгосрочного воздействия экстремальных условий на компоненты энергетического баланса хорошо изучено у млекопитающих: потребление энергии с пищей увеличивается, чтобы компенсировать более высокие энерготраты для поддержания внутренней температуры в холодных условиях, и уменьшается при повышении температуры окружающей среды, чтобы избежать избыточного образования тепловой энергии и последующего увеличения температуры тела [11].

Первоначальная реакция на тепловой стресс заключается в повышении конвективной передачи внутреннего тепла тела на периферию. Это достигается за счет увеличения притока крови к конечностям и расширения кожных кровеносных сосудов, что позволяет удалить избыток тепла. Проблемой для поддержания теплового равновесия в жару является не только воздействие стрессового климатического фактора, но и повышение энерготрат, включая основной обмен, обусловленный физической нагрузкой. Образование тепла может варьировать от 70 до 100 Вт/ч в покое, от 280 до 350 Вт/ч при легком темпе ходьбы и достигать более 1000 Вт/ч во время тяжелых упражнений [12].

Установлено, что хотя поступление энергии с пищей после тренировки в условиях высоких температурах существенно не отличается от такового в термонеutralных, энерготраты покоя были ниже после физических нагрузок в первом случае. В то же время Wasse и соавт. отметили, что энергетическая ценность приема пищи после физических упражнений в жарких условиях была несколько ниже ( $1400 \pm 2401$  кДж), чем после аналогичных тренировок в термонеutralной среде [13]. Эта разница сохранялась как через 2 ч, так и через 5,5 ч после окончания тренировки. Предполагается, что эффект снижения потребления пищи в жарких условиях может наблюдаться до двух приемов пищи после тренировки. Некоторые исследователи отмечали сокращение энергетической ценности приемов пищи до 24 ч после окончания тренировки. При этом субъективная оценка голода и потребление пищи с использованием визуальных аналоговых весов были ниже при тренировках в жарких условиях по сравнению с термонеutralными, то есть тепло индуцирует временный анорексигенный эффект [14, 15]. Kojima и соавт. показали, что индуцированное физическими упражнениями отсутствие аппетита сохранялось через 15 минут после прекращения нагрузок в жарких условиях, в то время как этот эффект был незначительным после физических упражнений в термонеutralных условиях [16].

Анорексигенные (PYY, PP, CCK, GLP-1, лептин) и орексиновые гормоны (грелин и адипонектин), воздействуя на центры голода и насыщения в гипоталамусе, могут снижать или стимулировать потребление пищи. Установлено, что уровни общего и/или ацилированного

грелина плазмы не отличались после физических упражнений как в жаркой среде, так и в термонеutralной. Сообщается, что воздействие тепла (30 °C) увеличивало уровень плазменного грелина по сравнению с термонеutralными условиями. Обнаружена более высокая концентрация PYY в плазме после тренировки в жару, которая сохранялась на высоком уровне в постпрандиальный период по сравнению с термонеutralными условиями [17, 18].

Острое воздействие жарких условий окружающей среды само по себе уже приводит к повышению температуры кожи, мышц и внутренних органов, а при необходимости выполнения длительных физических упражнений — к ухудшению аэробной производительности вследствие нарушения доставки кислорода к мышцам. Тепловой стресс также приводит к большей зависимости от мышечного гликогена и анаэробного метаболизма и истощению эндогенных запасов гликогена. При адекватной гидратации и успешной тепловой акклиматизации можно ожидать повышения выносливости, рост  $VO_2$  макс за счет реакции кровотока кожи, увеличения объема плазмы и стабильного функционирования сердечно-сосудистой системы, а также приобретенной термической толерантности при усилении потоотделения [19–21].

Тепловой стресс повышает температуру тканей тела, что стимулирует потоотделение и вазодилатацию сосудов кожи для увеличения рассеивания тепла. Во влажной среде помимо воздействия тепловой нагрузки снижается градиент давления пара от кожи к окружающей среде, что замедляет скорость испарения пота. Испарение само по себе является основным способом теплоотдачи при обычной тренировке, поэтому жаркая или влажная среда усугубляет обезвоживание, которое сопутствует продолжительным физическим упражнениям [1, 22].

Многочисленные исследования, проведенные на спортсменах в условиях пустынного климата, показали, что в ходе адаптации к жаре увеличивается концентрация солей, прежде всего натрия, в крови и тканях, в то время как изменения объема циркулирующей крови незначительны. Это происходит вследствие увеличения реабсорбции натрия в потовых железах и почечных канальцах под действием альдостерона и антидиуретического гормона, а также симпатического возбуждения, которое вызывает сужение почечных сосудов, уменьшение почечного кровотока и скорости клубочковой фильтрации. В итоге выделительная функция почек снижается. В результате у акклиматизированного человека потери натрия с потом и мочой в несколько раз меньше, чем у неакклиматизированного. Параллельно происходит увеличение содержания катехоламинов в плазме и активности ренина и ангиотензина II. Повышение секреции ангиотензина II приводит к снижению выделения почками натрия как непосредственно, так и путем стимуляции секреции альдостерона. Результатом этих изменений становится повышение осмолярности крови

[22]. Это, в свою очередь, вызывает сильное ощущение жажды, которая является механизмом, направленным на компенсацию потерь жидкости организмом путем потребления воды или напитков.

При отсутствии адекватного потребления жидкости на следующем этапе возникает гиперосмотическая гиповолемия, которая может вызывать вазодилатацию и усиление потоотделения, тем самым увеличивая негативные последствия теплового фактора. Сочетанное воздействие длительных или интенсивных упражнений в жарких условиях на фоне гипогидратации вызывает снижение сердечного выброса и кровоснабжения скелетной мускулатуры, уменьшение центрального венозного давления, увеличение окисления гликогена, усиление окислительного стресса. Быстрая потеря 1–2 % массы тела за счет жидкости усугубляет вызванное теплом снижение кровоснабжения головного мозга во время пассивного теплового стресса [3, 23]. В связи с этим контроль водно-солевого баланса имеет основополагающее значение при изучении физиологических механизмов при тренировках в жаркой среде.

Высокая внутренняя температура тела уменьшает кровоснабжение головного мозга из-за последствий гипоксии, индуцированной рефлекторной гипервентиляцией. Ключевым механизмом гипертензивного эффекта гипервентиляции является изменение чувствительности хеморецепторов к углекислому газу. Сатурация углекислого газа в артериальной крови играет исключительно важную роль в регулировании мозгового кровотока. Увеличение парциального давления углекислого газа приводит к расширению мозговых артериол и прекапиллярных сфинктеров, что снижает региональное сосудистое сопротивление и стимулирует мозговой кровоток, в то время как его снижение (гипокапния) приводит к сужению артериальных сосудов мозга с последующим снижением перфузии головного мозга [24]. Механизм вазодилатации церебральных резистивных сосудов при гиперкапнии связывают с  $\text{CO}_2$ -опосредованным снижением внеклеточного pH, активацией калиевых каналов в гладкомышечных клетках сосудов, усилением синтеза эндотелиальной и нейрональной NO-синтазы с накоплением оксида азота и циклического гуанозинмонофосфата. Это уменьшает содержание внутриклеточного кальция и приводит к расслаблению гладкомышечных клеток со снижением сосудистого тонуса. Считается, что вазоконстрикторный эффект гипоксии обусловлен изменением кислотно-щелочного равновесия и увеличением внутриклеточной концентрации ионов кальция в гладкомышечных клетках, что приводит к повышению тонуса церебральных сосудов [25]. Гипокапния нарушает ауторегуляцию, мозговые сосуды утрачивают способность нивелировать скачки артериального давления, что оказывает неблагоприятное воздействие на связанные с хеморецепторами процессы регуляции дыхания. При гипоксии снижается тонус внутричерепных вен, что может быть

причиной повышения внутричерепного давления и нарушения центральной регуляции артериального давления. При этом периодическое создание высокотемпературных условий в сочетании с гиперкапнией может восстанавливать чувствительность хеморецепторов к углекислому газу и усиливать антиоксидантную активность [1, 3, 23].

Интенсивные физические упражнения при высоких температурах могут увеличить проницаемость слизистой оболочки кишечника и гемато-гистологических барьеров. Тепловой стресс также стимулирует экспрессию комплекса mTOR и чувствительность к глюкозе через индукцию белков теплового шока HSP72 [25, 26]. Известно, что температурные параметры и влажность играют важную роль в реализации физических возможностей.

Ключевым вопросом для элитных спортсменов относительно реализации терморегуляции в процесс подготовки является планирование ее в общей программе тренировок и, в частности, перед соревнованиями в жару. Перед крупным соревнованием интенсивность и суммарный объем тренировок увеличиваются у большинства спортсменов. Было высказано предположение, что 1–2 недели тепловой акклиматизации на фоне контроля сердечного ритма могут быть использованы в рамках учебной программы за 4–6 недель до соревнований либо рекомендуется регулярное пассивное воздействие тепла в течение нескольких недель до соревнований или короткий (2–4 дня) период повторного воздействия за неделю до предстоящих выступлений. Показано, что режим реакклиматизации, который повторяется в течение месяца после первоначального периода акклиматизации, приводит к более быстрой повторной индукции адаптации [20, 27].

У млекопитающих холодный сезон сопровождается увеличением массы тела и накоплением жировой ткани в основном из-за увеличения потребления пищи. У людей эти сезонные колебания также зарегистрированы, однако это не касается коренных народов, живущих круглый год в полярных зонах, которые характеризуются низкой жировой массой [28]. Установлено, что количество потребляемой с пищей энергии в значительной степени увеличивается после физических упражнений в прохладной воде. В исследовании White и соавт. энергетическая ценность приема пищи после тренировки в холодных условиях ( $3666 \pm 1910$  кДж) была на 44 % выше, чем после тренировки в термонейтральной воде ( $2541 \pm 849$  кДж), и на 41 % при тренировке на суше ( $2583 \pm 1158$  кДж) соответственно [29]. В другой работе сообщается о повышении энергетической ценности на 171, 85 и 74 % после физических упражнений в прохладной воде ( $2817 \pm 201$  кДж) по сравнению с физическими упражнениями в термонейтральной воде ( $991 \pm 96$  кДж) и на суше ( $1455 \pm 117$  кДж) соответственно. То есть повышенные за счет теплового термогенеза энерготраты при проведении тренировок

в прохладной воде увеличивают потребление энергии с пищей по сравнению с нагрузками в термонеutralной воде или на суше [11].

Полученные результаты свидетельствуют о том, что пребывание в холодной воде стимулирует прием энергии с пищей. После 40-минутной тренировки при 70 %  $VO_2$  макс участники были погружены на 15 минут в прохладную (15 °C) или термонеutralную воду (33 °C). Увеличение потребления энергии с пищей отмечалось после двух повторных погружений (4893 ± 1554 для прохладной и 5167 ± 1974 кДж термонеutralной воды) по сравнению с группой без погружения (4089 ± 1585 кДж). Сообщается о более сильном субъективном ощущении голода после физических упражнений в прохладных условиях по сравнению с термонеutralными. Увеличение энергии, потребляемой с пищей, на 11 % наблюдалось в группе мужчин и женщин с избыточным весом после 45-минутной прогулки (на уровне 60 %  $VO_2$  макс), при 8 °C по сравнению с теми, кто подвергался аналогичной нагрузке при 20 °C. Ряд работ не выявил эффекта воздействия низких температур во время физических изменений на уровне грелина и/или PYY [11, 16, 17]. Однако Crabtree и соавт. обнаружили, что площадь под кривой ацилированного грелина была выше после тренировки в холодных условиях по сравнению с термонеutralными [30].

Zeyl и соавт. показали, что погружение *in vivo* в холодную воду (18 °C) или снижение температуры инкубации образцов человеческих адипоцитов с 37 до 27 °C приводило к снижению уровня лептина, который контролирует потребление энергии с пищей [31].

Гипотермия характеризуется выраженным снижением температуры ядра, что сопровождается метаболическим термогенезом (сократительным и не сократительным). Увеличение содержания бурого жира представляет собой важный компонент несократительного термогенеза. Величина основного обмена коренного населения, живущего в полярных регионах, была до 19 % выше по сравнению с людьми, живущими в умеренном климате. Более высокий уровень основного обмена, вероятно, связан с сезонными реакциями щитовидной железы в этих популяциях [32].

Большинство исследований, посвященных изучению холодовой акклиматизации, были проведены путем погружения добровольцев в холодную воду из-за ее высокой теплопроводности по сравнению с воздухом. Погружение в холодную воду вызывает холодовой шок, который характеризуется симпатической активацией, гипервентиляцией и тахикардией. Однако регулярные погружения в холодную воду значительно уменьшают эти реакции, а эффект сохраняется в течение 7–14 месяцев. Биологические механизмы, участвующие в адаптации к низким температурам, до сих пор неясны. Было высказано предположение, что поверхностного охлаждения кожи достаточно, чтобы спровоцировать сосудосуживающую реакцию, а снижение внутренней

температуры ядра тела на 0,8 °C способно вызвать симпатическую активацию [33].

Воздействие экстремально низких температур вызывает вегетативные реакции, предотвращающие потерю тепла и способствующие поддержанию температуры ядра тела, в том числе. Наиболее важным из них является сужение сосудов кожи и сократительный термогенез скелетных мышц. Характер реакции на холод варьирует в зависимости градиента температур и продолжительности воздействия, уровня физической активности и индивидуальных характеристик, таких как возраст, пол и состав тела. Кроме того, периферическая вазодилатация может способствовать ускорению обморожения конечностей, снижать способность к выполнению сложно-координационных действий и ухудшать ловкость рук. Артериальное давление (АД) обычно повышается, а частота сердечных сокращений может увеличиться в случае локального воздействия холода или уменьшиться при воздействии на весь организм. Повышенное АД и централизация кровотока может привести к увеличению диуреза. Воздействие холодного воздуха на дыхательную систему заключается в уменьшении минутной вентиляции легких и возникновению приступов бронхоконстрикции. Кроме того, острый холодовой стресс ухудшает внимание, двигательные и когнитивные функции [1, 34]. Тем не менее большинство этих реакций на воздействие холода уменьшаются или исчезают по мере акклиматизации.

Предотвращение охлаждения организма может быть достигнуто также за счет увеличения теплопродукции при усилении окисления энергетических запасов — несократительного термогенеза. Недавно были идентифицированы новые соединения, участвующие в метаболических процессах. Длительное воздействие холода приводит к увеличению экспрессии белка PGC1 $\alpha$  (активированного рецептора гамма-коактиватора 1 альфа), что, в свою очередь, стимулирует образование митохондрий [35]. В частности, изоформа гена PGC-1 $\alpha$ , экспрессия которой индуцируется при упражнениях с отягощениями, способствует гипертрофии мышц. Белок PGC-1 $\alpha$  активирует широкий ряд транскрипционных факторов, включающих рецепторы, активируемые пероксисомными пролифераторами (PPAR), ядерные респираторные факторы (NRF), митохондриальный транскрипционный фактор А (TFAM), миоцит-повышающие факторы (MEF), эстроген-подобный рецептор (ERR), а и р рецепторы эстрогена, фарнезил X рецептор (FXR), прегнан X рецептор (PXR), ядерный фактор печени 4 (HNF-4), X рецептор печени (LXR), рецептор тиреоидного гормона, ретиноидные рецепторы, глюкокортикоидный рецептор, транскрипционный белок FOXO1, транскрипционный репрессорный белок YY1 и другие [6, 35, 36].

Экспрессия PGC-1 $\alpha$  в скелетных мышцах стимулирует увеличение мРНК и секрецию гормона, называемого метеориноподобным (Metrn1). Сообщалось, что умеренное холодовое воздействие (12 °C) или физическая

активность также способствуют его увеличению в мышцах и в жировой ткани. Повышение циркулирующего Metrnl вызывает повышение энерготрат покоя, связанное с увеличением бурого жира, и улучшает толерантность к глюкозе у мышей с ожирением и диабетом [36, 37]. Metrnl необходим для ряда индуцированных холодом термогенных реакций, что подразумевает его ключевую физиологическую роль в становлении метаболической адаптации к холоду. Повышение его уровня стимулирует энерготраты, улучшает толерантность к глюкозе и повышает экспрессию генов, связанных с термогенезом в буром жире. Metrnl стимулирует зависимое от эозинофилов увеличение экспрессии IL-4 и способствует активации макрофагов жировой ткани, которые необходимы для повышенной экспрессии генов, участвующих в противовоспалительных реакциях. Важно отметить, что блокирование действия Metrnl *in vivo* значительно ослабляет вызванную хроническим воздействием холода активацию макрофагов и реакцию генов, ответственных за термогенез. Таким образом, Metrnl связывает адаптивные ответы организма с регуляцией энергетического гомеостаза и воспаления [38].

Фибронектин III типа, содержащий домен белка 5 (FNDC5), представляет собой трансмембранный гликопротеин I типа, который кодируется геном FNDC5. В свою очередь, ирисин является продуктом расщепления белка FNDC5 [39, 40]. Исследования *in vitro* и *in vivo* показали, что он способствует превращению белой жировой ткани в бурую за счет увеличения экспрессии белка термогенина (UCP1), который представляет собой трансмембранный белок, разобщающий окислительное фосфорилирование с выделением большого количества тепла в бурой жировой ткани и быстрым окислением субстрата. Это является важным средством регулирования температуры тела в холодных условиях окружающей среды [41]. Считается, что физические упражнения также являются необходимым условием экспрессии соответствующих генов при остром воздействии экстремальных температур окружающей среды.

При исследовании спортсменов (8 мужчин, 2 женщины; возраст:  $37 \pm 10$  лет; ИМТ  $24,4 \pm 2,5$  кг/м<sup>2</sup>), участвующих в самой протяженной и экстремальной гонке «Юкон Арктик Ультра» (Yukon Arctic Ultra) на дистанции 692 км, преодолеваемой пешком, установлено, что потребление энергии с рационом и фактические энерготраты составили  $4126 \pm 1115$  и  $6387 \pm 781$  ккал/сут соответственно, что указывает на средний дефицит потребляемой энергии на уровне  $2261 \pm 1543$  ккал/сут. Общая масса, индекс массы тела и жировая масса ожидаемо снижались по мере прохождения дистанции, однако тощая масса не менялась на протяжении всего марафона. Это связывают с повышенным уровнем фоллистатина — гликопротеина, влияющего на гипертрофию мышц и обмен глюкозы [42, 43].

При воздействии экстремально низких температур первоначальная физиологическая реакция проявляется

в сужении сосудов кожи, что уменьшает теплоотдачу и конвективный тепловой градиент между телом и окружающей средой [44, 45]. Эта реакция может быть эффективной при снижении периферического кровотока с теплоотдачей в конечностях менее 0,1 Вт во время переохлаждения. При продолжении холодного воздействия организм пытается предотвратить дальнейшую потерю тепла и активно генерирует его через дрожь — асинхронное и нескоординированное сокращение скелетных мышц, что преобразует метаболическую энергию в тепловую энергию. Сократительный термогенез является высокоэффективным средством увеличения производства энергии, при этом повышается потребление кислорода до 1,5 л/мин, а метаболизм покоя до 5–6 раз [46, 47].

Даже кратковременное воздействие холода, особенно на фоне интенсивных физических нагрузок, увеличивает концентрацию гормональных маркеров стресса и снижает иммунный ответ, что может привести к росту заболеваемости острыми респираторными заболеваниями [48]. Экстремально низкая температура окружающей среды также существенно влияет на когнитивные функции, особенно на концентрацию, память и логическое мышление. В частности, умеренное охлаждение приводит к снижению решения простых когнитивных задач, а более сильное воздействие холода ( $-20$  до  $10$  °C) снижает объем памяти [49].

Адаптация к гипоксической среде приводит к различным физиологическим реакциям, которые могут положительно повлиять на выносливость на более низких высотах. Ускорение эритропоэза и увеличение концентрации гемоглобина часто считается основным механизмом, с помощью которого высотная подготовка улучшает спортивную производительность, однако существует и ряд негематологических механизмов адаптации к гипоксическим условиям. Традиционные методы адаптации к повышенному атмосферному давлению включают непрерывное проживание и организацию тренировочного процесса на естественных высотах между 1500 и 3000 м над уровнем моря от 2 до 6 недель и часто повторяются несколько раз в течение года. Результаты ряда исследований показывают, что высота 2000–2200 м обеспечивает оптимальный баланс между уровнем парциального давления кислорода и эффективностью тренировочной деятельности [50].

Стратегия «проживание на высоте — тренировка внизу» (Live high: trainlow, LHTh) была популярна в 1990-х годах и сочетала в себе сон на высоте с физическими нагрузками, проводимым либо на уровне моря, либо на значительно более низких высотах. Это достигалось на подходящих природных ландшафтах с относительно легким доступом или с помощью моделируемых высотных камер, в которых смоделированная высота достигалась с помощью доразбавления азота или фильтрации кислорода. В других исследованиях рекомендовалось проводить в среднем до 14 часов в сутки на протяжении 3–4 недель на смоделированной



высоте 3000 м [51]. Более низкая высота над уровнем моря не обеспечивает достаточного гипоксического стимула для развития ключевых физиологических механизмов адаптации, хотя увеличение общего содержания гемоглобина было зарегистрировано после тренировок на 1600 м над уровнем моря. Большинство исследований было сосредоточено на изучении роста производительности непосредственно после гипоксического воздействия. Однако интерес вызывает факт сохранения повышенной производительности более длительный период (до нескольких недель) даже при возвращении концентрации гемоглобина к базовому уровню после тренировок на высоте [52].

На снижение содержания кислорода в крови в первую очередь реагируют клетки каротидного тельца сонных артерий, благодаря чему усиливается вентиляция легких и сердечный выброс. Далее включается множество компенсаторных механизмов для адаптации к условиям гипоксии: изменение вентиляции легких, сердечного выброса, ударного объема, концентрации гемоглобина, дилатации системного микрососудистого русла при одновременном спазме легочного русла, увеличение объема альвеол. На больших высотах парциальное давление кислорода снижается пропорционально низкому атмосферному давлению. Сужение мелких легочных артерий в ответ на гипоксию оказывает защитный эффект от увеличения фильтрации жидкости в альвеолах, а следовательно, от развития интерстициального и альвеолярного отека легких. Повышение сродства кислорода к гемоглобину при гипоксии является благоприятным эффектом, так как это приводит к более высокой сатурации артериальной крови при низком парциальном давлении кислорода. После краткого воздействия гипоксии наблюдается повышение концентрации эритропоэтина, далее следует некоторое ее снижение, при этом степень увеличения зависит от абсолютной высоты и продолжительности пребывания [53].

Из-за снижения содержания кислорода в артериальном русле сердечный выброс увеличивается для поддержания транспорта кислорода на периферию. Однако при длительном пребывании на высоте сердечный выброс уменьшается. Максимальная скорость сердечных сокращений уменьшается из-за снижения чувствительности аднергических  $\beta$ -рецепторов как одного из механизмов адаптации миокарда к большой высоте, возникающей после 2–3 недель воздействия гипоксии [54]. Гипервентиляция уменьшает концентрацию углекислого газа в артериальной крови и приводит к дыхательному алкалозу. Это увеличивает сродство гемоглобина к кислороду, что улучшает его связывание в легких даже при его низком парциальном давлении. Кроме того, повышенные уровни органических фосфатов, таких как 2,3-дифосфоглицерат способствуют высвобождению кислорода в периферических тканях. В результате активации аденозин-монофосфат-активированной киназы (АМПК), которая является регулятором клеточного

метаболизма, снижается синтез белка, который обычно требует примерно 30 % энергии клеток, что помогает сохранить АТФ для метаболических путей, необходимых для обеспечения работоспособности мышечных волокон [55]. Как следствие, специфическая клеточная функция, необходимая для работы некоторых органов, может быть нарушена, что приводит к дезадаптации всего организма.

Получены данные, указывающие на то, что гипоксическое воздействие приводит к значительному снижению показателей голода в постпрандиальном периоде и умеренному снижению потребления энергии. Метарегрессионный анализ выявил снижение постпрандиальных концентраций ацилированного грелина и увеличение концентраций инсулина натощак по мере увеличения выраженности гипоксии [56]. Производительность на высоте может быть значительно улучшена путем вдыхания кислорода, который часто используется альпинистами на экстремальных высотах. Дефицит поступления энергии с пищей в сочетании с высокой физической нагрузкой на высоте может снижать эффективность адаптации и тренировочного процесса и представлять непосредственную угрозу для состояния здоровья [57].

Спортсменам рекомендуется обеспечить сбалансированный и адекватный их фактическим энергозатратам рацион питания на фоне поддержания оптимального водно-солевого баланса и достаточных периодов посттранировочного восстановления. Требования к рациону питания по содержанию макроэлементов и общей калорийности при работе на высоте необходимо увеличить из-за вероятного повышения скорости обмена покоя, что отмечено в работе Woods и соавт. Десять высококвалифицированных спортсменов тренировались по идентичным программам в течение четырех недель на высоте 600 и 2200 м. Отмечено статистически значимое увеличение абсолютного и удельного показателей основного обмена у спортсменов в конце тренировочного процесса на высоте 2200 м [58].

Дополнительный прием железа, в том числе в составе специализированных пищевых продуктов (СПП) для питания спортсменов, необходим для оптимальной адаптации к гипоксии, в связи с этим большинству спортсменов рекомендуется ежедневный прием биологически активных добавок (БАД) или СПП, в количестве, содержащих соединения элементарного железа, соответствующие 50–100 мг, в течение всего периода пребывания на высоте для поддержания оптимального процесса эритропоэза, что в нормобарических условиях является достаточно высокой дозировкой, учитывая величину потребления для мужчин в 10 мг/сут при энергетической ценности рациона 2500 ккал/сут [59].

В последние годы исследователи начали изучать потенциальные перекрестные адаптивные эффекты между различными экологическими стрессорными факторами, например теплом, холодом и гипоксией. На клеточном

уровне реакция белка теплового шока на высоту ослабляется после предшествующей тепловой акклиматизации, что свидетельствует о снижении степени выраженности стресса и эффективности сочетанного воздействия климатических факторов. Этот процесс известен как перекрестная толерантность [60].

Актуальность своевременной акклиматизации спортсменов возрастает в связи с глобальными изменениями климата, подразумевающими увеличение числа эпизодов неблагоприятных погодных условий. Таким образом, представляется перспективным использование экстремальных климатических факторов в комплексном подходе для совершенствования эффективности

#### Вклад авторов:

**Кобелькова Ирина Витальевна** — написание текста статьи.

**Коростелева Маргарита Михайловна** — написание текста статьи.

**Никитюк Дмитрий Борисович** — редактирование, утверждение финальной версии статьи.

#### Список литературы

1. **Burtscher M., Gatterer H., Burtscher J., Mairbörl H.** Extreme Terrestrial Environments: Life in Thermal Stress and Hypoxia. A Narrative Review. *Front. Physiol.* 2018;9:572. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00572>
2. **Brocherie F., Girard O., Millet G. P.** Emerging Environmental and Weather Challenges in Outdoor Sports. *Climate.* 2015;3(3):492–521. <https://doi.org/10.3390/cli3030492>
3. **Akerman A.P., Tipton M., Minson C.T., Cotter J.D.** Heat stress and dehydration in adapting for performance: Good, bad, both, or neither? *Temperature (Austin).* 2016;3(3):412–436. <https://doi.org/10.1080/23328940.2016.1216255>
4. **Racinais S., Cocking S., Periard J. D.** Sports and environmental temperature: from warming-up to heating-up. *Temperature (Austin).* 2017;4(4):227–257. <https://doi.org/10.1080/23328940.2017.1356427>
5. **Henstridge D.C., Febbraio M.A., Hargreaves M.** Heat shock proteins and exercise adaptations. Our knowledge thus far and the road still ahead. *J Appl. Physiol.* 2016;120(6):683–691. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00811.2015>
6. **Chung N., Park J., Lim K.** The effects of exercise and cold exposure on mitochondrial biogenesis in skeletal muscle and white adipose tissue. *J. Exerc. Nutrition Biochem.* 2017;21(2):39–47. <https://doi.org/10.20463/jenb.2017.0020>
7. **Goto K.** Responses of muscle mass, strength and gene transcripts to long-term heat stress in healthy human subjects. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2011;111(1):17–27; <http://doi.org/10.1007/s00421-010-1617-1>
8. **Kakigi R.** Heat stress enhances mTOR signaling after resistance exercise in human skeletal muscle. *J. Physiol. Sci.* 2011;61(2):131–140. <http://doi.org/10.1007/s12576-010-0130-y>
9. **Chen T.I., Tsai P.H., Lin J.H., Lee N.Y., Liang M.T.** Effect of short-term heat acclimation on endurance time and skin blood flow in trained athletes. *Open Access J. Sports. Med.* 2013;4:161–170. <http://doi.org/10.2147/OAJSM.S45024>
10. **Gaoua N., de Oliveira R.F., Hunter S.** Perception, Action, and Cognition of Football Referees in Extreme Temperatures: Impact on Decision Performance. *Front. Psychol.* 2017;8:1479. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01479>

спортивной производительности и повышения выносливости. Целесообразно проведение дальнейших исследований, направленных на изучение физиологических механизмов, а также поиска специфических биохимических и функциональных маркеров, отражающих эффективность использования внешних факторов окружающей среды на улучшение метаболических процессов и скоростно-силовых параметров спортсменов, а следовательно, на повышение выносливости и адаптационного потенциала. С целью ускорения процессов акклиматизации необходимо разработать СПП, обогащенные биологически активными нутриентами, повышающими устойчивость к экстремальным природным условиям.

#### Authors' contributions:

**Irina V. Kobelkova** — writing the text of the article.

**Margarita M. Korosteleva** — writing the text of the article.

**Dmitry B. Nikityuk** — editing, approval of the final version of the article.

#### References

1. **Burtscher M., Gatterer H., Burtscher J., Mairbörl H.** Extreme Terrestrial Environments: Life in Thermal Stress and Hypoxia. A Narrative Review. *Front. Physiol.* 2018;9:572. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00572>
2. **Brocherie F., Girard O., Millet G.P.** Emerging Environmental and Weather Challenges in Outdoor Sports. *Climate.* 2015;3(3):492–521. <https://doi.org/10.3390/cli3030492>
3. **Akerman A.P., Tipton M., Minson C.T., Cotter J.D.** Heat stress and dehydration in adapting for performance: Good, bad, both, or neither? *Temperature (Austin).* 2016;3(3):412–436. <https://doi.org/10.1080/23328940.2016.1216255>
4. **Racinais S., Cocking S., Periard J.D.** Sports and environmental temperature: from warming-up to heating-up. *Temperature (Austin).* 2017;4(4):227–257. <https://doi.org/10.1080/23328940.2017.1356427>
5. **Henstridge D.C., Febbraio M.A., Hargreaves M.** Heat shock proteins and exercise adaptations. Our knowledge thus far and the road still ahead. *J Appl. Physiol.* 2016;120(6):683–691. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00811.2015>
6. **Chung N., Park J., Lim K.** The effects of exercise and cold exposure on mitochondrial biogenesis in skeletal muscle and white adipose tissue. *J. Exerc. Nutrition Biochem.* 2017;21(2):39–47. <https://doi.org/10.20463/jenb.2017.0020>
7. **Goto K.** Responses of muscle mass, strength and gene transcripts to long-term heat stress in healthy human subjects. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2011;111(1):17–27; <http://doi.org/10.1007/s00421-010-1617-1>
8. **Kakigi R.** Heat stress enhances mTOR signaling after resistance exercise in human skeletal muscle. *J. Physiol. Sci.* 2011;61(2):131–140. <http://doi.org/10.1007/s12576-010-0130-y>
9. **Chen T.I., Tsai P.H., Lin J.H., Lee N.Y., Liang M.T.** Effect of short-term heat acclimation on endurance time and skin blood flow in trained athletes. *Open Access J. Sports. Med.* 2013;4:161–170. <http://doi.org/10.2147/OAJSM.S45024>
10. **Gaoua N., de Oliveira R.F., Hunter S.** Perception, Action, and Cognition of Football Referees in Extreme Temperatures: Impact on Decision Performance. *Front. Psychol.* 2017;8:1479. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01479>

11. **Charlot K., Faure C., Antoine-Jonville S.** Influence of Hot and Cold Environments on the Regulation of Energy Balance Following a Single Exercise Session: A Mini-Review. *Nutrients*. 2017;9(6):592. <http://doi.org/10.3390/nu9060592>
12. **Cowell S.A., Stocks J.M., Evans D.G., Simonson S.R., Greenleaf J.E.** The exercise and environmental physiology of extravehicular activity. *Aviat. Space Environ. Med.* 2002;73(1):54–67.
13. **Wasse L.K., King J.A., Stensel D.J., Sunderland C.** Effect of ambient temperature during acute aerobic exercise on short-term appetite, energy intake, and plasma acylated ghrelin in recreationally active males. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2013;38(8):905–909. <http://doi.org/10.1139/apnm-2013-0008>
14. **Shorten A.L., Wallman K.E., Guelfi K.J.** Acute effect of environmental temperature during exercise on subsequent energy intake in active men. *Am. J. Clin. Nutr.* 2009;90(5):1215–1221. <http://doi.org/10.3945/ajcn.2009.28162>
15. **Cheung S.S., Lee J.K.W., Oksa J.** Thermal stress, human performance, and physical employment standards. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2016;41(6 Suppl 2):S148–S164. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0518>
16. **Kojima C., Sasaki H., Tsuchiya Y., Goto K.** The influence of environmental temperature on appetite-related hormonal responses. *J. Physiol. Anthropol.* 2015;34(1):22. <https://doi.org/10.1186/s40101-015-0059-1>
17. **Laursen T.L., Zak R.B., Shute R.J., Heesch M.W.S., Dinan N.E., Bubak M.P., La Salle D.B., Slivka D.R.** Leptin, adiponectin, and ghrelin responses to endurance exercise in different ambient conditions. *Temperature (Austin)*. 2017;4(2):166–175. <https://doi.org/10.1080/23328940.2017.1294235>
18. **Faure C., Charlot K., Henri S., Hardy-Dessources M.-D., Hue O., Antoine-Jonville S.** Effect of heat exposure and exercise on food intake regulation: A randomized crossover study in young healthy men. *Metabolism*. 2016;65(10):1541–1549. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2016.07.004>
19. **Saunders P.U., Garvican-Lewis L.A., Chapman R.F., Périard J.D.** Special Environments: Altitude and Heat. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2019;29(2):210–219. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0256>
20. **Périard J.D., Racinais S.** Performance and pacing during cycle exercise in hyperthermic and hypoxic conditions. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2016;48(5):845–853. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000839>
21. **Tyler C.J., Reeve T., Hodges G.J., Cheung S.S.** The effects of heat adaptation on physiology, perception and exercise performance in the heat: A meta-analysis. *Sports Med.* 2016;46(11):1699–1724. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0538-5>
22. **Смирнова М.Д., Свиридова О.Н., Фофанова Т.В., Ланкин В.З., Коновалова Г.Н., Тихазе А.К.** Влияние летней жары на качество жизни, состояние гемодинамики, электролитного баланса и окислительного стресса у больных с умеренным и высоким риском сердечно-сосудистых осложнений и больных ИБС. *Русский Медицинский Журнал*. 2014;22(18):1320–1324.
23. **Wright H., Selkirk G., McLellan T.** HPA and SAS responses to increasing core temperature during uncompensable exertional heat stress in trained and untrained males. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2010;108(5):987–997. <http://doi.org/10.1007/s00421-009-1294-0>
24. **Куликов В.П., Кузнецова Д.В., Заря А.Н.** Цереброваскулярная и кардиоваскулярная CO<sub>2</sub>-реактивность в патогенезе артериальной гипертензии. *Артериальная гипертензия*. 2017; 23(5):433–446. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2017-23-5-433-446>
11. **Charlot K., Faure C., Antoine-Jonville S.** Influence of Hot and Cold Environments on the Regulation of Energy Balance Following a Single Exercise Session: A Mini-Review. *Nutrients*. 2017;9(6):592. <http://doi.org/10.3390/nu9060592>
12. **Cowell S.A., Stocks J.M., Evans D.G., Simonson S.R., Greenleaf J.E.** The exercise and environmental physiology of extravehicular activity. *Aviat. Space Environ. Med.* 2002;73(1):54–67.
13. **Wasse L.K., King J.A., Stensel D.J., Sunderland C.** Effect of ambient temperature during acute aerobic exercise on short-term appetite, energy intake, and plasma acylated ghrelin in recreationally active males. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2013;38(8):905–909. <http://doi.org/10.1139/apnm-2013-0008>
14. **Shorten A.L., Wallman K.E., Guelfi K.J.** Acute effect of environmental temperature during exercise on subsequent energy intake in active men. *Am. J. Clin. Nutr.* 2009;90(5):1215–1221. <http://doi.org/10.3945/ajcn.2009.28162>
15. **Cheung S.S., Lee J.K.W., Oksa J.** Thermal stress, human performance, and physical employment standards. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2016;41(6 Suppl 2):S148–S164. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0518>
16. **Kojima C., Sasaki H., Tsuchiya Y., Goto K.** The influence of environmental temperature on appetite-related hormonal responses. *J. Physiol. Anthropol.* 2015;34(1):22. <https://doi.org/10.1186/s40101-015-0059-1>
17. **Laursen T.L., Zak R.B., Shute R.J., Heesch M.W.S., Dinan N.E., Bubak M.P., La Salle D.B., Slivka D.R.** Leptin, adiponectin, and ghrelin responses to endurance exercise in different ambient conditions. *Temperature (Austin)*. 2017;4(2):166–175. <https://doi.org/10.1080/23328940.2017.1294235>
18. **Faure C., Charlot K., Henri S., Hardy-Dessources M.-D., Hue O., Antoine-Jonville S.** Effect of heat exposure and exercise on food intake regulation: A randomized crossover study in young healthy men. *Metabolism*. 2016;65(10):1541–1549. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2016.07.004>
19. **Saunders P.U., Garvican-Lewis L.A., Chapman R.F., Périard J.D.** Special Environments: Altitude and Heat. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2019;29(2):210–219. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0256>
20. **Périard J.D., Racinais S.** Performance and pacing during cycle exercise in hyperthermic and hypoxic conditions. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2016;48(5):845–853. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000839>
21. **Tyler C.J., Reeve T., Hodges G.J., Cheung S.S.** The effects of heat adaptation on physiology, perception and exercise performance in the heat: A meta-analysis. *Sports Med.* 2016;46(11):1699–1724. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0538-5>
22. **Смирнова М.Д., Свиридова О.Н., Фофанова Т.В., Ланкин В.З., Коновалова Г.Н., Тихазе А.К.** Summer heat Influence on quality of life, hemodynamics, electrolyte balance and oxidative stress in patients with moderate and high risk of cardiovascular complications and patients with coronary artery disease. *Russkii Meditsinskii Zhurnal = Russian Medical Journal*. 2014;22(18):1320–1324 (In Russ.).
23. **Wright H., Selkirk G., McLellan T.** HPA and SAS responses to increasing core temperature during uncompensable exertional heat stress in trained and untrained males. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2010;108(5):987–997. <http://doi.org/10.1007/s00421-009-1294-0>
24. **Kulikov V.P., Kuznetsova D.V., Zarya A.N.** Role of cerebrovascular and cardiovascular co<sub>2</sub>-reactivity in the pathogenesis of arterial hypertension. *Arterial'naya Gipertenziya = Arterial Hypertension*. 2017;23(5):433–446 (In Russ.). <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2017-23-5-433-446>

25. **Dokladny K., Zuhl M.N., Moseley P.L.** Intestinal epithelial barrier function and tight junction proteins with heat and exercise. *J. Appl. Physiol.* 2015;120(6):692–701. <http://doi.org/10.1152/jap-physiol.00536.2015>
26. **Leyk D., Hoitz J., Becker C., Glitz K.J., Nestler K., Piekarski C.** Health Risks and Interventions in Exertional Heat Stress. *Dtsch. Arztebl. Int.* 2019;116(31–32):537–544. <http://doi.org/10.3238/arztebl.2019.0537>
27. **Daanen H.A.M., Racinais S., Periard J.D.** Heat acclimation decay and re-induction: A systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2018;48(2):409–430. <http://doi.org/10.1007/s40279-017-0808-x>
28. **Leonard W.R., Sorensen M.V., Galloway V.A., Spencer G.J., Mosher M.J., Osipova L., Spitsyn V.A.** Climatic influences on basal metabolic rates among circumpolar populations. *Am. J. Hum. Biol.* 2002;14(5):609–620. <http://doi.org/10.1002/ajhb.10072>
29. **White L.J., Dressendorfer R.H., Holland E., McCoy S.C., Ferguson M.A.** Increased caloric intake soon after exercise in cold water. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2005;15(1):38–47. <http://doi.org/10.1123/ijsnem.15.1.38>
30. **Crabtree D.R., Blannin A.K.** Effects of exercise in the cold on Ghrelin, PYY, and food intake in overweight adults. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2015;47(1):49–57. <http://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000391>
31. **Zeyl A., Stocks J.M., Taylor N.A.S., Jenkins A.B.** Interactions between temperature and human leptin physiology in vivo and in vitro. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2004;92(4–5):571–578. <http://doi.org/10.1007/s00421-004-1084-7>
32. **van der Lans A. A., Hoeks J., Brans B., Vijgen G.H., Vissler M.G., Vosselman M.J., et al.** Cold acclimation recruits human brown fat and increases nonshivering thermogenesis. *J. Clin. Invest.* 2013;123(8):3395–3403. <http://doi.org/10.1172/JCI68993>
33. **Castellani J.W., Tipton M.J.** Cold stress effects on exposure tolerance and exercise performance. *Compr. Physiol.* 2015;6(1):443–469. <http://doi.org/10.1002/cphy.c140081>
34. **Brazaitis M., Eimantas N., Daniuseviciute L., Baranauskiene N., Skrodeniene E., Skurvydas A.** Time course of physiological and psychological responses in humans during a 20-day severe-cold-acclimation programme. *PLoS One.* 2014;9(4):e94698. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0094698>
35. **Opichka M., Shute R., Marshall K., Slivka D.** Effects of exercise in a cold environment on gene expression for mitochondrial biogenesis and mitophagy. *Cryobiology.* 2019;90:47–53. <http://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2019.08.007>
36. **Shute R.J., Heesch M.W., Zak R.B., Kreiling J.L., Slivka D.R.** Effects of exercise in a cold environment on transcriptional control of PGC-1 $\alpha$ . *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 2018;314(6):R850–R857. <http://doi.org/10.1152/ajp-regu.00425.2017>
37. **Islam H., Edgett B.A., Gurd B.J.** Coordination of mitochondrial biogenesis by PGC-1 $\alpha$  in human skeletal muscle: A re-evaluation. *Metabolism.* 2018;79:42–51. <http://doi.org/10.1016/j.metabol.2017.11.001>
38. **Rao R.R., Long J.Z., White J.P.** Meteorin-like is a hormone that regulates immune-adipose interactions to increase beige fat thermogenesis. *Cell.* 2014;157(6):1279–1291. <http://doi.org/10.1016/j.cell.2014.03.065>
39. **Panati K., Suneetha Y., Narala V.R.** Irisin/FNDC5—An updated review. *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci.* 2016;20(4):689–697.
40. **Cao R.Y., Zheng H., Redfearn D., Yang J.** FNDC5: A novel player in metabolism and metabolic syndrome. *Biochimie.* 2019;158:111–116. <http://doi.org/10.1016/j.biochi.2019.01.001>
25. **Dokladny K., Zuhl M.N., Moseley P.L.** Intestinal epithelial barrier function and tight junction proteins with heat and exercise. *J. Appl. Physiol.* 2015;120(6):692–701. <http://doi.org/10.1152/jap-physiol.00536.2015>
26. **Leyk D., Hoitz J., Becker C., Glitz K.J., Nestler K., Piekarski C.** Health Risks and Interventions in Exertional Heat Stress. *Dtsch. Arztebl. Int.* 2019;116(31–32):537–544. <http://doi.org/10.3238/arztebl.2019.0537>
27. **Daanen H.A.M., Racinais S., Periard J.D.** Heat acclimation decay and re-induction: A systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2018;48(2):409–430. <http://doi.org/10.1007/s40279-017-0808-x>
28. **Leonard W.R., Sorensen M.V., Galloway V.A., Spencer G.J., Mosher M.J., Osipova L., Spitsyn V.A.** Climatic influences on basal metabolic rates among circumpolar populations. *Am. J. Hum. Biol.* 2002;14(5):609–620. <http://doi.org/10.1002/ajhb.10072>
29. **White L.J., Dressendorfer R.H., Holland E., McCoy S.C., Ferguson M.A.** Increased caloric intake soon after exercise in cold water. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2005;15(1):38–47. <http://doi.org/10.1123/ijsnem.15.1.38>
30. **Crabtree D.R., Blannin A.K.** Effects of exercise in the cold on Ghrelin, PYY, and food intake in overweight adults. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2015;47(1):49–57. <http://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000391>
31. **Zeyl A., Stocks J.M., Taylor N.A.S., Jenkins A.B.** Interactions between temperature and human leptin physiology in vivo and in vitro. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2004;92(4–5):571–578. <http://doi.org/10.1007/s00421-004-1084-7>
32. **van der Lans A. A., Hoeks J., Brans B., Vijgen G. H., Vissler M. G., Vosselman M. J., et al.** Cold acclimation recruits human brown fat and increases nonshivering thermogenesis. *J. Clin. Invest.* 2013;123(8):3395–3403. <http://doi.org/10.1172/JCI68993>
33. **Castellani J.W., Tipton M.J.** Cold stress effects on exposure tolerance and exercise performance. *Compr. Physiol.* 2015;6(1):443–469. <http://doi.org/10.1002/cphy.c140081>
34. **Brazaitis M., Eimantas N., Daniuseviciute L., Baranauskiene N., Skrodeniene E., Skurvydas A.** Time course of physiological and psychological responses in humans during a 20-day severe-cold-acclimation programme. *PLoS One.* 2014;9(4):e94698. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0094698>
35. **Opichka M., Shute R., Marshall K., Slivka D.** Effects of exercise in a cold environment on gene expression for mitochondrial biogenesis and mitophagy. *Cryobiology.* 2019;90:47–53. <http://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2019.08.007>
36. **Shute R.J., Heesch M.W., Zak R.B., Kreiling J.L., Slivka D.R.** Effects of exercise in a cold environment on transcriptional control of PGC-1 $\alpha$ . *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 2018;314(6):R850–R857. <http://doi.org/10.1152/ajp-regu.00425.2017>
37. **Islam H., Edgett B.A., Gurd B.J.** Coordination of mitochondrial biogenesis by PGC-1 $\alpha$  in human skeletal muscle: A re-evaluation. *Metabolism.* 2018;79:42–51. <http://doi.org/10.1016/j.metabol.2017.11.001>
38. **Rao R.R., Long J.Z., White J.P.** Meteorin-like is a hormone that regulates immune-adipose interactions to increase beige fat thermogenesis. *Cell.* 2014;157(6):1279–1291. <http://doi.org/10.1016/j.cell.2014.03.065>
39. **Panati K., Suneetha Y., Narala V.R.** Irisin/FNDC5—An updated review. *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci.* 2016;20(4):689–697.
40. **Cao R.Y., Zheng H., Redfearn D., Yang J.** FNDC5: A novel player in metabolism and metabolic syndrome. *Biochimie.* 2019;158:111–116. <http://doi.org/10.1016/j.biochi.2019.01.001>

41. Sato T., Nemoto T., Hasegawa K., Ida T., Kojima M. A new action of peptide hormones for survival in a low-nutrient environment. *Endocr. J.* 2019;66(11):943–952. <http://doi.org/10.1507/endocrj.EJ19-0274>
42. Schalt A., Johannsen M.M., Kim J., Chen R., Murphy C.J., Coker M.S., et al. Negative Energy Balance Does Not Alter Fat-Free Mass During the Yukon Arctic Ultra—the Longest and the Coldest Ultramarathon. *Front. Physiol.* 2018;9:1761. <http://doi.org/10.3389/fphys.2018.01761>
43. Coker R.H., Weaver A.N., Coker M.S., Murphy C.J., Gunga H.C., Steinach M. Metabolic Responses to the Yukon Arctic Ultra: Longest and Coldest in the World. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2017;49(2):357–362. <http://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001095>
44. Kennedy M.D., Faulhaber M. Respiratory Function and Symptoms Post Cold Air Exercise in Female High and Low Ventilation Sport Athletes. *Allergy Asthma Immunol. Res.* 2018;10(1):43–51. <http://doi.org/10.4168/air.2018.10.1.43>
45. Bowes H., Eglin C.M., Tipton M.J., Barwood M.J. Swim performance and thermoregulatory effects of wearing clothing in a simulated cold-water survival situation. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2016;116(4):759–767. <http://doi.org/10.1007/s00421-015-3306-6>
46. Bierens J.J., Lunetta P., Tipton M., Warner D.S. Physiology of Drowning: A Review. *Physiology (Bethesda)*. 2016;31(2):147–166. <http://doi.org/10.1152/physiol.00002.2015>
47. Taylor N.A., Machado-Moreira C.A., van den Heuvel A.M., Caldwell J.N. Hands and feet: physiological insulators, radiators and evaporators. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2014;114(10):2037–2060. <http://doi.org/10.1007/s00421-014-2940-8>
48. Ханферьян Р.А., Радыш И.А., Суровцев В.В., Коростелева М.М., Алешина И.В. Значение физической активности в регуляции противовирусного иммунитета. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2020;10(3):27–39. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2020.3.27>
49. Watkins S.L., Castle P., Mauger A.R., Sculthorpe N., Fitch N., Aldous J. The effect of different environmental conditions on the decision-making performance of soccer goal line officials. *Res. Sports Med.* 2014;22(4):425–437. <https://doi.org/10.1080/15438627.2014.948624>
50. McLean B.D., Buttifant D., Gore C.J., White K., Liess C., Kemp J. Physiological and performance responses to a preseason altitude-training camp in elite team-sport athletes. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2013;8(4):391–399. <https://doi.org/10.1123/ijsspp.8.4.391>
51. Hauser A., Troesch S., Saugy J.J., Schmitt L., Cejuela-Anta R., Faiss R., et al. Individual hemoglobin mass response to normobaric and hypobaric “live high-train low”: A one-year crossover study. *J. Appl. Physiol.* 2017;123(2):387–393. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00932.2016>
52. Sharma A.P., Saunders P.U., Garvican-Lewis L.A., Clark B., Welvaert M., Gore C.J., Thompson K.G. Improved performance in national-level runners with increased training load at 1600 and 1800 m. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2019;14(3):286–295. <https://doi.org/10.1123/ijsspp.2018-0104>
53. Mairböurl H., Weber R.E. Oxygen transport by hemoglobin. *Compr. Physiol.* 2012;2(2):1463–1489. <https://doi.org/10.1002/cphy.c080113>
54. Kacimi R., Richalet J. P., Corsin A., Abousahl I., Crozatier B. Hypoxia-induced downregulation of beta-adrenergic receptors in rat heart. *J. Appl. Physiol.* 1992;73(4):1377–1382. <https://doi.org/10.1152/jappl.1992.73.4.1377>
41. Sato T., Nemoto T., Hasegawa K., Ida T., Kojima M. A new action of peptide hormones for survival in a low-nutrient environment. *Endocr. J.* 2019;66(11):943–952. <http://doi.org/10.1507/endocrj.EJ19-0274>
42. Schalt A., Johannsen M.M., Kim J., Chen R., Murphy C.J., Coker M.S., et al. Negative Energy Balance Does Not Alter Fat-Free Mass During the Yukon Arctic Ultra—the Longest and the Coldest Ultramarathon. *Front. Physiol.* 2018;9:1761. <http://doi.org/10.3389/fphys.2018.01761>
43. Coker R.H., Weaver A.N., Coker M.S., Murphy C.J., Gunga H.C., Steinach M. Metabolic Responses to the Yukon Arctic Ultra: Longest and Coldest in the World. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2017;49(2):357–362. <http://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001095>
44. Kennedy M.D., Faulhaber M. Respiratory Function and Symptoms Post Cold Air Exercise in Female High and Low Ventilation Sport Athletes. *Allergy Asthma Immunol. Res.* 2018;10(1):43–51. <http://doi.org/10.4168/air.2018.10.1.43>
45. Bowes H., Eglin C.M., Tipton M.J., Barwood M.J. Swim performance and thermoregulatory effects of wearing clothing in a simulated cold-water survival situation. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2016;116(4):759–767. <http://doi.org/10.1007/s00421-015-3306-6>
46. Bierens J.J., Lunetta P., Tipton M., Warner D.S. Physiology of Drowning: A Review. *Physiology (Bethesda)*. 2016;31(2):147–166. <http://doi.org/10.1152/physiol.00002.2015>
47. Taylor N.A., Machado-Moreira C.A., van den Heuvel A.M., Caldwell J.N. Hands and feet: physiological insulators, radiators and evaporators. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2014;114(10):2037–2060. <http://doi.org/10.1007/s00421-014-2940-8>
48. Khanferyan R.A., Radysh I.V., Surovtsev V.V., Korostel'eva M.M., Aleshina I.V. The importance of physical activity in the regulation of anti-viral immunity. *Sports medicine: research and practice*. 2020;10(3):27–39 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2020.3.27>
49. Watkins S.L., Castle P., Mauger A. R., Sculthorpe N., Fitch N., Aldous J. The effect of different environmental conditions on the decision-making performance of soccer goal line officials. *Res. Sports Med.* 2014;22(4):425–437. <https://doi.org/10.1080/15438627.2014.948624>
50. McLean B.D., Buttifant D., Gore C.J., White K., Liess C., Kemp J. Physiological and performance responses to a preseason altitude-training camp in elite team-sport athletes. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2013;8(4):391–399. <https://doi.org/10.1123/ijsspp.8.4.391>
51. Hauser A., Troesch S., Saugy J.J., Schmitt L., Cejuela-Anta R., Faiss R., et al. Individual hemoglobin mass response to normobaric and hypobaric “live high-train low”: A one-year crossover study. *J. Appl. Physiol.* 2017;123(2):387–393. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00932.2016>
52. Sharma A.P., Saunders P.U., Garvican-Lewis L.A., Clark B., Welvaert M., Gore C.J., Thompson K.G. Improved performance in national-level runners with increased training load at 1600 and 1800 m. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2019;14(3):286–295. <https://doi.org/10.1123/ijsspp.2018-0104>
53. Mairböurl H., Weber R.E. Oxygen transport by hemoglobin. *Compr. Physiol.* 2012;2(2):1463–1489. <https://doi.org/10.1002/cphy.c080113>
54. Kacimi R., Richalet J. P., Corsin A., Abousahl I., Crozatier B. Hypoxia-induced downregulation of beta-adrenergic receptors in rat heart. *J. Appl. Physiol.* 1992;73(4):1377–1382. <https://doi.org/10.1152/jappl.1992.73.4.1377>

55. **Hardie D.G., Ross F.A., Hawley S.A.** AMPK: a nutrient and energy sensor that maintains energy homeostasis. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* 2012;13(4):251–262. <https://doi.org/10.1038/nrm3311>

56. **Matu J., Gonzalez J.T., Ispoglou T., Duckworth L., Deighton K.** The effects of hypoxia on hunger perceptions, appetite-related hormone concentrations and energy intake: A systematic review and meta-analysis. *Appetite.* 2018;125:98–108. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2018.01.015>

57. **Heikura I.A., Burke L.M., Bergland D., Uusitalo A.L.T., Mero A.A., Stellingwerff T.** Impact of energy availability, health, and sex on hemoglobin-mass responses following live-high-train-high altitude training in elite female and male distance athletes. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2018;13(8):1090–1096. <https://doi.org/10.1123/ijsspp.2017-0547>

58. **Woods A.L., Sharma A.P., Garvican-Lewis L.A., Saunders P.U., Rice A.J., Thompson K.G.** Four weeks of classical altitude training increases resting metabolic rate in highly trained middle-distance runners. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism.* 2017;7(1):83–90. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2016-0116>

59. **Garvican-Lewis L.A., Vuong V.L., Govus A.D., Peeling P., Jung G., Nemeth E., et al.** Intravenous Iron Does Not Augment the Hemoglobin Mass Response to Simulated Hypoxia. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2018;50(8):1669–1678. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001608>

60. **Gibson O.R., Taylor L., Watt P.W., Maxwell N.S.** Cross-Adaptation: Heat and Cold Adaptation to Improve Physiological and Cellular Responses to Hypoxia. *Sports Med.* 2017;47(9):1751–1768. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0717-z>

55. **Hardie D. G., Ross F. A., Hawley S. A.** AMPK: a nutrient and energy sensor that maintains energy homeostasis. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* 2012;13(4):251–262. <https://doi.org/10.1038/nrm3311>

56. **Matu J., Gonzalez J.T., Ispoglou T., Duckworth L., Deighton K.** The effects of hypoxia on hunger perceptions, appetite-related hormone concentrations and energy intake: A systematic review and meta-analysis. *Appetite.* 2018;125:98–108. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2018.01.015>

57. **Heikura I.A., Burke L.M., Bergland D., Uusitalo A.L.T., Mero A.A., Stellingwerff T.** Impact of energy availability, health, and sex on hemoglobin-mass responses following live-high-train-high altitude training in elite female and male distance athletes. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2018;13(8):1090–1096. <https://doi.org/10.1123/ijsspp.2017-0547>

58. **Woods A.L., Sharma A.P., Garvican-Lewis L.A., Saunders P.U., Rice A.J., Thompson K.G.** Four weeks of classical altitude training increases resting metabolic rate in highly trained middle-distance runners. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism.* 2017;7(1):83–90. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2016-0116>

59. **Garvican-Lewis L.A., Vuong V.L., Govus A.D., Peeling P., Jung G., Nemeth E., et al.** Intravenous Iron Does Not Augment the Hemoglobin Mass Response to Simulated Hypoxia. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2018;50(8):1669–1678. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001608>

60. **Gibson O.R., Taylor L., Watt P.W., Maxwell N.S.** Cross-Adaptation: Heat and Cold Adaptation to Improve Physiological and Cellular Responses to Hypoxia. *Sports Med.* 2017;47(9):1751–1768. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0717-z>

#### Информация об авторах:

**Кобелькова Ирина Витальевна**, к.м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории спортивной антропологии и нутрициологии ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», 109240, Россия, Москва, Устьинский проезд, 2/14. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1237-5147> (+7 (910) 406-40-31, [irinavit66@mail.ru](mailto:irinavit66@mail.ru))

**Коростелева Маргарита Михайловна\***, к.м.н., старший научный сотрудник лаборатории спортивной антропологии и нутрициологии ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», 109240, Россия, Москва, Устьинский проезд, 2/14; доцент кафедры управления сестринской деятельностью ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», 117198, Россия, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2279-648X> (+7 (985) 567-78-22, [korostel@bk.ru](mailto:korostel@bk.ru))

**Никитюк Дмитрий Борисович**, д. м. н., профессор, член-корреспондент РАН, директор ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», 109240, Россия, Москва, Устьинский проезд, 2/14. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2259-1222> (+7 (495) 698-53-46, [nikitjuk@ion.ru](mailto:nikitjuk@ion.ru))

#### Information about the authors:

**Irina V. Kobelkova**, MD, PhD, Senior Researcher of Sports Anthropology and Nutrition Laboratory, Federal Research Centre of Nutrition and Biotechnology, 2/14 bldg. 1, Ustyinsky side str., Moscow, 109240. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1237-5147> (+7 (910) 406-40-31, [irinavit66@mail.ru](mailto:irinavit66@mail.ru))

**Margarita M. Korosteleva\***, Ph. D., interim Senior Researcher of Sports Anthropology and Nutrition Laboratory, Federal Research Centre of Nutrition and Biotechnology, 2/14 bldg. 1, Ustyinsky side street, Moscow, 109240, Associate Professor, Department of Nursing Management of Peoples' Friendship University of Russia, 6, Miklukho-Maclay str., Moscow, 117198. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2279-648X> (+7 (985) 567-78-22, [korostel@bk.ru](mailto:korostel@bk.ru))

**Dmitry B. Nikitjuk**, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Federal Research Centre of Nutrition and Biotechnology, 2/14 bldg. 1, Ustyinsky side str., Moscow, 109240. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2259-1222> (+7 (495) 698-53-46, [nikitjuk@ion.ru](mailto:nikitjuk@ion.ru))

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.1>

УДК 616-005

Тип статьи: Обзор литературы / Articles review



## Эффективность физических нагрузок в кардиореабилитации

М.Ю. Яковлев<sup>1</sup>, О.Д. Лебедева<sup>1,\*</sup>, В.Е. Владимирский<sup>2</sup>, Е.В. Владимирский<sup>2</sup>, А.Н. Лунина<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Пермь, Россия

### РЕЗЮМЕ

В обзоре показано, что молекулярные механизмы, инициируемые физическими нагрузками, лежат в основе многофакторного влияния последних на функцию сердечно-сосудистой системы и течение кардиальных заболеваний. Физические упражнения являются важным компонентом терапевтического лечения пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями, что подтверждают результаты метаанализа, включавшего 63 исследования, которые были связаны с различными формами аэробных упражнений разной интенсивности (от 50 до 95 %  $VO_2$ ) в течение от 1 до 47 месяцев, и показавшего, что кардиореабилитация на основе физических упражнений улучшает сердечно-сосудистую функцию. Знание молекулярных основ влияния физических нагрузок дает возможность использовать биохимические маркеры для оценки эффективности реабилитационных программ.

**Ключевые слова:** кардиореабилитация, сердечно-сосудистые заболевания, физические нагрузки, молекулярные механизмы

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Яковлев М.Ю., Лебедева О.Д., Владимирский В.Е., Владимирский Е.В., Лунина А.Н. Эффективность физических нагрузок в кардиореабилитации. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(1):37–46. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.1>

Поступила в редакцию: 15.06.2021

Принята к публикации: 29.02.2022

Online first: 20.03.2022

Опубликована: 30.04.2022

\*Автор, ответственный за переписку

## The effectiveness of physical activity in cardiorehabilitation

Maxim Yu. Yakovlev<sup>1</sup>, Olga D. Lebedeva<sup>1,\*</sup>, Vladimir E. Vladimirsky<sup>2</sup>, Evgeniy V. Vladimirsky<sup>2</sup>,  
Anna N. Lunina<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Federal State Budgetary Institution "National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology"  
of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Perm State Medical University named after Academician E. A. Wagner, Perm, Russia

### ABSTRACT

The review shows that the molecular mechanisms initiated by physical exertion underlie the multifactorial influence of the latter on the function of the cardiovascular system and the course of cardiac diseases. Exercise is an important component of the therapeutic treatment in patients with cardiovascular diseases, which is confirmed by the results of a meta-analysis that included 63 studies that were associated with various forms of aerobic exercise of different intensity (from 50 to 95 %  $VO_2$ ) for 1 to 47 months, which showed that exercise-based CR improves cardiovascular function. Knowledge of the molecular basis of the impact of physical activity makes it possible to use biochemical markers to assess the effectiveness of rehabilitation programs.

**Keywords:** cardiorehabilitation, cardiovascular diseases, physical activity, molecular mechanisms

**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interest.

**For citation:** Yakovlev M.Yu., Lebedeva O.D., Vladimirsky V.E., Vladimirsky E.V., Lunina A.N. The effectiveness of physical activity in cardiorehabilitation. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(1):37–46. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.1>

Received: 15 June 2021

Accepted: 29 February 2022

Online first: 20 March 2022

Published: 30 April 2022

\*Corresponding author

Физические нагрузки являются одним из основных компонентов реабилитации больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Как показали практика и доказательные исследования, благоприятные эффекты физических нагрузок на исходы заболеваний при ряде кардиальных нозологий сопоставимы с медикаментозным лечением. Это дает врачу еще один инструмент, позволяющий повлиять на сложившуюся в развитых странах неблагоприятную эпидемиологическую ситуацию с распространением и летальностью от заболеваний сердечно-сосудистой системы [1, 2]. Достоверные положительные результаты кардиореабилитации, по данным венозно-окклюзионной плетизмографии, в отношении показателей регионарной гемодинамики после применения разгрузочной лечебной гимнастики в сочетании с внутривенным лазерным облучением крови (ВЛОК) на фоне рационально подобранной дифференцированной медикаментозной терапии получены у больных с ДКМП [3], а также при применении других методов КР у больных с нарушением ритма сердца (мерцательная аритмия), гипертонической болезнью, ИБС и др. [4–9].

Целью кардиореабилитации (КР) являются восстановление оптимального физиологического, психологического и профессионального статуса, снижение риска сердечно-сосудистой заболеваемости и смертности. Поскольку ССЗ — мультифакториальные заболевания, положительные результаты от КР многочисленны. В большинстве современных руководств по сердечно-сосудистым заболеваниям во всем мире реабилитация сердца является рекомендацией I класса.

В данном обзоре приведены данные о некоторых молекулярных основах адаптации и лечебных эффектов физических нагрузок, включаемых в программы КР.

### **1. Эффекты физических нагрузок у здоровых и больных метаболическими и сердечно-сосудистыми заболеваниями**

Человек осуществляет физическую активность за счет отлаженной работы органов дыхания, сердечно-сосудистой системы и опорно-двигательного аппарата [10]. Первая функциональная система отвечает за захват атмосферного кислорода и его диффузию в кровотоки. Вторая — за системное распределение насыщенной кислородом крови, которая зависит от насосной функции сердца. Третья система (костно-мышечная система) — за захват и извлечение молекулярного кислорода из кровотока и превращение его в энергию посредством внутриклеточных биохимических реакций [11].

Вся система совершенствуется по мере индивидуальных упражнений, а организм развивает физиологические адаптации. У многих людей один или несколько

из этих механизмов могут быть патологически скомпрометированы клиническим заболеванием, хирургическим вмешательством и/или постельным режимом. Пациенты с респираторными заболеваниями, как правило, испытывают трудности с захватом и распространением кислорода в результате изменений их легочных объемов и возможностей, что напрямую влияет на их толерантность к физической нагрузке. У пациентов со сниженной функцией левого желудочка наблюдается уменьшение фракции выброса и уменьшение количества системного кислорода, что также приводит к снижению толерантности к физической нагрузке [12].

Несколько недавних исследований показали, что устойчивая физическая активность связана с уменьшением маркеров воспаления, улучшение обмена веществ, снижением риска развития сердечной недостаточности, а также улучшение общей выживаемости [13, 14]. Физические упражнения улучшают общее метаболическое здоровье и уменьшают риск развития сахарного диабета 2-го типа (СД2) [15], улучшая толерантность к глюкозе [16], чувствительность к инсулину [17] и уменьшая концентрации атерогенных липидов [18]. Это происходит главным образом посредством адаптационных перестроек скелетных мышц, печени и жировой ткани [19]. Физические упражнения могут также улучшить сердечно-сосудистую функцию посредством ее адаптации к нагрузкам [20]. Регулярные физические упражнения снижают частоту сердечных сокращений в покое, артериальное давление и атерогенные маркеры, а также формируют физиологическую гипертрофию сердца [21]. Упражнения улучшают перфузию миокарда и повышают уровни холестерина липопротеинов высокой плотности (ЛПВП), которые снижают сердечно-сосудистые риски [22].

Важно отметить, что некоторые из этих полезных эффектов упражнений очевидны независимо от потери веса. Исследования показали, что физические упражнения могут улучшить метаболическое и сердечно-сосудистое здоровье независимо от изменений массы тела, включая улучшение гомеостаза глюкозы, эндотелиальной функции, нормализацию артериального давления и уровня ЛПВП. Эти данные указывают на то, что физические упражнения независимо от изменений массы тела приводят к значительным улучшениям сердечно-сосудистой системы и метаболического здоровья [23].

Доказано, что физические упражнения оказывают аналогичное влияние на улучшение функции сердечно-сосудистой системы у пациентов с нормальным и избыточным весом. В годичном исследовании у лиц без ожирения увеличение расхода энергии на 16–20 % (при любой форме упражнений) без диетического вмешательства привело к снижению массы жира на 22,3 %,



а также уровня холестерина ЛПНП и концентрации С-реактивного белка. У людей с избыточным весом 7–9 месяцев низкоинтенсивных упражнений (ходьба ~ 19 км в неделю при пике  $VO_2$  40–55 %) значительно повышали кардиореспираторную работоспособность по сравнению с людьми, ведущими сидячий образ жизни. Вместе эти данные указывают на то, что физические упражнения снижают риск или тяжесть сердечно-сосудистых заболеваний у всех лиц — с низкой, нормальной и высокой массой тела, без и с метаболическими расстройствами [24].

## **2. Механизмы, лежащие в основе клинических эффектов физической реабилитации пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями**

Многочисленные механизмы опосредуют преимущества регулярных физических упражнений для оптимального функционирования сердечно-сосудистой системы. Физические упражнения представляют собой серьезный стимул для поддержания гомеостаза всего организма и провоцируют широко распространенные изменения в многочисленных клетках, тканях и органах в ответ на повышенную метаболическую потребность [25], включая адаптацию сердечно-сосудистой системы.

Физические упражнения усиливают митохондриальный биогенез в адипоцитах [26], миоцитах скелетных мышц и кардиомиоцитах [27], увеличивая аэробное дыхание в этих тканях. Кроме того, физические упражнения улучшают доставку кислорода по всему телу за счет вазодилатации и ангиогенеза, защищая от ишемически-реперфузионного повреждения сердца [28]. Кроме того, физические упражнения вызывают длительный противовоспалительный эффект, который обратно связан с активным воспалением, обычно наблюдаемым при ССЗ и ожирении [29]. Миокины, высвобождаемые из скелетной мускулатуры во время физических упражнений, частично опосредуют эти противовоспалительные эффекты и способствуют межклеточным перекрестным реакциям, чтобы опосредовать дальнейшее сердечно-сосудистое ремоделирование [30].

## **3. Физические упражнения улучшают биогенез и функцию митохондрий**

Многие из преимуществ, получаемых от физических упражнений, обусловлены митохондриальной адаптацией во всем организме. Например, физические упражнения улучшают долговременную кардиореспираторную работоспособность ( $VO_2$ ) за счет увеличения содержания митохондрий и десатурации миоглобина в скелетной мышечной ткани, улучшая окислительную способность скелетной мускулатуры [31]. Увеличение поглощения и утилизации кислорода скелетными мышцами в ответ на регулярные физические нагрузки [32] защищает от уменьшения артериовенозной разницы по  $O_2$ , приводящей к тому, что в единицу времени требуется больше крови для обеспечения потребности тканей в кислороде [33].

Митохондриальный биогенез также усиливается в кардиомиоцитах в ответ на физические нагрузки. Вероятно, это связано с повышенной активацией АМФ-активируемой протеинкиназы (АМПК) и последующим увеличением экспрессии митохондриального пролифератор-активированного рецептора гамма коактиватора 1-альфа (PGC-1 $\alpha$ ). Физическая нагрузка также повышает способность митохондрий окислять жирные кислоты (основной субстрат используется в здоровый миокард), тем самым увеличивая потенциал для синтеза АТФ. Вызванная физической нагрузкой активация митохондриальной функции важна в предотвращении сердечно-сосудистых дисфункций.

Ожирение связано с нарушением биогенеза митохондрий в миокарде и снижением способности митохондрий к окислительному фосфорилированию и синтезу АТФ [34]. При сердечной недостаточности поглощение жирных кислот и их утилизация также снижаются, что, вероятно, вызывает связанный с сердечной недостаточностью сдвиг в сторону метаболизма глюкозы с целью сохранения сердечно-сосудистой функции [35]. Однако в ранней фазе формирования сердечной недостаточности, предиабета, или ожирения, миокардиальная резистентность к инсулину может стимулировать ухудшающуюся утилизацию глюкозы и ускорять формирование сердечно-сосудистой дисфункции [36]. Важно отметить, что чувствительность к инсулину повышается в ответ на регулярные физические упражнения [37], что имеет жизненно важное значение для снижения риска ожирения, связанного с инсулинорезистентностью. Было показано, что инсулин также непосредственно регулирует митохондриальный метаболизм, способствуя индукции активности гена *OPA1*, стимулирующего протеиногенез, и гена *GTPase*, которые контролируют целостность митохондрий *cristae*, энергетическую и поддержание структуры митохондриальной ДНК [38], что указывает на другой потенциальный механизм индуцированного физическими нагрузками улучшения сердечно-сосудистого здоровья через повышение функции митохондрий.

Активные формы кислорода (АФК) являются физиологическими побочными продуктами аэробного митохондриального метаболизма, и хотя они необходимы для инициации клеточной репарации или апоптоза, повышенный уровень АФК связан с воспалением и несколькими формами ССЗ [39]. В то время как физические нагрузки увеличивают прямую продукцию АФК митохондриями, чистая клеточная нагрузка АФК уменьшается при физических нагрузках за счет активации антиоксидантных систем [40]. По существу, физические упражнения создают систему, в которой клетки проявляют «благоприятную» реакцию в условиях низких экспозиций АФК, позволяя антиоксидантным системам эффективно работать.

Повышая способность митохондрий предотвращать окислительные повреждения, вызванные физическими нагрузками, последние защищают их

от ишемически-реперфузионного повреждения сердца. Во время ишемии отсутствие кислорода в сердце создает среду, в которой возвращение оксигенированного кровотока приводит к индукции воспаления и окислительного стресса, а не к восстановлению нормальной функции [41]. В отличие от этого, вызванные физическими нагрузками адаптации митохондрий кардиомиоцитов ослабляют окислительные повреждения, вызванные ишемией-реперфузией, что приводит к уменьшению повреждения сердца и снижению риска ишемической сердечной дисфункции или смерти.

#### **4. Физические упражнения улучшают васкуляризацию и перфузию миокарда**

Физическая тренировка индуцирует сосудистые адаптации в нескольких тканях [42]. В сердце увеличение васкуляризации защищает от сосудистого стресса и снижает вероятность сердечного события. Эти приспособления опосредованы через увеличение активности васкулярной эндотелиальной синтазы оксида азота (eNOS). Физические упражнения повышают интенсивность физиологического напряжения сдвига, индуцируя стресс-зависимую активность c-Src (протоонкогенная тирозин-протеинкиназа Src, также известная как протоонкоген c-Src, или просто c-Src — клеточный Src; производится как «сарк», поскольку это сокращение от саркомы) в эндотелиальных клетках и повышая экспрессию eNOS [43]. В сосудистом эндотелии eNOS катализирует выработку оксида азота (NO), который вызывает вазодилатацию, ингибирует агрегацию тромбоцитов и предотвращает адгезию лейкоцитов к стенкам сосудов, тем самым уменьшая наступление атеросклероза, тромбоза, ишемии или других сердечных событий [44].

Физические упражнения также индуцируют ангиогенез, однако механизмы, регулирующие этот процесс, неясны. Было выдвинуто предположение, что увеличение продукции оксида азота (NO) после физической нагрузки повышает уровень проангиогенных факторов, в частности фактора роста эндотелия сосудов (VEGF) [45]. В недавнем исследовании было установлено, что самцы крыс, которые проходили тренировку в течение 10 недель после искусственного ИМ, увеличивали фосфорилирование Akt/eNOS (AKT/PKB: Protein kinase B) и активацию синтеза VEGF, что приводило к увеличению ангиогенеза. Хотя эти механизмы полностью не определены, ясно, что физические нагрузки индуцируют ангиогенез, усиливают ангиогенез и защищают от сосудистого стресса, тем самым уменьшая вероятность сердечного события [46].

#### **5. Физические упражнения уменьшают активность хронического воспаления**

Воспаление — это нормальная биологическая реакция на повреждающие стимулы. Хроническое воспаление связано с множественными заболеваниями включая ожирение, СД 2-го типа и ССЗ. Избыточное потребление

питательных веществ клетками активируют адипоциты, гепатоциты, островковые клетки поджелудочной железы [47]. Это инициирует синтез легких цепей ядерного фактора транскрипции каппа, увеличивает экспрессию Toll-подобного рецептора 4 (TLR4), и стимулирует выброс цитокинов — TNF- $\alpha$ , IL-6, IL-1 $\beta$  и CCL2 (C-C motif ligand 2) или MCP-1 (Monocyte Chemoattractant Protein 1). Последующее воспаление является умеренным по сравнению с воспалительными реакциями во время инфекции или травмы, но остается хроническим, называясь «метавоспалением» [48]. Физические упражнения, однако, приводят к долгосрочному противовоспалительному эффекту. Предполагается, что вызванное физическими нагрузками снижение метавоспаления во время болезни связано с понижающей регуляцией NF- $\kappa$ B [49]. Физические упражнения также уменьшают накопление моноцитов и подавляют высвобождение ФНО- $\alpha$  и других провоспалительных адипокинов, создавая противовоспалительный эффект [50].

Избыточная иммунная активация, вызванная ожирением, имеет особое значение для здоровья сосудов, поскольку активация TLR4 вызывает рекрутирование моноцитов и превращение их в пенистые клетки, приводя к прогрессированию атеросклероза. Физические нагрузки препятствуют развитию атеросклероза за счет снижения экспрессии TLRs на моноцитах и макрофагах, что в последующем снижает доступность лигандов TLR4 и ингибирует продукцию провоспалительных цитокинов. Физические упражнения также снижают концентрацию высокочувствительного С-реактивного белка (hsCRP), которые являются предиктором формирования сердечной недостаточности при наличии атеросклероза [51].

#### **6. Физические упражнения усиливают межклеточную коммуникацию за счет высвобождения миокинов**

Скелетная мышца может действовать как секреторный орган путем стимулирования продукции специфических миокинов [52]. Миокины выступают химическими посредниками, которые функционируют аутокринным, паракринным или эндокринным образом, чтобы влиять на различные органы, включая скелетную мышцу, печень и жировую ткань [53]. Они представляют большой интерес в отношении сердечно-сосудистого здоровья, поскольку хорошо известные защитные действия физических упражнений на сердечно-сосудистую функцию по крайней мере частично опосредованы повышенной секрецией миокинов. Некоторые миокины, влияющие на сердечно-сосудистое здоровье, включают IL-6, мионектин, Fstl1 и NDNF [54].

#### **7. Интерлейкин-6 (ИЛ-6)**

ИЛ-6 был представлен в качестве первого миокина более десяти лет назад [55]. Сывороточные уровни ИЛ-6 повышаются в ответ на острую аэробную нагрузку, и это может улучшать метаболическое и сердечно-сосудистое

здоровье. Повышенная концентрация IL-6, вызванная физическими упражнениями, может стимулировать секрецию глюкагоноподобного пептида-1 (ГПП-1) в клетках кишечника L и клетках поджелудочной железы  $\alpha$ , что приводит к улучшению секреции инсулина и нормализации гликемии [56]. IL-6 также усиливает липолиз и окисление жирных кислот в жировой ткани и может увеличить поглощение глюкозы через AMPK сигнальный путь (AMP-activated protein kinase (AMPK)). Что касается сердечно-сосудистой функции, IL-6 может уменьшить воспаление, ингибируя фактор некроза опухоли —  $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ) [57]. Это приводит к защитному эффекту, поскольку ФНО- $\alpha$  участвует в прогрессировании атеросклероза, развитии сердечной недостаточности и последующих осложнений, в том числе инфаркта миокарда. Необходимы дополнительные исследования для определения прямого влияния действия ИЛ-6 на функцию сердечно-сосудистой системы.

### 8. Мионектин

Мионектин (или CTRP15) обильно экспрессируется в скелетных мышцах и повышается в ответ на хронические аэробные нагрузки. Важно отметить, что введение мионектина мышам дикого типа снижает уровень циркулирующих свободных жирных кислот, увеличивая поглощение жирных кислот в адипоцитах и гепатоцитах [58]. Было также установлено, что мионектин оказывает протективное действие на сердечно-сосудистое здоровье. Мыши с дефицитом мионектина имели более массивное ишемическое повреждение в ответ на ИМ, в то время как системное введение мионектина ослабляло ишемическое повреждение. Необходима дальнейшая работа, чтобы определить, наблюдаются ли эти преимущества в ответ на увеличение мионектина после физических упражнений.

### 9. Фоллистатин-подобный пептид 1 (Фстл1) Follistatin-Like 1 (Fstl1)

Фстл1 — секретный гликопротеид, который принадлежит к семейству фоллистатиновых протеинов и синтезируется в скелетной мышце в ответ на тренировку. Экспрессия Фстл1 также повышена в ишемизированных и гипертрофированных сердцах мышей и функционирует как протективный фактор [59]. Системное введение Фстл1 как мышам, так и свиньям приводило к снижению апоптоза, воспаления и уменьшению размеров повреждений после ишемии-реперфузии. *In vitro*, обработка культивированных кардиомиоцитов с Фстл1 уменьшает апоптоз в ответ на гипоксию-реоксигенацию путем активации Akt и AMPK. Одно недавнее исследование показало, что Фстл1 стимулирует раннюю активацию фибробластов, которая необходима для острой репарации и защищает сердце от разрыва после ишемии-реперфузии. Хотя точная роль вызванного физическими упражнениями повышения Фстл1 на сердечно-сосудистую функцию не была определена, эти данные указывают

на то, что синтез Фстл1 увеличивается в ответ на физические упражнения, и это способствует восстановлению сердечно-сосудистых повреждений и улучшению сердечно-сосудистой функции [60].

### 10. Нейротрофический фактор нейронного происхождения (NDNF)

NDNF — это гликозилированный белок, выделяемый из эндотелиальных клеток скелетной мышцы. Хотя первоначально NDNF был идентифицирован как нейротрофический фактор, экспрессирующийся в головном и спинном мозге мыши [61], он также высвобождается из скелетных мышц в ответ на физические нагрузки и действует как гипоксически индуцированный проангиогенный фактор, который стимулирует формирование эндотелиальной клеточной сети через активацию сигнального пути Akt/eNOS. Этот проангиогенный эффект является важным компонентом в восстановлении после ИМ; внутримышечное введение NDNF с использованием аденовирусного вектора улучшило систолическую функцию в мышечной модели ИМ. Повышенный уровень NDNF также ассоциирован со снижением гипертрофии миокарда и апоптоза в постинфарктном сердце [32]. Другое исследование показало, что снижение регуляции NDNF с помощью siRNA ухудшает восстановление после ишемического-реперфузионного повреждения. Действие NDNF в кардиомиоцитах также уменьшает гипоксия-индуцированный апоптоз через активацию фокальной киназы адгезии / Akt-зависимого пути [30]. Кроме того, повышенные уровни NDNF, высвобождаемого из скелетных мышц в ответ на физические нагрузки, усиливают окисление жирных кислот за счет активации AMPK [62]. Эти данные демонстрируют важность NDNF как индуцибельного фактора эндогенной ишемии и физических нагрузок, который может усиливать ревазуляризацию и, следовательно, оказывать сердечно-сосудистое защитное действие.

### 11. Заключение

Описанные в обзоре молекулярные механизмы, инициируемые физическими нагрузками, лежат в основе многофакторного влияния последних на функцию сердечно-сосудистой системы и течение кардиальных заболеваний. Физические упражнения являются важным компонентом терапевтического лечения пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями [25], что подтверждают результаты метаанализа, включавшего 63 исследования, которые были связаны с различными формами аэробных упражнений разной интенсивности (от 50 до 95 %  $VO_2$ ) в течение от 1 до 47 месяцев, и показавшего, что КР на основе физических упражнений улучшает сердечно-сосудистую функцию [63]. Знание молекулярных основ влияния физических нагрузок дает возможность использовать биохимические маркеры для оценки эффективности реабилитационных программ. Таким образом, сопряжение теории и праксиса

может служить толчком для развития реабилитации и понимания ее терапевтических эффектов, наподобие

**Вклад авторов:**

**Яковлев Максим Юрьевич** — сбор и обработка материала.

**Лебедева Ольга Даниловна** — редактирование, утверждение финальной версии статьи.

**Владимирский Владимир Евгеньевич** — сбор и обработка материала.

**Владимирский Евгений Владимирович** — сбор и обработка материала.

**Лунина Анна Николаевна** — сбор и обработка материала.

**Список литературы**

1. Thomas R.J., King M., Lui K., Oldridge N., Piña I.L., Spertus J. AACVPR/ACC/AHA 2007 Performance Measures on Cardiac Rehabilitation for Referral to and Delivery of Cardiac Rehabilitation/Secondary Prevention Services. *J. Cardiopulm. Rehabil. Prev* 2007;27(5):260–290. <https://doi.org/10.1097/01.hcr.0000291295.24776.7b>
2. Piepoli M.F., Corrà U., Benzer W., Bjarnason-Wehrens B., Dendale P., Gaitaetal D., et al. Secondary prevention through cardiac rehabilitation: from knowledge to implementation. A position paper from the Cardiac Rehabilitation Section of the European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *Eur. J. Cardiovasc.* 2010;17(1):1–17. <https://doi.org/10.1097/hjr.0b013e3283313592>
3. Исмаилов И.С., Мамедьярова И.А., Баранов А.В., Мустафаев Р.Д., Лебедева О.Д., Ачилов А.А. Сочетанное применение кинезо- и лазеротерапии в коррекции нарушений регионарной гемодинамики при дилатационной кардиомиопатии. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2020;97(5):13–21. <https://doi.org/10.17116/kurort20209705113>
4. Corbalan R., Bassand J.P., Illingworth L., Kayani G., Pieper K.S., Ambrosio G., et al. Analysis of outcomes in ischemic vs non-ischemic cardiomyopathy in patients with atrial fibrillation: a report from the garfield-af registry. *JAMA Cardiology.* 2019;4(6):526–548. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2018.4729>
5. Haas S., Cate H.T., Accetta G., Bassand J.P., Kayani G., Kakkar A.K., et al. Quality of vitamin k antagonist control and 1-year outcomes in patients with atrial fibrillation: a global perspective from the garfield-af registry. *PLoS ONE.* 2016;11(10):e0164076. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164076>
6. Sawhney J.P., Kothiwale V.A., Bisne V., Durgaprasad R., Vanajakshamma V., Jadhav P., et al. Risk Profiles And One-Year Outcomes Of Patients With Newly Diagnosed Atrial Fibrillation In India: Insights From The Garfield-Af Registry. *Indian Heart J.* 2018;70(6):828–835. <https://doi.org/10.1016/j.ihj.2018.09.001>
7. Дмитриев В.К., Радзиевский С.А., Фисенко Л.А., Алексеев В.В., Лебедева О.Д. Церебрально-вегетативные аспекты лабильной гипертензии. *Кардиология.* 1988;(12):20–23.
8. Дмитриев В.К., Радзиевский С.А., Фисенко Л.А., Лебедева О.Д. Церебрально-вегетативные соотношения у больных гипертензивной болезнью ранних стадий в процессе рефлексотерапии. *Кардиология.* 1990;(1):35–38.
9. Никифорова Т.И., Лебедева О.Д., Рыков С.В., Белов А.С. Современные комплексные технологии реабилитации и профилактики у больных артериальной гипертензией. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2013;90(6):52–58.

тому, как мы изучаем механизмы действия фармакологических препаратов.

**Authors' contributions:**

**Maxim Yu. Yakovlev** — collection and processing of material.

**Olga D. Lebedeva** — editing, approval of the article final version.

**Vladimir E. Vladimirovsky** — collection and processing of material.

**Evgeniy V. Vladimirovsky** — collection and processing of material.

**Anna N. Lunina** — collection and processing of material.

**References**

1. Thomas R.J., King M., Lui K., Oldridge N., Piña I.L., Spertus J. AACVPR/ACC/AHA 2007 Performance Measures on Cardiac Rehabilitation for Referral to and Delivery of Cardiac Rehabilitation/Secondary Prevention Services. *J. Cardiopulm. Rehabil. Prev* 2007;27(5):260–290. <https://doi.org/10.1097/01.hcr.0000291295.24776.7b>
2. Piepoli M.F., Corrà U., Benzer W., Bjarnason-Wehrens B., Dendale P., Gaitaetal D., et al. Secondary prevention through cardiac rehabilitation: from knowledge to implementation. A position paper from the Cardiac Rehabilitation Section of the European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *Eur. J. Cardiovasc.* 2010;17(1):1–17. <https://doi.org/10.1097/hjr.0b013e3283313592>
3. Ismaylov I. S., Mamedyarova I. A., Baranov A.V., Mustafayev R. D., Lebedeva O. D., Achilov A. A. Combined use of kinesio- and laser therapy in the correction of regional hemodynamic disorders in dilated cardiomyopathy. *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoi fizicheskoi kul'tury.* 2020;97(5):13–21 (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/kurort20209705113>
4. Corbalan R., Bassand J.P., Illingworth L., Kayani G., Pieper K.S., Ambrosio G., et al. Analysis of outcomes in ischemic vs non-ischemic cardiomyopathy in patients with atrial fibrillation: a report from the garfield-af registry. *JAMA Cardiology.* 2019;4(6):526–548. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2018.4729>
5. Haas S., Cate H.T., Accetta G., Bassand J.P., Kayani G., Kakkar A.K., et al. Quality of vitamin k antagonist control and 1-year outcomes in patients with atrial fibrillation: a global perspective from the garfield-af registry. *PLoS ONE.* 2016;11(10):e0164076. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164076>
6. Sawhney J.P., Kothiwale V.A., Bisne V., Durgaprasad R., Vanajakshamma V., Jadhav P., et al. Risk Profiles And One-Year Outcomes Of Patients With Newly Diagnosed Atrial Fibrillation In India: Insights From The Garfield-Af Registry. *Indian Heart J.* 2018;70(6):828–835. <https://doi.org/10.1016/j.ihj.2018.09.001>
7. Dmitriev V.K., Radzievsky S.A., Fisenko L.A., Alekseev V.V., Lebedeva O.D. Cerebral and autonomic aspects of labile hypertension. *Kardiologiya = Cardiology.* 1988;(12):20–23 (In Russ.).
8. Dmitriev V.K., Radzievsky S.A., Fisenko L.A., Lebedeva O.D. Cerebral-vegetative relations in patients with early-stage hypertension in the process of reflexotherapy. *Kardiologiya = Cardiology.* 1990;(1):35–38 (In Russ.).
9. Nikiforova T.I., Lebedeva O.D., Rykov S.V., Belov A.S. Modern complex technologies of rehabilitation and prevention in patients with arterial hypertension. *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoi fizicheskoi kul'tury.* 2013;90(6):52–58 (In Russ.).

10. Ehrman J.K., Gordon P.M., Visich P.S., Keteyian S.J. Clinical exercise physiology. 1st ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2003.
11. Jardins T. Cardiopulmonary anatomy & physiology essentials for respiratory care. 4th ed. Clifton Park, NY: Thomson Delmar Learning; 2002.
12. Mancini D.M., Henson D., La Manca J., Donchez L., Levine S. Benefit of selective respiratory muscle training on exercise capacity in patients with chronic congestive heart failure. *Circulation*. 1995;91(2):320–329. <https://doi.org/10.1161/01.cir.91.2.320>
13. Stanford K.I., Goodyear L.J. Exercise and type 2 diabetes: molecular mechanisms regulating glucose uptake in skeletal muscle. *Adv. Physiol. Educ.* 2014;38(4):308–314. <https://doi.org/10.1152/advan.00080.2014>
14. Nystoriak M.A., Bhatnagar A. Cardiovascular Effects and Benefits of Exercise. *Front. Cardiovasc. Med.* 2018;5:135. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2018.00135>
15. Egan B., Zierath J.R. Exercise metabolism and the molecular regulation of skeletal muscle adaptation. *Cell Metab.* 2013;17(2):162–184. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2012.12.012>
16. Slentz C.A., Bateman L.A., Willis L.H., Granville E.O., Piner L.W., Samsa G.P., et al. Effects of exercise training alone vs. a combined exercise and nutritional lifestyle intervention on glucose homeostasis in prediabetic individuals: a randomised controlled trial. *Diabetologia*. 2016;59(10):2088–2098. <https://doi.org/10.1007/s00125-016-4051-z>
17. Conn V.S., Koopman R.J., Ruppert T.M., Phillips L.J., Mehr D.R., Hafdahl A.R. Insulin sensitivity following exercise interventions: systematic review and meta-analysis of outcomes among healthy adults. *J. Prim. Care Community Health.* 2014;5(3):211–222. <https://doi.org/10.1177/2150131913520328>
18. Lin X., Zhang X., Guo J., Roberts C.K., McKenzie S., Wu W.C., et al. Effects of exercise training on cardiorespiratory fitness and biomarkers of cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J. Am. Heart Assoc.* 2015;4(7):e002014. <https://doi.org/10.1161/JAHA.115.002014>
19. Petridou A., Nikolaidis M.G., Matsakas A., Schulz T., Michna H., Mougios V. Effect of exercise training on the fatty acid composition of lipid classes in rat liver, skeletal muscle, and adipose tissue. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2005;94(1-2):84–92. <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1294-z>
20. Fiuza-Luces C., Garatachea N., Berger N.A., Lucia A. Exercise is the real polypill. *Physiology*. 2013;28(5):330–358. <https://doi.org/10.1152/physiol.00019.2013>
21. Che L., Li D. The effects of exercise on cardiovascular biomarkers: new Insights, recent data, and applications. *Adv. Exp. Med. Biol.* 2017;999:43–53. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-4307-9\\_3](https://doi.org/10.1007/978-981-10-4307-9_3)
22. Fontana L. Interventions to promote cardiometabolic health and slow cardiovascular ageing. *Nat. Rev. Cardiol.* 2018;15(9):566–577. <https://doi.org/10.1038/s41569-018-0026-8>
23. Swift D.L., Johannsen N.M., Lavie C.J., Earnest C.P., Church T.S. The role of exercise and physical activity in weight loss and maintenance. *Progr. Cardiovasc. Dis.* 2014;56(4):441–447. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2013.09.012>
24. Duscha B.D., Slentz C.A., Johnson J.L., Houmard J.A., Bensimhon D.R., Knetzger K.J., et al. Effects of exercise training amount and intensity on peak oxygen consumption in middle-age men and women at risk for cardiovascular disease. *Chest*. 2005;128(4):2788–2793. <https://doi.org/10.1378/chest.128.4.2788>
25. Vega R.B., Konhilas J.P., Kelly D.P., Leinwand L.A. Molecular mechanisms underlying cardiac adaptation to exercise.
10. Ehrman J.K., Gordon P.M., Visich P.S., Keteyian S.J. Clinical exercise physiology. 1st ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2003.
11. Jardins T. Cardiopulmonary anatomy & physiology essentials for respiratory care. 4th ed. Clifton Park, NY: Thomson Delmar Learning; 2002.
12. Mancini D.M., Henson D., La Manca J., Donchez L., Levine S. Benefit of selective respiratory muscle training on exercise capacity in patients with chronic congestive heart failure. *Circulation*. 1995;91(2):320–329. <https://doi.org/10.1161/01.cir.91.2.320>
13. Stanford K.I., Goodyear L.J. Exercise and type 2 diabetes: molecular mechanisms regulating glucose uptake in skeletal muscle. *Adv. Physiol. Educ.* 2014;38(4):308–314. <https://doi.org/10.1152/advan.00080.2014>
14. Nystoriak M.A., Bhatnagar A. Cardiovascular Effects and Benefits of Exercise. *Front. Cardiovasc. Med.* 2018;5:135. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2018.00135>
15. Egan B., Zierath J.R. Exercise metabolism and the molecular regulation of skeletal muscle adaptation. *Cell Metab.* 2013;17(2):162–184. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2012.12.012>
16. Slentz C.A., Bateman L.A., Willis L.H., Granville E.O., Piner L.W., Samsa G.P., et al. Effects of exercise training alone vs. a combined exercise and nutritional lifestyle intervention on glucose homeostasis in prediabetic individuals: a randomised controlled trial. *Diabetologia*. 2016;59(10):2088–2098. <https://doi.org/10.1007/s00125-016-4051-z>
17. Conn V.S., Koopman R.J., Ruppert T.M., Phillips L.J., Mehr D.R., Hafdahl A.R. Insulin sensitivity following exercise interventions: systematic review and meta-analysis of outcomes among healthy adults. *J. Prim. Care Community Health.* 2014;5(3):211–222. <https://doi.org/10.1177/2150131913520328>
18. Lin X., Zhang X., Guo J., Roberts C.K., McKenzie S., Wu W.C., et al. Effects of exercise training on cardiorespiratory fitness and biomarkers of cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J. Am. Heart Assoc.* 2015;4(7):e002014. <https://doi.org/10.1161/JAHA.115.002014>
19. Petridou A., Nikolaidis M.G., Matsakas A., Schulz T., Michna H., Mougios V. Effect of exercise training on the fatty acid composition of lipid classes in rat liver, skeletal muscle, and adipose tissue. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2005;94(1-2):84–92. <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1294-z>
20. Fiuza-Luces C., Garatachea N., Berger N.A., Lucia A. Exercise is the real polypill. *Physiology*. 2013;28(5):330–358. <https://doi.org/10.1152/physiol.00019.2013>
21. Che L., Li D. The effects of exercise on cardiovascular biomarkers: new Insights, recent data, and applications. *Adv. Exp. Med. Biol.* 2017;999:43–53. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-4307-9\\_3](https://doi.org/10.1007/978-981-10-4307-9_3)
22. Fontana L. Interventions to promote cardiometabolic health and slow cardiovascular ageing. *Nat. Rev. Cardiol.* 2018;15(9):566–577. <https://doi.org/10.1038/s41569-018-0026-8>
23. Swift D.L., Johannsen N.M., Lavie C.J., Earnest C.P., Church T.S. The role of exercise and physical activity in weight loss and maintenance. *Progr. Cardiovasc. Dis.* 2014;56(4):441–447. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2013.09.012>
24. Duscha B.D., Slentz C.A., Johnson J.L., Houmard J.A., Bensimhon D.R., Knetzger K.J., et al. Effects of exercise training amount and intensity on peak oxygen consumption in middle-age men and women at risk for cardiovascular disease. *Chest*. 2005;128(4):2788–2793. <https://doi.org/10.1378/chest.128.4.2788>
25. Vega R.B., Konhilas J.P., Kelly D.P., Leinwand L.A. Molecular mechanisms underlying cardiac adaptation to exercise.

- Cell Metab. 2017;25(5):1012–1026. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2017.04.025>
26. **Stanford K.I., Goodyear L.J.** Exercise regulation of adipose tissue. *Adipocyte*. 2016;5(2):153–162. <https://doi.org/10.1080/21623945.2016.1191307>
27. **Vettor R., Valerio A., Ragni M., Trevellin E., Granzotto M., Olivieri M., et al.** Exercise training boosts eNOS-dependent mitochondrial biogenesis in mouse heart: role in adaptation of glucose metabolism. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 2014;306(5):E519–528. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00617.2013>
28. **Borges J.P., da Silva Verdoorn K.** Cardiac ischemia/reperfusion injury: the beneficial effects of exercise. *Adv. Exp. Med. Biol.* 2017;999:155–179. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-4307-9\\_10](https://doi.org/10.1007/978-981-10-4307-9_10)
29. **Kasapis C., Thompson P.D.** The effects of physical activity on serum C-reactive protein and inflammatory markers — A systematic review. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2005;45(10):1563–1569. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2004.12.077>
30. **Joki Y., Ohashi K., Yuasa D., Shibata R., Kataoka Y., Kambara T., et al.** Neuron-derived neurotrophic factor ameliorates adverse cardiac remodeling after experimental myocardial infarction. *Circ. Heart. Fail.* 2015;8(2):342–351. <https://doi.org/10.1161/CIRCHEARTFAILURE.114.001647>
31. **Irving B.A., Lanza I.R., Henderson G.C., Rao R.R., Spiegelman B.M., Nair K.S.** Combined training enhances skeletal muscle mitochondrial oxidative capacity independent of age. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2015;100(4):1654–1663. <https://doi.org/10.1210/jc.2014-3081>
32. **Konopka A.R., Suer M.K., Wolff C.A., Harber M.P.** Markers of human skeletal muscle mitochondrial biogenesis and quality control: effects of age and aerobic exercise training. *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.* 2014;69(4):371–378. <https://doi.org/10.1093/gerona/glt107>
33. **Vella C.A., Ontiveros D., Zubia R.Y.** Cardiac function and arteriovenous oxygen difference during exercise in obese adults. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2011 ;111(6):915–923. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1554-z>
34. **Tao L., Bei Y., Lin S., Zhang H., Zhou Y., Jiang J., et al.** Exercise training protects against acute myocardial infarction via improving myocardial energy metabolism and mitochondrial biogenesis. *Cell. Physiol. Biochem.* 2015;37(1):162–175. <https://doi.org/10.1159/000430342>
35. **Doenst T., Nguyen T.D., Abel E.D.** Cardiac metabolism in heart failure: implications beyond ATP production. *Circ. Res.* 2013 ;113(6):709–724. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESA-HA.113.300376>
36. **Velez M., Kohli S., Sabbah H.N.** Animal models of insulin resistance and heart failure. *Heart Fail. Rev.* 2014;19(1):1–13. <https://doi.org/10.1007/s10741-013-9387-6>
37. **Bird S.R., Hawley J.A.** Update on the effects of physical activity on insulin sensitivity in humans. *BMJ Open Sport Exerc. Med.* 2016;2(1):e000143. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2016-000143>
38. **Riehle C., Abel E.D.** Insulin signaling and heart failure. *Circ. Res.* 2016;118(7):1151–1169. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESA-HA.116.306206>
39. **Incalza M.A., D’Oria R., Natalicchio A., Perrini S., Laviola L., Giorgino F.** Oxidative stress and reactive oxygen species in endothelial dysfunction associated with cardiovascular and metabolic diseases. *Vascul. Pharmacol.* 2018;100:1–19. <https://doi.org/10.1016/j.vph.2017.05.005>
40. **Bloomer R.J., Goldfarb A.H., Wideman L., McKenzie M.J., Consitt L.A.** Effects of acute aerobic and anaerobic exer-
- Cell Metab. 2017;25(5):1012–1026. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2017.04.025>
26. **Stanford K.I., Goodyear L.J.** Exercise regulation of adipose tissue. *Adipocyte*. 2016;5(2):153–162. <https://doi.org/10.1080/21623945.2016.1191307>
27. **Vettor R., Valerio A., Ragni M., Trevellin E., Granzotto M., Olivieri M., et al.** Exercise training boosts eNOS-dependent mitochondrial biogenesis in mouse heart: role in adaptation of glucose metabolism. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 2014;306(5):E519–528. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00617.2013>
28. **Borges J.P., da Silva Verdoorn K.** Cardiac ischemia/reperfusion injury: the beneficial effects of exercise. *Adv. Exp. Med. Biol.* 2017;999:155–179. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-4307-9\\_10](https://doi.org/10.1007/978-981-10-4307-9_10)
29. **Kasapis C., Thompson P.D.** The effects of physical activity on serum C-reactive protein and inflammatory markers — A systematic review. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2005;45(10):1563–1569. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2004.12.077>
30. **Joki Y., Ohashi K., Yuasa D., Shibata R., Kataoka Y., Kambara T., et al.** Neuron-derived neurotrophic factor ameliorates adverse cardiac remodeling after experimental myocardial infarction. *Circ. Heart. Fail.* 2015;8(2):342–351. <https://doi.org/10.1161/CIRCHEARTFAILURE.114.001647>
31. **Irving B.A., Lanza I.R., Henderson G.C., Rao R.R., Spiegelman B.M., Nair K.S.** Combined training enhances skeletal muscle mitochondrial oxidative capacity independent of age. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2015;100(4):1654–1663. <https://doi.org/10.1210/jc.2014-3081>
32. **Konopka A.R., Suer M.K., Wolff C.A., Harber M.P.** Markers of human skeletal muscle mitochondrial biogenesis and quality control: effects of age and aerobic exercise training. *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.* 2014;69(4):371–378. <https://doi.org/10.1093/gerona/glt107>
33. **Vella C.A., Ontiveros D., Zubia R.Y.** Cardiac function and arteriovenous oxygen difference during exercise in obese adults. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2011 ;111(6):915–923. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1554-z>
34. **Tao L., Bei Y., Lin S., Zhang H., Zhou Y., Jiang J., et al.** Exercise training protects against acute myocardial infarction via improving myocardial energy metabolism and mitochondrial biogenesis. *Cell. Physiol. Biochem.* 2015;37(1):162–175. <https://doi.org/10.1159/000430342>
35. **Doenst T., Nguyen T.D., Abel E.D.** Cardiac metabolism in heart failure: implications beyond ATP production. *Circ. Res.* 2013 ;113(6):709–724. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESA-HA.113.300376>
36. **Velez M., Kohli S., Sabbah H.N.** Animal models of insulin resistance and heart failure. *Heart Fail. Rev.* 2014;19(1):1–13. <https://doi.org/10.1007/s10741-013-9387-6>
37. **Bird S.R., Hawley J.A.** Update on the effects of physical activity on insulin sensitivity in humans. *BMJ Open Sport Exerc. Med.* 2016;2(1):e000143. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2016-000143>
38. **Riehle C., Abel E.D.** Insulin signaling and heart failure. *Circ. Res.* 2016;118(7):1151–1169. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESA-HA.116.306206>
39. **Incalza M.A., D’Oria R., Natalicchio A., Perrini S., Laviola L., Giorgino F.** Oxidative stress and reactive oxygen species in endothelial dysfunction associated with cardiovascular and metabolic diseases. *Vascul. Pharmacol.* 2018;100:1–19. <https://doi.org/10.1016/j.vph.2017.05.005>
40. **Bloomer R.J., Goldfarb A.H., Wideman L., McKenzie M.J., Consitt L.A.** Effects of acute aerobic and anaerobic exer-

cise on blood markers of oxidative stress. *J. Strength Cond. Res.* 2005;19(2):276–285. <https://doi.org/10.1519/14823.1>

41. **Kalogeris T., Baines C.P., Krenz M., Korthuis R.J.** Cell biology of ischemia/reperfusion injury. *Int. Rev. Cell Mol. Biol.* 2012;298:229–317. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394309-5.00006-7>

42. **Olver T.D., Ferguson B.S., Laughlin M.H.** Molecular mechanisms for exercise training-induced changes in vascular structure and function: skeletal muscle, cardiac muscle, and the brain. *Prog. Mol. Biol. Transl. Sci.* 2015;135:227–257. <https://doi.org/10.1016/bs.pmbts.2015.07.017>

43. **Calvert J.W., Condit M.E., Aragon J.P., Nicholson C.K., Moody B.F., Hood R.L., et al.** Exercise protects against myocardial ischemia-reperfusion injury via stimulation of beta(3)-adrenergic receptors and increased nitric oxide signaling: role of nitrite and nitrosothiols. *Circ. Res.* 2011;108(12):1448–1458. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.111.241117>

44. **Verhaar M.C., Westerweel P.E., van Zonneveld A.J., Rabelink T.J.** Free radical production by dysfunctional eNOS. *Heart.* 2004;90(5):494–495. <https://doi.org/10.1136/hrt.2003.029405>

45. **Prior B.M., Yang H.T., Terjung R.L.** What makes vessels grow with exercise training? *J. Appl. Physiol.* 2004;97(3):1119–1128. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00035.2004>

46. **Hoier B., Hellsten Y.** Exercise-induced capillary growth in human skeletal muscle and the dynamics of VEGF. *Microcirculation.* 2014 ;21(4):301–314. <https://doi.org/10.1111/micc.12117>

47. **Cai D., Yuan M., Frantz D.F., Melendez P.A., Hansen L., Lee J., et al.** Local and systemic insulin resistance resulting from hepatic activation of IKK-beta and NF-kappaB. *Nat. Med.* 2005;11(2):183–190. <https://doi.org/10.1038/nm1166>

48. **Rogero M.M., Calder P.C.** Obesity, inflammation, toll-like receptor 4 and fatty acids. *Nutrients.* 2018;10(4):e432. <https://doi.org/10.3390/nu10040432>

49. **Liu H.W., Chang S.J.** Moderate exercise suppresses NF-kappaB signaling and activates the SIRT1-AMPK-PGC1alpha axis to attenuate muscle loss in diabetic db/db Mice. *Front. Physiol.* 2018;9:636. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00636>

50. **Lancaster G.I., Febbraio M.A.** The immunomodulating role of exercise in metabolic disease. *Trends Immunol.* 2014;35(6):262–269. <https://doi.org/10.1016/j.it.2014.02.008>

51. **Creber R.M.M., Lee C.S., Margulies K., Ellis S., Riegel B.** Exercise in heart failure and patterns of inflammation and myocardial stress over time. *Circulation.* 2014;130(2):A11902

52. **Hoffmann C., Weigert C.** Skeletal muscle as an endocrine organ: the role of myokines in exercise adaptations. *Cold Spring Harb. Perspect. Med.* 2017;7(11):a029793. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a029793>

53. **Schnyder S., Handschin C.** Skeletal muscle as an endocrine organ: PGC-1alpha, myokines and exercise. *Bone.* 2015;80:115–125. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2015.02.008>

54. **Pedersen B.K., Febbraio M.A.** Muscles, exercise and obesity: skeletal muscle as a secretory organ. *Nat. Rev. Endocrinol.* 2012;8(8):457–465. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2012.49>

55. **Mathur N., Pedersen B.K.** Exercise as a mean to control low-grade systemic inflammation. *Mediators Inflamm.* 2008;2008:109502. [10.1155/2008/109502](https://doi.org/10.1155/2008/109502)

56. **Ellingsgaard H., Hauselmann I., Schuler B., Habib A.M., Baggio L.L., Meier D.T., et al.** Interleukin-6 enhances insulin secretion by increasing glucagon-like peptide-1 secretion from L cells and alpha cells. *Nat. Med.* 2011;17(11):1481–1489. <https://doi.org/10.1038/nm.2513>

57. **Keller C., Hellsten Y., Steensberg A., Pedersen B.K.** Differential regulation of IL-6 and TNF-alpha via calcineurin in human

cise on blood markers of oxidative stress. *J. Strength Cond. Res.* 2005;19(2):276–285. <https://doi.org/10.1519/14823.1>

41. **Kalogeris T., Baines C.P., Krenz M., Korthuis R.J.** Cell biology of ischemia/reperfusion injury. *Int. Rev. Cell Mol. Biol.* 2012;298:229–317. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394309-5.00006-7>

42. **Olver T.D., Ferguson B.S., Laughlin M.H.** Molecular mechanisms for exercise training-induced changes in vascular structure and function: skeletal muscle, cardiac muscle, and the brain. *Prog. Mol. Biol. Transl. Sci.* 2015;135:227–257. <https://doi.org/10.1016/bs.pmbts.2015.07.017>

43. **Calvert J.W., Condit M.E., Aragon J.P., Nicholson C.K., Moody B.F., Hood R.L., et al.** Exercise protects against myocardial ischemia-reperfusion injury via stimulation of beta(3)-adrenergic receptors and increased nitric oxide signaling: role of nitrite and nitrosothiols. *Circ. Res.* 2011;108(12):1448–1458. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.111.241117>

44. **Verhaar M.C., Westerweel P.E., van Zonneveld A.J., Rabelink T.J.** Free radical production by dysfunctional eNOS. *Heart.* 2004;90(5):494–495. <https://doi.org/10.1136/hrt.2003.029405>

45. **Prior B.M., Yang H.T., Terjung R.L.** What makes vessels grow with exercise training? *J. Appl. Physiol.* 2004;97(3):1119–1128. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00035.2004>

46. **Hoier B., Hellsten Y.** Exercise-induced capillary growth in human skeletal muscle and the dynamics of VEGF. *Microcirculation.* 2014 ;21(4):301–314. <https://doi.org/10.1111/micc.12117>

47. **Cai D., Yuan M., Frantz D.F., Melendez P.A., Hansen L., Lee J., et al.** Local and systemic insulin resistance resulting from hepatic activation of IKK-beta and NF-kappaB. *Nat. Med.* 2005;11(2):183–190. <https://doi.org/10.1038/nm1166>

48. **Rogero M.M., Calder P.C.** Obesity, inflammation, toll-like receptor 4 and fatty acids. *Nutrients.* 2018;10(4):e432. <https://doi.org/10.3390/nu10040432>

49. **Liu H.W., Chang S.J.** Moderate exercise suppresses NF-kappaB signaling and activates the SIRT1-AMPK-PGC1alpha axis to attenuate muscle loss in diabetic db/db Mice. *Front. Physiol.* 2018;9:636. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00636>

50. **Lancaster G.I., Febbraio M.A.** The immunomodulating role of exercise in metabolic disease. *Trends Immunol.* 2014;35(6):262–269. <https://doi.org/10.1016/j.it.2014.02.008>

51. **Creber R.M.M., Lee C.S., Margulies K., Ellis S., Riegel B.** Exercise in heart failure and patterns of inflammation and myocardial stress over time. *Circulation.* 2014;130(2):A11902

52. **Hoffmann C., Weigert C.** Skeletal muscle as an endocrine organ: the role of myokines in exercise adaptations. *Cold Spring Harb. Perspect. Med.* 2017;7(11):a029793. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a029793>

53. **Schnyder S., Handschin C.** Skeletal muscle as an endocrine organ: PGC-1alpha, myokines and exercise. *Bone.* 2015;80:115–125. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2015.02.008>

54. **Pedersen B.K., Febbraio M.A.** Muscles, exercise and obesity: skeletal muscle as a secretory organ. *Nat. Rev. Endocrinol.* 2012;8(8):457–465. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2012.49>

55. **Mathur N., Pedersen B.K.** Exercise as a mean to control low-grade systemic inflammation. *Mediators Inflamm.* 2008;2008:109502. [10.1155/2008/109502](https://doi.org/10.1155/2008/109502)

56. **Ellingsgaard H., Hauselmann I., Schuler B., Habib A.M., Baggio L.L., Meier D.T., et al.** Interleukin-6 enhances insulin secretion by increasing glucagon-like peptide-1 secretion from L cells and alpha cells. *Nat. Med.* 2011;17(11):1481–1489. <https://doi.org/10.1038/nm.2513>

57. **Keller C., Hellsten Y., Steensberg A., Pedersen B.K.** Differential regulation of IL-6 and TNF-alpha via calcineurin in human

skeletal muscle cells. *Cytokine*. 2006;36(3-4):141–147. <https://doi.org/10.1016/j.cyto.2006.10.014>

58. **Seldin M.M., Peterson J.M., Byerly M.S., Wei Z., Wong G.W.** Myonectin (CTRP15), a novel myokine that links skeletal muscle to systemic lipid homeostasis. *J. Biol. Chem.* 2012;287(15):11968–11980. <https://doi.org/10.1074/jbc.M111.336834>

59. **Oshima Y., Ouchi N., Sato K., Izumiya Y., Pimentel D.R., Walsh K.** Follistatin-like 1 is an Akt-regulated cardioprotective factor that is secreted by the heart. *Circulation*. 2008;117(24):3099–3108. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.108.767673>

60. **Xi Y., Gong D.W., Tian Z.J.** FSTL1 as a Potential mediator of exercise-induced cardioprotection in post-myocardial infarction rats. *Sci. Rep.* 2016;6:32424. <https://doi.org/10.1038/srep32424>

61. **Kuang X.L., Zhao X.M., Xu H.F., Shi Y.Y., Deng J.B., Sun G.T.** Spatio-temporal expression of a novel neuron-derived neurotrophic factor (NDNF) in mouse brains during development. *BMC Neurosci.* 2010;11:137. <https://doi.org/10.1186/1471-2202-11-137>

62. **Matthews V.B., Astrom M.B., Chan M.H.S., Bruce C.R., Krabbe K.S., Prelovsek O., et al.** Brain-derived neurotrophic factor is produced by skeletal muscle cells in response to contraction and enhances fat oxidation via activation of AMP-activated protein kinase. *Diabetologia*. 2009;52(7):1409–1418. <https://doi.org/10.1007/s00125-009-1364-1>

63. **Anderson L., Thompson D.R., Oldridge N., Zwisler A.D., Rees K., Martin N., et al.** Exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2016;(1):CD001800. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001800.pub3>

skeletal muscle cells. *Cytokine*. 2006;36(3-4):141–147. <https://doi.org/10.1016/j.cyto.2006.10.014>

58. **Seldin M.M., Peterson J.M., Byerly M.S., Wei Z., Wong G.W.** Myonectin (CTRP15), a novel myokine that links skeletal muscle to systemic lipid homeostasis. *J. Biol. Chem.* 2012;287(15):11968–11980. <https://doi.org/10.1074/jbc.M111.336834>

59. **Oshima Y., Ouchi N., Sato K., Izumiya Y., Pimentel D.R., Walsh K.** Follistatin-like 1 is an Akt-regulated cardioprotective factor that is secreted by the heart. *Circulation*. 2008;117(24):3099–3108. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.108.767673>

60. **Xi Y., Gong D.W., Tian Z.J.** FSTL1 as a Potential mediator of exercise-induced cardioprotection in post-myocardial infarction rats. *Sci. Rep.* 2016;6:32424. <https://doi.org/10.1038/srep32424>

61. **Kuang X.L., Zhao X.M., Xu H.F., Shi Y.Y., Deng J.B., Sun G.T.** Spatio-temporal expression of a novel neuron-derived neurotrophic factor (NDNF) in mouse brains during development. *BMC Neurosci.* 2010;11:137. <https://doi.org/10.1186/1471-2202-11-137>

62. **Matthews V.B., Astrom M.B., Chan M.H.S., Bruce C.R., Krabbe K.S., Prelovsek O., et al.** Brain-derived neurotrophic factor is produced by skeletal muscle cells in response to contraction and enhances fat oxidation via activation of AMP-activated protein kinase. *Diabetologia*. 2009;52(7):1409–1418. <https://doi.org/10.1007/s00125-009-1364-1>

63. **Anderson L., Thompson D.R., Oldridge N., Zwisler A.D., Rees K., Martin N., et al.** Exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2016;(1):CD001800. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001800.pub3>

#### Информация об авторах:

**Яковлев Максим Юрьевич**, к.м.н., руководитель центра организации медицинской реабилитации ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 121099, Москва, ул. Новый Арбат, 32. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5260-8304>

**Лебедева Ольга Даниловна\***, д.м.н., главный научный сотрудник, профессор кафедры физической терапии и медицинской реабилитации ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 121099, Москва, ул. Новый Арбат, 32. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4435-2273>

**Владимирский Владимир Евгеньевич**, д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 614068, Россия, Пермь, ул. Плеханова, 36.

**Владимирский Евгений Владимирович**, д.м.н., заведующий кафедрой факультетской терапии №1, ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 614068, Россия, Пермь, ул. Плеханова, 36. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4199-1931>

**Лунина Анна Николаевна**, ассистент, ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 614068, Россия, Пермь, ул. Плеханова, 36.

#### Information about the authors:

**Maxim Yu. Yakovlev**, Ph.D. (Medicine), Head of National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology of the Ministry of Health of the Russian Federation, 32, Novy Arbat str., Moscow, 121099, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5260-8304>

**Olga D. Lebedeva\***, M.D., D.Sc. (Medicine), Leading Researcher, Professor of the Department of Physiotherapy and Reflexology of National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology of the Ministry of Health of the Russian Federation, 32, Novy Arbat str., Moscow, 121099, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4435-2273>

**Vladimir E. Vladimirsky**, D.Sc. (Medicine), Professor, Perm State Medical University named after Academician E.A. Wagner, 36, Plexanov str., Perm, 614068, Russia.

**Evgeniy V. Vladimirsky**, D.Sc. (Medicine), Head of the Department of Faculty Therapy No. 1, Perm State Medical University named after Academician E.A. Wagner, 36, Plexanov str., Perm, 614068, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4199-1931>

**Anna N. Lunina**, Assistant, Perm State Medical University named after Academician E.A. Wagner, 36, Plexanov str., Perm, 614068, Russia.

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author



<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.4>

УДК 615.216.5

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original article



## Клинические исследования специализированного продукта спортивного питания «Гемоспорт» для регулирования уровня гемоглобина у девочек-подростков, профессионально занимающихся спортом

Э.С. Токаев<sup>1</sup>, Е.А. Некрасов<sup>1</sup>, И.С. Краснова<sup>2</sup>, А.А. Хасанов<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> ООО «АКАДЕМИЯ-Т», Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** клиническая оценка эффективности разработанного специализированного продукта спортивного питания для регулирования уровня гемоглобина у девочек-подростков, профессионально занимающихся спортом.

**Материалы и методы:** во время учебно-тренировочного сбора обследованы 23 девушки — спортсменки различной спортивной специализации. У них определяли клинические показатели крови, общий ее анализ и биохимические показатели, затем оценивали физическую выносливость и работоспособность.

**Результаты:** разработанный продукт «Гемоспорт» продемонстрировал эффективность по большинству исследуемых параметров в основной группе по сравнению с контрольной группой. Позитивная динамика большинства исследуемых показателей выявила общую тенденцию к улучшению состояния жизненно важных органов и систем организма спортсменок основной группы, повышения их адаптационных возможностей и вегетативного баланса.

**Выводы:** проведенные клинические исследования специализированного продукта «Гемоспорт» позволяют его рекомендовать в практике спортивного питания девушек 12–17 лет, профессионально занимающихся спортом, для компенсации железодефицитной алиментарной недостаточности, специфичной для данной группы спортсменок, а также для повышения эффективности и результативности их тренировок.

**Ключевые слова:** клинические исследования, гемоглобин, спортивное питание, работоспособность, выносливость

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Токаев Э.С., Некрасов Е.А., Краснова И.С., Хасанов А.А. Клинические исследования специализированного продукта спортивного питания «Гемоспорт» для регулирования уровня гемоглобина у девочек-подростков, профессионально занимающихся спортом. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(1):47–55. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.4>

Поступила в редакцию: 22.11.2021

Принята к публикации: 15.02.2022

Online first: 15.03.2022

Опубликована: 30.04.2022

\*Автор, ответственный за переписку

## Clinical researches of a specialized sports nutrition product “Hemosport” for the regulation of hemoglobin levels in adolescent girls who are professionally involved in sports

Enver S. Tokaev<sup>1</sup>, Evgeniy A. Nekrasov<sup>1</sup>, Irina S. Krasnova<sup>2</sup>, Adam A. Khasanov<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> LLC “ACADEMY-T”, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Moscow State University of Food Production, Moscow, Russia

### ABSTRACT

**The aim** of the research was a clinical assessment of the effectiveness of the developed specialized sports nutrition product for regulating the level of hemoglobin in adolescent girls professionally involved in sports.

**Materials and methods:** 23 girls — athletes of various sports specialization were researched during a training camp. The athletes were determined by the clinical parameters of blood, its general analysis and biochemical parameters, then the physical endurance and performance were assessed.

**Results:** the developed product “Hemosport” demonstrated efficiency in most of the researched parameters in the main group compared with the control. The positive dynamics of most of the researched indicators revealed a general tendency to improve the state of vital organs and systems of the body of athletes of the main group, to increase their adaptive capabilities and vegetative balance.

**Conclusions:** clinical studies of the specialized product “Hemosport” allow it to be recommended in the practice of sports nutrition for adolescent girls of 12–17 years old who are professionally involved in sports to compensate for iron deficiency nutritional deficiencies specific for this group of athletes, as well as to increase the efficiency and effectiveness of their training.

**Keywords:** clinical researches, hemoglobin, sports nutrition, performance, endurance

**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interest.

**For citation:** Tokaev E.S., Nekrasov E.A., Krasnova I.S., Khasanov A.A. Clinical researches of a specialized sports nutrition product “Hemosport” for the regulation of hemoglobin levels in adolescent girls who are professionally involved in sports. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(1):47–55. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.4>

**Received:** 22 November 2021

**Accepted:** 15 February 2022

**Online first:** 15 March 2022

**Published:** 30 April 2022

\*Corresponding author

### 1. Введение

Состояние здоровья спортсмена — один из основных факторов, который в сочетании с физической и психологической подготовкой определяет достижение высоких результатов в спорте. Соответственно современным представлениям о состоянии здоровья спортсмена, одна из важных ролей отводится содержанию железа в организме. Железо является составной частью гемоглобина, участвует в транспорте кислорода, входит в состав цитохромов дыхательной цепи, участвует в процессе аэробного образования энергии и работе иммунной системы.

Вместе с тем статистика практически всех стран мира отмечает широкое распространение железодефицитной анемии в детско-юношеской популяции, в том числе и детско-юношеском спорте, особенно среди девочек в возрасте 12–17 лет [3].

Уменьшение количества железа в организме (в тканевых депо, сыворотке крови и костном мозге) приводит к нарушению образования гемоглобина и снижению темпов его синтеза, накоплению свободного протопорфирина в эритроцитах, развитию гипохромной анемии и трофическим расстройствам в органах и тканях. Снижение активности целого ряда железосодержащих энзиматических систем приводит к нарушению клеточного и тканевого метаболизма [8].

Истинная распространенность железодефицитных анемий в детской популяции, по данным разных авторов, составляет от 3,8 до 76 %. В группы риска развития анемии помимо детей, подростков и женщин репродуктивного возраста входят также и профессиональные спортсмены [1, 4, 5]. Зарубежные специалисты приводят данные, согласно которым распространенность железодефицитных анемий среди профессиональных спортсменов-мужчин достигает 24 %, среди женщин — 42 % [6, 7].

Наиболее часто анемии встречаются у спортсменов, специализирующихся в видах спорта с проявлением выносливости, с длительными аэробными

и аэробно-анаэробными нагрузками [2]. По поводу причин анемии у спортсменов высказываются самые различные точки зрения: гемолиз эритроцитов в капиллярах нижних конечностей (в основном у бегунов), повышенная деструкция эритроцитов в результате увеличения их хрупкости, системные изменения обмена белка в ответ на дополнительные нагрузки. Однако большинство специалистов считает, что основной причиной анемических состояний у спортсменов является дефицит железа, причинами которого могут быть диета с дефицитом железа, снижение всасывания железа, потери с мочой и особенно через кожу с потом при длительных и интенсивных физических нагрузках. Микротравмы при спортивной деятельности, менометроррагии у спортсменок также являются причинами дефицита железа. В процессе спортивной деятельности происходит рост мышечной массы, объема крови, повышается активный синтез железосодержащих белков: гемоглобина, миоглобина, цитохромов, железозависимых дегидрогеназ. Все эти факторы приводят к тому, что потребность в железе у спортсменов может быть повышена почти в два раза по сравнению с физически малоактивными людьми. К специфическим факторам, приводящим к нарушению обмена железа в организме, можно отнести также интенсивное снижение веса, к которому нередко прибегают спортсмены в отдельных видах спорта. Длительное и нерациональное применение препаратов кальция и цинка, избыточное поступление которых в организм подавляет усвоение железа из пищи, также может способствовать развитию анемии.

Наличие специфических причин дефицита железа, связанных с профессиональной деятельностью спортсменов, привело к возникновению понятия «спортивная анемия». Однако в каждом случае возникновения анемии у спортсменов в первую очередь следует исключить причины, не связанные с напряженной мышечной деятельностью (микрочувствительности при нераспознанных заболеваниях, очаги хронической инфекции и др.).

Учитывая физиологическую значимость железа для организма человека, нарушения его обмена у спортсмена имеют негативные последствия в отношении его профессиональных возможностей. При дефиците железа уже на ранних этапах отмечается угнетение аэробного энергообразования в тканях на фоне гемической гипоксии. В результате снижаются физическая работоспособность, в основном по аэробным характеристикам, тонус скелетной мускулатуры, возможности восстановления. В дальнейшем происходит нарушение адаптации к экстремальным нагрузкам ряда физиологических систем организма, развиваются иммунодефицитные состояния.

Лечение должно быть комплексным и нацеленным не только на устранение анемии как симптома, но и на ликвидацию дефицита железа и восполнение его запасов в организме.

Необходимо обогатить рацион подростка продуктами — основными источниками железа. При этом имеет значение не только количество железа в конкретном продукте, но и степень его всасывания, и возможность усвоения организмом. Показано сочетать пищу, богатую железом, с пищей с высоким содержанием витамина С.

Когда анемия уже развилась, ее нельзя вылечить только диетой. Железодефицитная анемия лечится препаратами железа. Необходимо учитывать, что в кишечнике легче всасывается двухвалентное железо. Для усвоения трехвалентного железа необходима соляная кислота желудочного сока и витамин С.

Выбору препарата для коррекции ЖДА уделяют особое значение, поскольку длительность лечения может составлять от нескольких недель до нескольких месяцев. При этом важны не только терапевтическая эффективность, но и переносимость, отсутствие побочных эффектов и осложнений, приверженность к проводимой терапии. В этой связи актуальными являются разработка и создание наиболее эффективных продуктов специализированного спортивного питания для регулирования уровня гемоглобина при железодефицитной анемии, а также их клиническая апробация и разработка рекомендаций по их применению.

В связи с этим целью исследований была клиническая оценка эффективности разработанного специализированного продукта спортивного питания для регулирования уровня гемоглобина у девочек-подростков, профессионально занимающихся спортом.

## 2. Материалы и методы

Обследование проводили в ходе действующего учебно-тренировочного сбора на базе Училища олимпийского резерва № 2 г. Москвы.

Общее число обследуемых составило 23 человека (все женщины) в возрасте от 14 до 18 лет (средний возраст  $15,8 \pm 1,2$  года). Специализация обследованных спортсменок — гребля (9), триатлон (7), тяжелая атлетика (2), пулевая стрельба (3), лыжные гонки (2). По возрасту, росту и весу группы сопоставимы (табл. 1).

Спортивная квалификация испытуемых давала возможность распределить их методом открытых конвертов на две рандомизированные группы, одна из которых (1-я группа, основная), принимала тестируемый продукт по 3 капсулы 2 раза в сутки, а вторая (контрольная) — принимала плацебо. Тестируемым продуктом являлся «Гемоспорт», разработанный ООО «АКАДЕМИЯ-Т» в виде порошка, расфасованного в капсулы. В его состав входили активные компоненты: гемоглобин бычий, концентрат белка молочной сыворотки, ретинола ацетат,  $\alpha$ -токоферола ацетат, пиридоксина гидрохлорид, цианокобаламин, фолиевая кислота и аскорбиновая кислота.

Все спортсмены находились на учебно-тренировочном сборе, что обеспечивало практически одинаковые условия режима нагрузок и восстановления, стандартный рацион питания

Перед началом исследований в контрольной и основной группах фиксировали фоновые (исходные) показатели: температуру тела, частоту дыхания, артериальное давление, сердечные сокращения, водные секторы организма, тощую и жировую массу тела, оценивали вариабельность сердечного ритма, внешнее дыхание, потребление кислорода, клинический анализ крови и ее биохимические показатели.

Клинические исследования крови включали данные о количестве всех ее форменных элементов, их морфологические особенности, СОЭ, содержание гемоглобина, цветной показатель, гематокрит, соотношение различных видов лейкоцитов и др. (гемограмма).

Биохимический анализ крови включал определение содержания ферритина и сывороточного железа в крови, а также определение железа в моче.

После снятия исходных тестируемых показателей оценивали физическую выносливость и работоспособность нагрузочным тестом на велоэргометре — ступенчато возрастающей нагрузкой до отказа, период восстановления составлял 5 минут. Определяли порог аэробного и анаэробного обмена, МПК (с помощью непрямой калориметрии и определения содержания лактата крови). Далее через 40 минут оценивали анаэробную работоспособность нагрузочным тестом на велоэргометре MONARK 894E (30-секундный тест Wingate). Основными показателями были время выполнения нагрузки ( $T_m$ ), время наступления ПАНО (порога

Таблица 1

### Демографические показатели

Table 1

#### Demographic indicators

№	Показатель	1-я группа, N = 12, M ± σ	2-я группа, N = 11, M ± σ
1	Рост, см	165,9 ± 6,1	172,3 ± 5,0
2	Вес, кг	57,66 ± 5,54	64,83 ± 16,49
3	Возраст, лет	15,9 ± 1,0	15,8 ± 1,2

анаэробного обмена) и максимальное потребление кислорода (МПК).

Участовавшие в исследовании спортсмены продолжали обычный режим деятельности. Питание обследуемых в течение всего 21-дневного срока не менялось по сравнению с исходным периодом.

Тестовые исследования в контрольной и основной сериях проводились в «нулевой» день обследования — до начала приема тестируемого продукта спортивного питания, а также на 21-й день.

Статистическая обработка результатов исследования выполнена методами параметрической и непараметрической статистики с помощью программы Statistica 5,1 для Windows (Stat Soft Inc., США). По коэффициенту корреляции Pearson оценивали силу связи между переменными. Достоверность различий между полученными показателями оценивали по *t*-критерию Стьюдента ( $p < 0,05$ ).

### 3. Результаты исследований

Результаты исследований основных показателей функционального состояния приведены в таблицах 2 и 3.

Представленные данные о динамике клинических показателей свидетельствуют об отсутствии выраженных нарушений у спортсменов обеих групп до проведения исследования. Через 21 день динамика клинических показателей существенных изменений не претерпевала и достоверной разницы между группами не выявлено.

При оценке общего анализа крови у спортсменов 1-й группы прослеживалась тенденция к снижению ряда показателей (гемоглобин —  $121,4 \pm 3,31$  г/л, количество эритроцитов —  $(3,47 \pm 0,25) \times 10^{12}$ /л, тромбоцитов и др.) относительно нормы, что можно рассматривать

как начальные признаки анемии. На фоне приема продукта в общеклиническом анализе крови отмечено увеличение в 1-й группе, по сравнению со 2-й группой таких показателей, как количество эритроцитов до  $4,52 \pm 0,43 \times 10^{12}$ /л ( $p > 0,05$ ) и гемоглобина до  $139,27 \pm 4,38$  г/л ( $p > 0,05$ ), среднего содержания гемоглобина в эритроцитах до  $35,9 \pm 2,1$  фл, средней концентрации гемоглобина в эритроцитах на 5–6 %, а также содержания лимфоцитов и тромбоцитов.

В таблице 4 представлены данные по изменению содержания железа до и после приема препарата.

Несмотря на то что достоверные данные о железодефицитном характере анемии отсутствовали, содержание железа в опытной группе ближе к нижней границы нормы: повышение ЖСС  $69,9 \pm 3,4$  мкмоль/л, невысокий уровень железа —  $823,3 \pm 50,3$  мкг/л.

Наряду с увеличением гемоконцентрационных показателей и количества форменных элементов крови на 21-е сутки приема препарата выявлено также снижение ЖСС до  $62,6 \pm 2,7^*$  мкмоль/л, повышение содержания ферритина до  $39,2 \pm 2,18^*$  мкг/л и увеличение содержания железа до  $1793,5 \pm 42,3$  мкг/л, что свидетельствует о повышении адаптационных возможностей организма к физическим нагрузкам в гипоксических условиях.

Анализ результатов исследования функции внешнего дыхания (табл. 5) показал, что на фоне приема продукта у спортсменов 1-й группы отмечается существенное увеличение ЖЕЛ с 1,68 до 4,34 л, ОФВ с 1,67 до 4,33 л/сек, при этом сохраняется достаточно высокий тест Тиффно (82 %) с тенденцией к росту до 95 % к 21-м суткам.

В целом полученные результаты функции внешнего дыхания свидетельствуют о повышении как функциональных возможностей, так и функциональных

Таблица 2

#### Динамика клинических показателей

Table 2

#### Dynamics of clinical indicators

№	Показатель	1-я группа, N = 12, M ± σ		2-я группа, N = 11, M ± σ	
		до начала приема препарата	21-е сутки приема препарата	до начала приема препарата	21-е сутки приема препарата
1	Температура тела, °C	36,4 ± 0,2	36,3 ± 0,1	36,3 ± 0,2	36,3 ± 0,1
2	ЧДД, в 1 мин.	11,7 ± 4,1	14,4 ± 2,9	11,9 ± 3,51	14,7 ± 3,5
3	АД диаст, мм рт. ст.	66 ± 6	67 ± 6	71 ± 8	71 ± 8
4	АД сист, мм рт. ст.	109 ± 8	103 ± 13	114 ± 7	106 ± 11
5	ЧСС, уд. в 1 мин.	59,2 ± 8,7	60,5 ± 10,9	53,6 ± 6,1	61,2 ± 5,3
6	Вес, кг	57,33 ± 5,48	57,66 ± 5,54	64,83 ± 16,49	65,06 ± 17,17
7	ИМТ	20,4 ± 1,2	20,9 ± 1,4	22,3 ± 5,3	21,9 ± 5,8
8	Тощая масса тела, кг	43,39 ± 4,05	44,34 ± 4,42	47,95 ± 8,78	48,90 ± 8,04
9	Жировая масса тела, кг	12,94 ± 2,27	13,35 ± 2,37	16,91 ± 7,86	16,16 ± 9,61
10	$p >$ или $< 0,05$		$> 0,05^*$		$> 0,05^{**}$

Примечание: \*  $p >$  или  $< 0,05$  по отношению к началу приема препарата;

\*\*  $p >$  или  $< 0,05$  между группами.

Note: \*  $p >$  or  $< 0.05$  in relation to the start of the drug use;

\*\*  $p >$  or  $< 0.05$  between groups.

Таблица 3

**Общий анализ крови**

Table 3

**General blood analysis**

№	Показатель	1-я группа, N = 12, M ± σ		2-я группа, N = 11, M ± σ	
		до начала приема препарата	21-е сутки приема препарата	до начала приема препарата	21-е сутки приема препарата
1	Эритроциты, ×10 <sup>12</sup> /л	3,47 ± 0,25	4,52 ± 0,43*	4,55 ± 0,26	4,68 ± 0,20
2	Гемоглобин, г/л	121,4 ± 3,31	139,27 ± 4,38*	135,3 ± 6,1	137,5 ± 3,8**
3	Гематокрит, %	35,5 ± 1,5	41,4 ± 3,1*	40,1 ± 1,6	41,3 ± 2,1
4	Ширина распределения эритроцитов	14,2 ± 1,1	14,3 ± 1,2	13,8 ± 0,7	13,5 ± 0,6**
5	Средний объем эритроцитов	85 ± 4	90 ± 5*	89 ± 5	89 ± 5
6	Среднее содержание гемоглобина в эритроцитах, фл	30,0 ± 2,0	35,9 ± 2,1*	29,8 ± 2,1	28,4 ± 1,9**
7	Средняя концентрация гемоглобина в эритроцитах	339,6 ± 7,3	356,4 ± 6,5*	336,2 ± 5,8	332,4 ± 4,3**
8	Тромбоциты ×10 <sup>9</sup> /л	212,7 ± 48,9	293,5 ± 50,6*	265,7 ± 66,4	285,3 ± 58,2**
9	Средний объем тромбоцитов	8,1 ± 0,6	8,0 ± 0,5	8,4 ± 0,6	8,6 ± 1,0
10	Распределение тромбоцитов по объему	16 ± 0	16 ± 0	17 ± 0	16 ± 2
11	Тромбокрит	0,23 ± 0,04	0,23 ± 0,04	0,22 ± 0,05	0,25 ± 0,06
12	Лейкоциты	5,8 ± 1,7	5,4 ± 1,0	6,9 ± 2,1	6,5 ± 1,1
13	Нейтрофилы	58,1 ± 8,4	54,4 ± 4,5	54,5 ± 9,5	52,7 ± 8,5
14	Эозинофилы	2,3 ± 1,4	1,8 ± 0,9	2,3 ± 1,6	2,2 ± 1,1
15	Базофилы	0,8 ± 0,2	0,8 ± 0,5	0,7 ± 0,3	0,7 ± 0,4
16	Лимфоциты, %	35,6 ± 6,8	34,8 ± 4,2	34,5 ± 8,8	36,1 ± 8,9
17	Моноциты	8,3 ± 2,0	9,3 ± 1,3	8,0 ± 1,8	8,3 ± 1,8
18	СОЭ	4 ± 4	4 ± 3	5 ± 3	8 ± 4

Примечание: \* p > или < 0,05 по отношению к началу приема препарата;

\*\* p > или < 0,05 между группами.

Note: \* p > or < 0.05 in relation to the start of the drug use;

\*\* p > or < 0.05 between groups.

Таблица 4

**Изменения содержания железа в крови**

Table 4

**Changes in the iron content in the blood**

№	Показатель	1-я группа, N = 12, M ± σ		2-я группа, N = 11, M ± σ	
		до начала приема препарата	21-е сутки приема препарата	до начала приема препарата	21-е сутки приема препарата
1	ЖСС, мкмоль/л	69,9 ± 3,4	62,6 ± 2,7*	63,8 ± 6,8	64,2 ± 6,4
2	Ферритин, мкг/л	33,7 ± 2,71	39,2 ± 2,18*	34,54 ± 3,24	32,04 ± 5,14
3	Fe (железо), мкг/л	823,3 ± 50,3	1793,5 ± 42,3*	1560,8 ± 52,5	1498,9 ± 44,3**
4	p > или < 0,05		< 0,05		< 0,05

способностей системы внешнего дыхания, а также работоспособности дыхательного центра у спортсменов, получавших испытуемый продукт.

Для оценки степени адаптации сердечно-сосудистой системы к физическим и психоэмоциональным нагрузкам на фоне приема разработанного продукта спортивного питания и коррекции анемии использовали

метод оценки вариабельности сердечного ритма (метод ВСР) (табл. 6). Метод позволяет определить индекс вегетативного равновесия (ИВР), показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР), индекс напряжения регуляторных систем (ИН), вегетативный показатель ритма (ВПР). Индекс вегетативного равновесия показывает соотношение влияния на сердечно-сосудистую

Таблица 5

## Функция внешнего дыхания

Table 5

## External respiration function

Показатель	1-я группа, N = 12, M ± σ		2-я группа, N = 11, M ± σ	
	До начала приема препарата	21-е сутки приема препарата	До начала приема препарата	21-е сутки приема препарата
ЖЕЛ	1,68 ± 0,25	4,34 ± 0,96* **	1,96 ± 1,19	2,12 ± 1,08
ОФВ	1,67 ± 0,09	4,33 ± 0,88* **	1,65 ± 0,83	2,02 ± 0,78
ТТ	80,36 ± 10,68	95,91 ± 7,11* **	82,20 ± 7,13	82,10 ± 8,23

Примечание: \*  $p < 0,05$  по отношению к 1-му дню;

\*\*  $p < 0,05$  по отношению ко 2-й группе на 21-е сутки.

Note: \*  $p < 0.05$  in relation to 1 day;

\*\*  $p < 0.05$  in relation to the 2nd group on the 21st day.

Таблица 6

## Оценка вариабельности сердечного ритма

Table 6

## Assessment of heart rate variability

№	Показатель	1-я группа, N = 12, M ± σ		2-я группа, N = 11, M ± σ	
		до начала приема препарата	21-е сутки приема препарата	до начала приема препарата	21-е сутки приема препарата
1	ЧСС	63 ± 9	67 ± 11	60 ± 10	65 ± 11
2	ИВР — индекс вегетативного равновесия	85,3 ± 5,0	136,6 ± 9,1*	85,0 ± 39,4	84,4 ± 53,5
3	ВПР — вегетативный показатель ритма	0,34 ± 0,08	0,32 ± 0,09	0,35 ± 0,12	0,37 ± 0,09
4	ПАПР — показатель адекватности процессов регуляции	25,4 ± 10,7	37,6 ± 20,7*	26,3 ± 8,2	26,6 ± 10,3
5	ИН — индекс напряженности	87,2 ± 78,6	47,6 ± 36,8	44,2 ± 22,2	48,2 ± 33,7
6	A — уровень адаптации к физическим нагрузкам	68,5 ± 2,4	79,9 ± 2,1*	83,5 ± 1,4	77,2 ± 1,9
7	B — уровень тренированности организма	78,1 ± 2,7	91,9 ± 1,5	94,3 ± 1,0	94,5 ± 6,1
8	C — уровень энергетического обеспечения	69,3 ± 2,0	81,7 ± 2,2*	75,2 ± 1,2	74,1 ± 2,0
9	D — психоэмоциональное состояние	74,5 ± 1,6	59,3 ± 2,2	75,3 ± 1,5	74,5 ± 2,1
10	Health — интегральный показатель спортивной формы	78,1 ± 17	85,1 ± 2,3*	72,3 ± 1,1	79,4 ± 1,7

Примечание: \*  $p < 0,05$  по отношению к исходным показателям;

\*\*  $p < 0,05$  между группами.

Note: \*  $p < 0.05$  in relation to baseline;

\*\*  $p < 0.05$  between groups.

систему симпатической и парасимпатической систем. Показатель адекватности процессов регуляции позволяет определить влияние на синусовый узел симпатического отдела. Вегетативный показатель ритма отражает баланс регуляции работы сердечно-сосудистой системы со стороны симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы. Индекс напряжения указывает на степень влияния нервной системы, работу сердца.

Представленные результаты продемонстрировали суммарный положительный эффект воздействия на сердечный ритм на всех уровнях регуляции после проведения коррекции анемии разработанным продуктом и свидетельствуют о повышении адаптационного потенциала и физической тренированности. Высокие значения

индекса вегетативного равновесия (ИВР), показателя адекватности процессов регуляции (ПАПР), индекса напряжения регуляторных систем (ИН), вегетативного показателя ритма (ВПР) отражают хорошее функциональное состояние сердечно-сосудистой системы. Большой вклад в рост показателей ВСР осуществлялся за счет роста показателя активности центрального контура регуляции, также оказывают влияние значения показателя активности как парасимпатического отдела центральной нервной системы, так и симпатического. При этом сохраняется баланс вегетативной нервной системы без нарастания симпатико-адреналовой активности, что свидетельствует о повышении функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы. Следует отметить, что рост показателей уровня адаптации

Таблица 7

**Нагрузочный тест на велоэргометре**

Table 7

**Stress test on a bicycle ergometer**

Показатель	1-я группа, N = 12, M ± σ		2-я группа, N = 11, M ± σ	
	до начала приема препарата	21-е сутки приема препарата	до начала приема препарата	21-е сутки приема препарата
PWC150, Вт	160,0 ± 46,6	187,3 ± 55,0	163,5 ± 41,6	169,0 ± 34,0
T <sub>м</sub>	8,73 ± 2,90	12,36 ± 2,47	8,33 ± 2,11	9,65 ± 2,18
ПАНО	128,4 ± 11,8	159,4 ± 8,5	141,6 ± 11,5	132,1 ± 13,8*
ПАО	114,2 ± 13,3	108,8 ± 9,8*	112,9 ± 7,1	101,4 ± 10,7*
МПК	27,44 ± 3,99	38,43 ± 3,10	27,64 ± 4,21	27,79 ± 5,13

Примечание: \*  $p < 0,05$  по отношению к первым суткам.

Note: \*  $p < 0.05$  in relation to the first day.

к физическим нагрузкам, уровня тренированности организма, уровня энергетического обеспечения, а также интегрального показателя спортивной формы свидетельствует об увеличении активности центральных эрготропных и гуморально-метаболических механизмов регуляции сердечного ритма.

Отмечается рост показателя активности парасимпатической нервной системы, отражающий восстановительные процессы организма на фоне корригирующей терапии железодефицитной анемии разработанным продуктом «Гемоспорт».

Физическую выносливость и работоспособность оценивали с помощью нагрузочного теста на велоэргометре — ступенчато возрастающей нагрузкой до отказа, с периодом восстановления 5 минут. Полученные результаты приведены в таблице 7.

Как следует из таблицы 7, проба PWC, характеризующая физическую работоспособность, у спортсменов 1-й группы на фоне приема разработанного продукта на всех этапах была выше, чем у спортсменов 2-й группы.

О повышении уровня физической работоспособности свидетельствовало также увеличение времени выполнения нагрузки ( $T_m$ ) в 1-й группе на 41,5 % по сравнению со 2-й (15,8 %). Следует отметить, что и изменение МПК в 1-й группе было значительно выше (40,1 %), чем во 2-й (0,7 %), что свидетельствует о более высокой физической работоспособности у спортсменов из 1-й группы. Значения показателей ПАНО и ПАО в 1-й группе на всех этапах превышали таковые во 2-й группе.

Далее оценивали анаэробную работоспособность нагрузочным тестом — 30-секундный тест Вингейта — и концентрацию лактата в крови после теста (таблицы 8, 9).

Из данных таблицы 8 видно, что в первой группе отмечено повышение физической работоспособности, удлинение времени выполнения нагрузки на фоне применения разработанного продукта. После приема тестируемого препарата «Гемоспорт» достоверно увеличились значения максимальной, средней и относительной анаэробной мощности, при этом индекс усталости снизился до 45,45 %. Во 2-й группе, принимавшей плацебо,

Таблица 8

**30 секунднй тест Вингейта**

Table 8

**Wingate's 30 second test**

Показатель	1-я группа, N = 12, M ± σ		Плацебо, N = 11, M ± σ	
	до начала приема препарата	21-е сутки приема препарата	до начала приема препарата	21-е сутки приема препарата
Максимальная анаэробная мощность	700,0 ± 42,3	902,5 ± 78,8*	737,1 ± 256,7	715,5 ± 277,8
Средняя анаэробная мощность	485,5 ± 40,2	537,5 ± 72,6*	521,3 ± 14,2	555,9 ± 21,7
Относительная анаэробная мощность	7,16 ± 0,76	7,79 ± 0,62*	6,86 ± 1,07	7,6 ± 1,12
Индекс усталости, %	54,09 ± 5,86	45,45 ± 3,05*	52,10 ± 12,44	58,80 ± 10,03

Примечание: \*  $p < 0,05$  по отношению к первым суткам.

Note: \*  $p < 0.05$  in relation to the first day.

Таблица 9

## Концентрация лактата после теста Вингейта

Table 9

## Lactate concentration after Wingate test

Показатель	1-я группа, N = 12, M ± σ		2-я группа, N = 11, M ± σ	
	до начала приема препарата	21-е сутки приема препарата	до начала приема препарата	21-е сутки приема препарата
1-я проба, 3 мин.	10,30 ± 2,86	8,47 ± 1,13	10,69 ± 2,63	12,10 ± 1,24
2-я проба, 6 мин.	9,10 ± 2,98	6,91 ± 1,09*	11,78 ± 2,75	11,32 ± 2,78
3-я проба, 9 мин.	8,83 ± 3,58	5,34 ± 1,57*	11,52 ± 2,64	12,30 ± 2,35
4-я проба, 12 мин.	7,96 ± 3,50	3,68 ± 1,52*	10,59 ± 2,67	10,62 ± 1,85
5-я проба, 15 мин.	6,77 ± 3,34	2,43 ± 0,98*	9,69 ± 2,72	9,37 ± 2,31

Примечание: \*  $p < 0,05$  по отношению к первым суткам.

Note: \*  $p < 0.05$  in relation to the first day.

отмечено снижение значения максимальной анаэробной мощности и увеличение средней и относительной анаэробной мощности. При этом в отличие от опытной группы, в контрольной выявлено увеличение значения индекса усталости, что свидетельствует о менее эффективном энергообеспечении контрольной группы.

Данные исследований концентрации лактата в крови коррелируются с данными теста Вингейта. Выявлено, что концентрация лактата в пяти пробах после теста Вингейта на этапах исследования у спортсменов 1-й группы была ниже, чем у спортсменов 2-й группы, а индекс усталости в 1-й группе не превышал 54 %, тогда как во 2-й группе достигал 57 %.

#### 4. Выводы

Результаты проведенных исследований показали, что разработанный продукт «Гемоспорт» продемон-

#### Вклад авторов:

**Токаев Энвер Саидович** — редактирование, утверждение финальной версии статьи.

**Некрасов Евгений Александрович** — сбор и обработка материала.

**Краснова Ирина Станиславовна** — статистическая обработка данных.

**Хасанов Адам Алиевич** — сбор и обработка материалов.

#### Список литературы

1. Дурманов Н.Д., Филимонов А.С. Диагностика и коррекция нарушений обмена железа в спорте высших достижений. Методические рекомендации для врачей клубов. Москва; 2010.
2. Жемойтяк В.А., Ткач Н.В., Лобановская Е.Н., Максимчик Н.И. Распространенность анемий у детей и подростков, занимающихся спортом. В: Здоровье для всех: материалы III Международной научно-практической конференции. Ч. 1. Пинск; 2011. С. 87–89.
3. Куликов А.М. Анемии у подростков. Terra medica nova. 2009;(3):20–23.
4. Кулиненко О.С. Фармакотерапия в спортивной медицине. Москва: Медицина; 2003.

стрировал эффективность по большинству исследуемых параметров в основной группе по сравнению с контрольной (плацебо).

Позитивная динамика большинства исследуемых показателей выявила общую тенденцию к улучшению состояния жизненно важных органов и систем организма спортсменов основной группы, повышению их адаптационных возможностей и вегетативного баланса.

Проведенные клинические исследования специализированного продукта «Гемоспорт» позволяют рекомендовать его в практике спортивного питания девушек 12–17 лет, профессионально занимающихся спортом, для компенсации железодефицитной алиментарной недостаточности, специфичной для данной группы спортсменов, а также для повышения эффективности и результативности их тренировок.

#### Authors' contributions:

**Enver S. Tokaev** — editing, approval of the article final version.

**Evgeniy A. Nekrasov** — collection and processing of material.

**Irina S. Krasnova** — statistical analysis.

**Adam A. Khasanov** — collection and processing of material.

#### References

1. Durmanov N.D., Filimonov A.S. Diagnosis and correction of iron metabolism disorders in elite sports. Guidelines for club doctors. Moscow; 2010 (In Russ.).
2. Zhemoytyak V.A., Tkach N.V., Lobanovskaya E.N., Maksimchik N.I. The prevalence of anemia in children and adolescents involved in sports. In: Health for all: materials of the III international scientific-practical conference. Part 1. Pinsk; 2011. p. 87–89 (In Russ.).
3. Kulikov A.M. Anemia in adolescents. Terra medica nova. 2009;(3):20–23 (In Russ.).
4. Kulinenkov O.S. Pharmacotherapy in sports medicine. Moscow: Meditsina Publ.; 2003 (In Russ.).



5. Румянцева А.Г., Захарова И.Н. Диагностика и лечение железодефицитной анемии у детей и подростков (пособие для врачей). Москва; 2015.

6. Уилтимор Дж.Х., Костилл Д.Л. Физиология спорта и двигательной активности. Киев: Олимпийская литература; 1997.

7. Dubnov G., Constantini N.W. Prevalence of iron depletion and anemia in toplevel basketball players. // Int. J. Sport. Nutr. Exerc. Metab. 2004;14(1):30–37. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.14.1.30>

8. Clénin G., Cordes M., Huber A., Schumacher Y.O., Noack P., Scales J., Kriemler S. Iron deficiency in sports — definition, influence on performance and therapy. Swiss Med. Wkly. 2015;145:w14196. <https://doi.org/10.4414/smw.2015.14196>

5. Rummyantseva A.G., Zakharova I.N. Diagnosis and treatment of iron deficiency anemia in children and adolescents (a guide for doctors). Moscow; 2015 (In Russ.).

6. Wiltimore J.H., Costill D.L. Physiology of sports and physical activity. Kyiv: Olimpiiskaya literatura Publ.; 1997 (In Russ.).

7. Dubnov G., Constantini N.W. Prevalence of iron depletion and anemia in toplevel basketball players. // Int. J. Sport. Nutr. Exerc. Metab. 2004;14(1):30–37. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.14.1.30>

8. Clénin G., Cordes M., Huber A., Schumacher Y.O., Noack P., Scales J., Kriemler S. Iron deficiency in sports — definition, influence on performance and therapy. Swiss Med. Wkly. 2015;145:w14196. <https://doi.org/10.4414/smw.2015.14196>

#### Информация об авторах:

Токаев Энвер Саидович, д.т.н., проф., генеральный директор ООО «АКАДЕМИЯ-Т», 109316, Москва, Волгоградский проспект, 42, к. 13, офис 111. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8701-5621>

Некрасов Евгений Александрович, к.т.н., заместитель генерального директора ООО «АКАДЕМИЯ-Т», 109316, Москва, Волгоградский проспект, 42, к. 13, офис 111. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4071-5089>

Краснова Ирина Станиславовна, к.т.н., старший научный сотрудник ФГБОУ ВО «МГУПП», 125080, Москва, Волоколамское шоссе, 11. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6658-0373>

Хасанов Адам Алиевич\*, к.т.н., научный сотрудник ООО «АКАДЕМИЯ-Т», 109316, Москва, Волгоградский проспект, 42, к. 13, офис 111. (+7 (926) 2644825, [hasanov@ac-t.ru](mailto:hasanov@ac-t.ru)). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0953-0334>

#### Information about the authors:

Enver S. Tokaev, D.Sc. (Technics), Prof., CEO of the «ACADEMY-T» L.L.C., 111 office, 42 bldg., Volgogradskiy avenue, Moscow, 109316. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8701-5621>

Evgeniy A. Nekrasov, Ph.D. (Technics), Deputy Director General of the «ACADEMY-T» L.L.C., 111 office, 42 bldg., Volgogradskiy avenue, Moscow, 109316. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4071-5089>

Irina S. Krasnova, Ph.D. (Technics), Senior researcher of the Moscow State University of Food Production, 11, Volokolamskoe highway, Moscow, 125080. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6658-0373>

Adam A. Khasanov\*, Ph.D. (Technics), researcher of the «ACADEMY-T» L.L.C., 111 office, 42 bldg., Volgogradskiy avenue, Moscow, 109316. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0953-0334> (+7 (926) 2644825, [hasanov@ac-t.ru](mailto:hasanov@ac-t.ru)).

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.6>

УДК 796.03, 612.3

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original research



## Эффективность применения изотонических напитков для регидратации спортсменов детско-юношеского возраста

Р.А. Ханферьян<sup>1</sup>, И.В. Радыш<sup>1</sup>, В.Н. Выборнов<sup>2</sup>, З.Г. Орджоникидзе<sup>3</sup>, В.И. Павлов<sup>3</sup>,  
М.М. Коростелева<sup>1,4,\*</sup>, А.А. Антонов<sup>5</sup>

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия

<sup>2</sup> ГКУ «Центр спортивных инновационных технологий и подготовки сборных команд»  
Департамента спорта города Москвы, Москва, Россия

<sup>3</sup> ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной  
и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия

<sup>4</sup> ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»,  
Москва, Россия

<sup>5</sup> ООО «Окулюс 2000», Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

Важнейшим фактором, лимитирующим спортивную результативность, является недостаточное потребление спортсменами жидкости и дегидратация организма, при этом значительное снижение работоспособности и спортивной выносливости начинается с уровня дегидратации 2% и выше.

**Цель исследования:** изучение эффективности и безопасности регидратации организма спортсменов-лыжников детско-юношеского возраста с использованием изотонических напитков «Изонок» и «Изонок+».

**Материалы и методы:** основная группа ( $n = 12, 16,2 \pm 1,4$  года) для возмещения потерь жидкости принимала изотонические напитки в течение 30 дней, группа сравнения ( $n = 8, 15,7 \pm 1,1$  года) — питьевую воду. Биоимпедансный анализ состава тела проводился на приборе КМ-АР-01-«Диамант» (РФ, Санкт-Петербург), анализ центральной гемодинамики — на аппарате «Симона 111» (ООО «Окулюс 2000», Россия).

Содержание секреторного иммуноглобулина А (sIgA) и лизоцима в образцах слюны спортсменов исследовалось иммуноферментным методом на анализаторе ANTHOS 2010 (Австрия). Статистическая обработка данных проводилась с использованием пакета программ Statistica 6.0 фирмы StatSoft@InkUSA.

**Результаты:** прием изотонического напитка сопровождается стимуляцией продукции секреторного иммуноглобулина (sIgA) и лизоцима по сравнению с потреблением питьевой воды. Общий объем жидкости и объем внеклеточной жидкости имели тенденцию к возрастанию; объем внутриклеточной жидкости практически не менялся; количество общей воды при приеме изотоника увеличивалось.

**Заключение:** исследованные изотонические напитки «Изонок» и «Изонок+» являются эффективными спортивными напитками для поддержания оптимального водно-солевого баланса и местного иммунитета.

**Ключевые слова:** специализированные пищевые продукты, изотонические напитки, спортсмены-лыжники, состав тела, секреторный иммуноглобулин А, лизоцим

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Ханферьян Р.А., Радыш И.В., Выборнов В.Н., Орджоникидзе З.Г., Павлов В.И., Коростелева М.М., Антонов А.А. Эффективность применения изотонических напитков для регидратации спортсменов детско-юношеского возраста. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(1):56–63. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.6>

Поступила в редакцию: 06.12.2021

Принята к публикации: 2.02.2022

Online first: 27.03.2021

Опубликована: 30.04.2022

\*Автор, ответственный за переписку

## Efficiency of isotonic drinks for rehydration of athletes of children and youth age

Roman A. Khanferyan<sup>1</sup>, Ivan V. Radysh<sup>1</sup>, Vasily N. Vybornov<sup>2</sup>, Zurab G. Ordzhonikidze<sup>3</sup>, Vladimir I. Pavlov<sup>3</sup>, Margarita M. Korosteleva<sup>1,4,\*</sup>, Aleksander A. Antonov<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Peoples' Friendship University of Russia (RUDN),  
Moscow, Russia

<sup>2</sup> Center for Innovative Sports Technologies of Moskomspor, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation and Sports Medicine  
of the Moscow Department of Public Health, Moscow, Russia

<sup>4</sup> Federal Research Center of Nutrition and Biotechnology, Moscow, Russia

<sup>5</sup> LLC "Okulyus 2000", Moscow, Russia

### ABSTRACT

The most important factor limiting sports performance is insufficient fluid intake by athletes and dehydration of the body, while a significant decrease in performance and sports endurance begins with a dehydration level of 2 % and above.

**Objective:** to study the effectiveness and safety of rehydration of the body of athletes-skiers of children and youth using isotonic drinks «Izonok» and «Izonok+».

**Materials and methods:** the main group ( $n = 12$ ,  $16.2 \pm 1.4$  years) took isotonic drinks for 30 days to compensate for fluid losses, the comparison group ( $n = 8$ ,  $15.7 \pm 1.1$  years) — drinking water. Bioimpedance body composition analysis was carried out on a KM-AR-01-“Diamant” device (RF, St. Petersburg), and central hemodynamic analysis was carried out on a «SIMONA 111» (LLC “Okulyus 2000”, RF). The content of secretory immunoglobulin A (sIgA) and lysozyme in saliva samples of athletes was carried out by the enzyme immunoassay on an ANTHOS 2010 analyzer (Austria). Statistical data processing was carried out using the Statistica 6.0 software package from Stat Soft @ Ink USA.

**Results:** The intake of an isotonic drink is accompanied by the stimulation of the production of secretory immunoglobulin (sIgA) and lysozyme compared to the consumption of drinking water. The total volume of fluid and the volume of extracellular fluid tended to increase; the volume of intracellular fluid remained practically unchanged; the amount of total water when taking isotonic increased.

**Conclusion:** The investigated isotonic drinks “Izonok” and “Izonok+” are effective sports drinks for maintaining optimal water-salt balance and local immunity.

**Keywords:** specialized food products, isotonic drinks, cross-country skiing athletes, body composition, secretory immunoglobulin A, lysozyme

**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interest.

**For citation:** Khanferyan R.A., Radysh I.V., Vybornov V.N., Ordzhonikidze Z.G., Pavlov V.I., Korosteleva M.M., Antonov A.A. Efficiency of isotonic drinks for rehydration of athletes of children and youth age. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(1):56–63. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.6>

**Received:** 6 December 2021

**Accepted:** 2 February 2022

**Online first:** 27 March 2022

**Published:** 30 April 2022

\*Corresponding author

### 1. Введение

Роль питания и оптимальная организация рационального питания в поддержании здоровья спортсменов детско-юношеского возраста — приоритетная медико-социальная задача. Алиментарный фактор, как известно, обеспечивает оптимальную адаптацию их организма к нагрузке. Лыжный спорт — это высокоинтенсивный циклический вид спорта, тренировки проходят в условиях, характеризующихся низкими температурами окружающей среды и сухим воздухом, что может привести к увеличению потери жидкости организмом.

Поскольку обезвоживание негативно влияет на производительность, состояние гидратации перед тренировкой имеет первостепенное значение из-за ограниченных возможностей. Так, в исследовании, включавшем 12 горнолыжников (средний возраст  $14,3 \pm 0,9$  года), было показано, что потеря жидкости во время тренировки может достигать 1197 г (или  $-3,5\%$  от исходной массы тела). Высокая межиндивидуальная вариабельность наблюдалась как для параметров, характеризующих степень дегидратации, так и для потребления жидкости во время тренировок, при этом большинству спортсменов не удавалось компенсировать ее потерю во время

тренировки путем приема дополнительного количества жидкости [1].

Степень дегидратации оценивают по результатам биоимпедансного анализа, который позволяет довольно эффективно определить процентное соотношение воды, мышечной и жировой ткани в организме и контролировать состояние водного обмена, что в конечном итоге повышает эффективность и информативность медико-биологического сопровождения спортсменов. Гидратация, электролитный статус, стресс и состояние иммунной защиты организма являются ключевыми маркерами влияния физической нагрузки на состояние здоровья спортсменов [2].

Использование слюны для оценки состояния местного иммунитета спортсменов имеет большое значение, поскольку инфицирование атлетов во время тренировочного и соревновательного процессов происходит главным образом через верхние дыхательные пути и ротовую полость и для количественной оценки динамики иммунных маркеров требуются передовые технологии, и важным объектом для оценки факторов местного иммунитета является слюна [3]. Так, концентрацию лизоцима в слюне используют для мониторинга показателей выносливости у элитных тяжелоатлетов и баскетболистов. Иммуноглобулины слюны, и в первую очередь секреторный IgA (sIgA), являются наиболее хорошо изученными маркерами состояния системы локального иммунитета. При этом его концентрация sIgA зависит от интенсивности упражнений, а мониторинг его концентрации используют для оценки риска возникновения инфекций верхних дыхательных путей и эффективности тренировочного процесса у спортсменов. Снижение уровня sIgA связано с чрезмерной интенсивностью нагрузок и проявлением синдрома перетренированными спортсменами, увеличением показателя заболеваемости верхних дыхательных путей [4, 5].

Регидратация после физической нагрузки — важная составляющая процесса восстановления спортсменов. Биохимические и физиологические процессы восстановления организма начинаются уже с первых минут после завершения физических нагрузок. Для восполнения потерь жидкости рекомендуется употребление объема, превышающего по меньшей мере на 50 % ее количество, потерянное с потом [6, 7]. В целях быстрого восстановления ресурсов организма используют разбавленные растворы глюкозы с добавлением хлорида натрия, так как именно такие гипотонические растворы наиболее эффективны с точки зрения уменьшения времени задержки в желудке и абсорбции в кишечнике.

Восполнение потерь жидкости в организме спортсменов должно происходить за счет регулярного соблюдения питьевого режима. Показано, что потеря 9–12 % воды является чрезвычайной ситуацией для организма и может привести к летальному исходу. Потеря 2 % веса за счет воды снижает работоспособность на 3–7 %, в то время как при потере 40 % белка, жира и углеводов

человек может длительное время оставаться жизнеспособным. В связи с этим при тяжелых физических нагрузках необходимо следить за состоянием водного баланса и постоянно восполнять потери жидкости [8, 9].

Среди специализированных пищевых продуктов (СПП) важное место занимают спортивные напитки. На сегодня в спортивной практике имеется значительное число изотонических напитков для взрослых спортсменов, однако аналогичные СПП для юных спортсменов практически отсутствуют.

В соответствии с требованиями ГОСТ 34622–2019 «Продукция пищевая специализированная. Напитки изотонические для питания спортсменов» специализированные продукты питания для спортсменов подразделяют на:

**Изотонические напитки для питания спортсменов:** напитки (водные растворы) с осмоляльностью 270–330 мОсм/кг, содержащие в своем составе минеральные вещества (электролиты) и/или углеводные компоненты, допускающие наличие биологически активных веществ, употребление которых направлено на поддержание баланса жидкости и минеральных веществ в организме.

**Изотонические напитки для питания спортсменов, являющиеся источником витаминов и биологически активных веществ:** готовые изотонические напитки для питания спортсменов, содержание витаминов и биологически активных веществ в одной порции которых составляет не менее 7,5 % рекомендуемого уровня суточного потребления взрослого человека в витаминах и биологически активных веществах.

**Изотонические напитки для питания спортсменов с высоким содержанием витаминов и биологически активных веществ:** готовые изотонические напитки для питания спортсменов, содержание витаминов и биологически активных веществ в одной порции которых составляет не менее 30 % рекомендуемого уровня суточного потребления взрослого человека в витаминах и биологически активных веществах.

Целью настоящего исследования было исследование эффективности и безопасности регидратации организма спортсменов-лыжников детско-юношеского возраста при применении новых изотонических напитков «Изонок» и «Изонок+» для использования юными спортсменами двух возрастных групп (7–14 и 14–18 лет соответственно).

## 2. Материалы и методы

В исследование вошли 20 спортсменов-лыжников в возрасте 13–18 лет. Основная группа ( $n = 12$ , из них 4 девушки и 8 юношей, средний возраст  $16,2 \pm 1,4$  года) для возмещения потерь жидкости принимала новые отечественные изотонические напитки «Изонок» (регистрационное удостоверение.77.99.007.R003099.09.20) и «Изонок+» (регистрационное удостоверение.77.99.007.R003100.09.20) в рекомендованной производителем дозировке в течение 30 дней. Группа сравнения ( $n = 8$ ,

2 девушки, 6 юношей, средний возраст  $15,7 \pm 1,1$  года) принимала в течение указанного срока питьевую воду. Проведено три тренировочно-соревновательные сессии, с промежутком 7–12 дней. Показатели измерялись до и сразу после тренировки. Физическая нагрузка представляла собой бег на лыжах на расстояние  $20,0 \pm 5,0$  км в течение 2–2,5 часа соревнований и/или тренировок в аэробном и/или интервальном режимах.

Биоимпедансный анализ состава тела проводился на приборе КМ-АР-01-«Диамант» (Россия), анализ центральной гемодинамики — на аппарате «Симона 111» (ООО «Окулюс 2000», Россия).

Содержание секреторного иммуноглобулина А (sIgA) и лизоцима в образцах слюны спортсменов проводилось иммуноферментным методом на анализаторе ANTHOS 2010 (Австрия).

Статистическая обработка данных проводилась с использованием пакета программ Statistica 6.0 фирмы StatSoft@InkUSA. При статистической обработке материала были использованы непараметрические критерии. Величину статистической значимости определяли как  $p < 0,05$ .

### 3. Результаты исследования и их обсуждение

Масса тела до и после тренировок в основной группе практически не изменялась и составляла  $62,11 \pm 4,24$  кг и  $62,10 \pm 6,37$  кг соответственно, в группе сравнения отмечена тенденция к ее снижению ( $63,94 \pm 10,28$  кг против  $62,92 \pm 11,33$  кг). Результаты биоимпедансного анализа компонентного состава тела представлены в таблице 1.

При изучении степени отклонения исследованных показателей от референсных значений установлено, что в основной группе отмечалось достоверное повышение таких показателей компонентного состава тела, как объем общей и внеклеточной жидкости, а снижение общей воды в организме было более выражено в группе сравнения.

Полученные данные свидетельствуют об эффективности применения изотонического напитка с целью регидратации спортсменов, и в данном случае уровень гидратации, умеренно превышающий референсные значения, является оптимальным. Более высокие относительно референсных границ значения объема внеклеточной жидкости при употреблении изотоника оказывают положительное влияние на физическую работоспособность и производительность спортсмена. Действительно, обезвоживание, нарушение электролитного баланса приводят к оттоку внеклеточной жидкости из внутрисосудистого русла, ухудшению диастолической и систолической функции сердца. При этом снижаются фракция выброса, ударный индекс и другие гематологические параметры. Поэтому употребление изотонических напитков способствует обеспечению физиологического протекания метаболических процессов.

При изучении компонентного состава тела в основной группе установлено, что общий объем жидкости и объем внеклеточной жидкости имели тенденцию к возрастанию; объем внутриклеточной жидкости практически не менялся; количество общей воды при приеме изотоника увеличивалось

Изменения в компонентном составе тела при регидратации водой заключались в незначительном снижении показателя общего объема жидкости после физической нагрузки; объем внеклеточной жидкости практически не изменялся, а количество внутриклеточной жидкости проявляло тенденцию к увеличению.

Результаты исследования показали, что употребление чистой воды не позволяет эффективно удерживать жидкость во внеклеточном и, следовательно, внутрисосудистом русле, что может оказывать негативное влияние на кардиореспираторную выносливость.

Следующим этапом исследования эффективности изотонического напитка являлось изучение концентрации биомаркеров, отражающих состояние местного

Таблица 1

Показатели биоимпедансного анализа до и после тренировочной сессии

Table 1

Bioimpedance analysis indicators before and after a training session

Показатели Indicators	Основная группа Main group		Группа сравнения	
	до before	после after	до before	после after
Общий объем жидкости, л / Total volume of liquid, l	$32,25 \pm 2,85$	$32,79 \pm 2,717$	$32,40 \pm 5,04$	$32,13 \pm 5,44$
Объем внеклеточной жидкости, л / Extracellular fluid volume, l	$10,99 \pm 1,45$	$11,59 \pm 1,08$	$10,57 \pm 1,89$	$10,55 \pm 2,19$
Объем внутриклеточной жидкости, л / Intracellular fluid volume, l	$21,20 \pm 1,71$	$21,21 \pm 1,64$	$21,58 \pm 3,58$	$21,83 \pm 3,31$
Общая вода, л / Total water, l	$40,08 \pm 6,17$	$41,16 \pm 8,93$	$39,26 \pm 7,32$	$39,07 \pm 7,85$

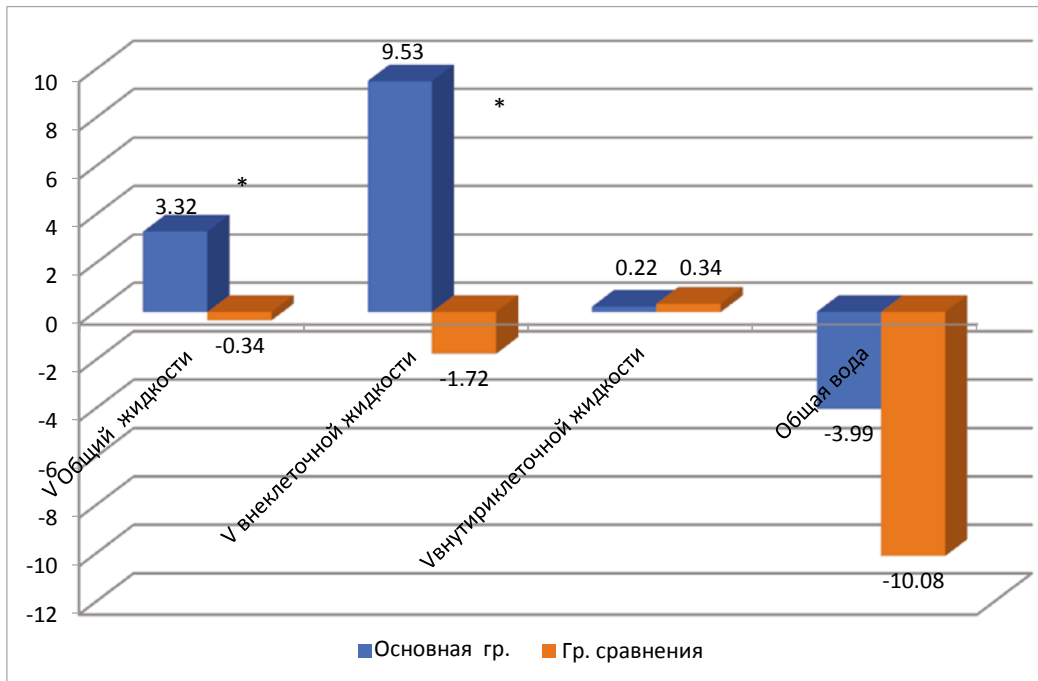
**Changes in body composition at the end of training (% of reference values)**


Рисунок. Изменения компонентного состава тела в конце тренировок (% от референсных значений)

Figure. Changes in body composition at the end of training (% of reference values)

Примечание: \* — статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ).

Note: \* — statistically significant differences ( $p < 0.05$ ).

Таблица 2

**Концентрация секреторного иммуноглобулина A sIgA и лизоцима в слюнной жидкости до и после ежедневного приема изотонического напитка**

Table 2

**Concentration of secretory immunoglobulin A sIgA and lysozyme in salivary fluid before and after daily intake of isotonic drink**

Показатель / Indicator	До исследования Before		Через неделю After a week		Через 2 недели After 2 weeks		Через 4 недели After 4 weeks	
	основная гр./ main group	гр. сравнения/ control	основная гр./ main group	гр. сравнения/ control	основная гр./ main group	гр. сравнения/ control	основная гр./ main group	гр. сравнения/ control
sIgA, мг/л / mg/l	98,3 ± 12,4	90,2 ± 14,2	102,1 ± 14,5	95,8 ± 10,3	114,5 ± 6,1*	102,1 ± 14,3	124,2 ± 113,4*	105,8 ± 12,6
Лизоцим, мг/л / Lysozyme, mg/l	52,1 ± 10,2	55,9 ± 14,2	58,3 ± 7,5*	50,3 ± 7,2	68,1 ± 8,1*	62,3 ± 10,4	72,3 ± 8,8	52,1 ± 14,2

Примечание: \* — статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ).

Note: \* — statistically significant differences ( $p < 0.05$ ).

иммунитета, учитывая существующую тесную связь между интенсивностью нагрузок, состоянием гидратации организма и иммунным ответом организма атлетов. Исследования показали, что концентрация sIgA до начала исследования в обеих группах спортсменов (основная и группа сравнения) не имели статистически значимых различий (табл. 2).

Установлено, что недельный прием изотонического напитка «Изонок» не приводил к статистически

значимым изменениям изучаемых показателей как внутри, так и между группами. Однако через неделю после начала тренировок отмечено статистически значимое ( $p < 0,05$ ) повышение содержания лизоцима в основной группе, а через две недели приема — sIgA. Более длительный прием изотонического напитка приводил к еще более выраженному повышению продукции sIgA в основной группе спортсменов. Его содержание в слюне повысилось в 1,26 раза по сравнению с исходными данными и в 1,1

раза по сравнению с показателями после двухнедельного приема изотонического напитка. Анализ изменений концентрации лизоцима выявил его увеличение в 1,1, 1,3 и 1,4 раза от исходных значений через 1, 2 и 4 недели приема изотонического напитка соответственно.

Таким образом, прием изотонического напитка «Изонок» во время тренировочного процесса сопровождается стимуляцией продукции важнейшего фактора иммунной защиты слизистой ротовой полости секреторного иммуноглобулина (sIgA) и лизоцима, что позволяет говорить о целесообразности приема исследованного изотонического напитка во время тренировочного процесса и является более эффективным по сравнению с приемом воды для регидратации организма. Полученные данные позволяют предполагать наличие у изотонического напитка «Изонок» иммуномодулирующей активности, обусловленной не только поступлением в организм солевых компонентов напитка, но и других микронутриентов, содержащихся в нем (витамины, микроэлементы), обладающих антиоксидантными и иммуномодулирующими свойствами.

#### 4. Заключение

Употребление изотонических напитков «Изонок» хорошо переносилось спортсменами, не было отмечено явлений непереносимости и побочных эффектов.

#### Вклад авторов:

**Ханферьян Роман Авакович** — редактирование, утверждение финальной версии статьи.

**Радыш Иван Васильевич** — написание текста статьи, сбор и обработка материала.

**Выборнов Василий Иванович** — написание текста статьи, сбор и обработка материала.

**Орджоникидзе Зураб Гивиевич** — редактирование, утверждение финальной версии статьи.

**Павлов Владимир Иванович** — написание текста статьи, сбор и обработка материала.

**Коростелева Маргарита Михайловна** — написание текста статьи, статистическая обработка данных.

**Антонов Александр Александрович** — написание текста статьи, сбор и обработка материала.

**Кобелькова Ирина Витальевна** — написание текста статьи.

**Коростелева Маргарита Михайловна** — написание текста статьи.

#### Список литературы

1. Aerenhouts D., Chapelle L., Clarys P., Zinzen E. Hydration Status in Adolescent Alpine Skiers During a Training Camp. *J. Hum. Kinet.* 2021;79(1):55–63. <https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0062>
2. James L.J., Moss J., Henry J., Papandopoulou C., Mears S.A. Hypohydration Impairs Endurance Performance: A Blinded Study. *Physiol. Rep.* 2017;5(12):13315. <https://doi.org/10.14814/phy2.13315>
3. Nunes L.A.S., Mussavira S., Bindhu O.S. Clinical and diagnostic utility of saliva as a non-invasive diagnostic fluid: a systematic

Употребление чистой воды не оказывало статистически значимого влияния на динамику массы тела спортсмена, данные биоимпедансометрии свидетельствуют о нарастании объема внутриклеточной жидкости, что косвенно указывает на развитие латентной гипотонической гипонатриемии. Постоянное употребление чистой воды ведет к дисбалансу жидкостных секторов со снижением объема внеклеточной жидкости и общего объема жидкости.

Прием изотонического напитка серии «Изонок» сопровождается стимуляцией продукции важнейших факторов иммунной защиты слизистой ротовой полости: секреторного иммуноглобулина (sIgA) и лизоцима по сравнению с потреблением спортсменами питьевой воды.

Полученные результаты дают основание полагать, что длительный прием напитков «Изонок» и «Изонок+» является эффективным методом регидратации спортсменов в возрасте 7–18 лет, а также повышения их общей физической активности и работоспособности. Учитывая состав изотонических напитков, содержащих компоненты с потенциальной иммуномодулирующей, антиоксидантной и противовоспалительной активностью, их прием может способствовать дополнительной профилактике острых вирусных и инфекционных заболеваний.

#### Authors' contributions:

**Roman A. Khanferyan** — editing, approval of the article final version.

**Ivan V. Radysh** — writing the article text, material collecting and processing.

**Vasily N. Vybornov** — writing the article text, material collecting and processing.

**Zurab G. Ordzhonikidze** — editing, approval of the article final version.

**Vladimir I. Pavlov** — writing the article text, material collecting and processing.

**Margarita M. Korosteleva** — writing the article text, statistical data processing.

**Aleksandr A. Antonov** — writing the article text, material collecting and processing.

#### References

1. Aerenhouts D., Chapelle L., Clarys P., Zinzen E. Hydration Status in Adolescent Alpine Skiers During a Training Camp. *J. Hum. Kinet.* 2021;79(1):55–63. <https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0062>
2. James L.J., Moss J., Henry J., Papandopoulou C., Mears S.A. Hypohydration Impairs Endurance Performance: A Blinded Study. *Physiol. Rep.* 2017;5(12):13315. <https://doi.org/10.14814/phy2.13315>
3. Nunes L.A.S., Mussavira S., Bindhu O.S. Clinical and diagnostic utility of saliva as a non-invasive diagnostic fluid: a systematic

review. *Biochem. Med. (Zagreb)*. 2015;25(2):177–192. <https://doi.org/10.11613/BM.2015.018>

4. **Rutherford-Markwick K., Starck C., Dulson D.K., Ali A.** Salivary diagnostic markers in males and females during rest and exercise. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2017;14:27. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0185-8>

5. **Killer S.C., Svendsen I.S., Gleeson M.** The influence of hydration status during prolonged endurance exercise on salivary antimicrobial proteins. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2015;115(9):1887–1895. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3173-1>

6. **Watso J.C., Farquhar W.B.** Hydration Status and Cardiovascular Function. *Nutrients*. 2019;11(8):1866. <https://doi.org/10.3390/nu108186616>

7. **Никитюк Д.Б., Мирошникова Ю.В., Бурляева Е.А., Выборнов В.Д., Баландин М.Ю., Тимошенко К.Т.** Методические рекомендации по питанию юных спортсменов. М.: Копироваля; 2017.

8. **Bonfanti N., Jimenez-Saiz S.L.** Nutritional Recommendations for Sport Team Athletes. *Sports Nutr. Ther.* 2016;1(1). <https://doi.org/10.4172/2473-6449.1000e102>

9. **Maughan R.J.** Fluid and electrolyte loss and replacement in exercise. In: **Harries M., Williams C., Stanish W.D., Micheli L.L.**, eds. *Oxford Textbook of Sports Medicine*. Oxford University Press, New York; 1994. p. 82–93.

review. *Biochem. Med. (Zagreb)*. 2015;25(2):177–192. <https://doi.org/10.11613/BM.2015.018>

4. **Rutherford-Markwick K., Starck C., Dulson D.K., Ali A.** Salivary diagnostic markers in males and females during rest and exercise. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2017;14:27. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0185-8>

5. **Killer S.C., Svendsen I.S., Gleeson M.** The influence of hydration status during prolonged endurance exercise on salivary antimicrobial proteins. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2015;115(9):1887–1895. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3173-1>

6. **Watso J.C., Farquhar W.B.** Hydration Status and Cardiovascular Function. *Nutrients*. 2019;11(8):1866. <https://doi.org/10.3390/nu108186616>

7. **Nikityuk D.B., Miroshnikova Y.V., Burlyayeva E.A., Vybornov V.D., Balandin M.Yu., Timoshenko K.T.** Methodical recommendations for nutrition of young athletes. Moscow: Kopyroval'nyya Publ.; 2017 (In Russ.).

8. **Bonfanti N., Jimenez-Saiz S.L.** Nutritional Recommendations for Sport Team Athletes. *Sports Nutr. Ther.* 2016;1(1). <https://doi.org/10.4172/2473-6449.1000e102>

9. **Maughan R.J.** Fluid and electrolyte loss and replacement in exercise. In: **Harries M., Williams C., Stanish W.D., Micheli L.L.**, eds. *Oxford Textbook of Sports Medicine*. Oxford University Press, New York; 1994. p. 82–93.

#### Информация об авторах:

**Ханферьян Роман Авакович**, д.м.н., профессор, медицинский институт ФГАУ ВО «Российский университет дружбы народов» (РУДН), 117198, Россия, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1178-7534> (+7 (916) 927-02-36)

**Радыш Иван Васильевич**, д.м.н., зав. кафедрой управления сестринской деятельностью, медицинский институт ФГАУ ВО «Российский университет дружбы народов» (РУДН), 117198, Россия, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0939-6411> (ivradysh@mail.ru)

**Выборнов Василий Иванович**, к.б.н., заместитель директора ЦСТ и СК по медико-биологическому и научно-методическому обеспечению ГКУ «Центр спортивных инновационных технологий и подготовки сборных команд» Департамента спорта города Москвы, 129272, Москва, ул. Советской Армии, 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9522-8328> (v.vybornov84@gmail.com)

**Орджоникидзе Зураб Гивиевич**, д.м.н., главный внештатный специалист по спортивной медицине, первый заместитель директора ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы», 105120, Россия, Москва, ул. Земляной Вал, 53.

**Павлов Владимир Иванович**, д.м.н., ведущий научный сотрудник, зав. отделением функциональной диагностики ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы», 105120, Россия, Москва, ул. Земляной Вал, 53. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5131-7401> (mnpdsm@mail.ru)

**Коростелева Маргарита Михайловна\***, к.м.н., с.н.с. лаборатории спортивной антропологии и нутрициологии, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», 109240, Россия Москва, Устьинский пр., 2/14, с. 1, доцент кафедры управления сестринской деятельностью, медицинский институт ФГАУ ВО «Российский университет дружбы народов» (РУДН), 117198, Россия, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2279-648X> (korostel@bk.ru)

**Антонов Александр Александрович**, генеральный директор ООО «Окулос 2000», 125315, Россия, Москва, ул. Усиевича, д. 23, этаж 1, п. XVa, к. 1–9, 11–14A. (okulus@mail.ru)

#### Information about the authors:

**Roman A. Khanferyan**, M.D., Ph.D. (Medicine), Professor, Medical Institute of the Peoples' Friendship University of Russia (RUDN), 6, Miklukho-Maklaya str., Moscow, 117198, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1178-7534> (+7 (916) 927-02-36)

**Ivan V. Radysh**, M.D., Ph.D. (Medicine), Head of Department of Nursing Management, Medical Institute of the Peoples' Friendship University of Russia (RUDN), 6, Miklukho-Maklaya str., Moscow, 117198, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0939-6411> (ivradysh@mail.ru)

**Vasily N. Vybornov**, Ph.D. (Biology), deputy director of TsST and SK for biomedical and scientific-methodological support of the Center for Innovative Sports Technologies of Moskomsport, 6, Sovetskoy Armii str., Moscow, 129272, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9522-8328> (v.vybornov84@gmail.com)

**Zurab G. Ordzhonikidze**, M.D., Ph.D. (Medicine), Chief Freelance Specialist in Sports Medicine, First Deputy Director of Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Rehabilitation and Sports Medicine of the Moscow Department of Health, 53, Zemlyanoy Val str., Moscow, 105120, Russia.



**Vladimir I. Pavlov**, M.D., Ph.D. (Medicine), Leading Researcher, Head of the Department of Functional Diagnostics of the Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Rehabilitation and Sports Medicine, 53, Zemlyanoy Val str., Moscow, 105120. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-51317401> (mnpcsm@mail.ru)

**Margarita M. Korosteleva\***, Ph.D. (Medicine), Senior Researcher laboratories of sports anthropology and nutriology, Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 2/14 bldg. 1, Ustyinsky side street, Moscow, 109240, Russia; Associate Professor of the Department of Nursing Management at Medical Institute of the Peoples' Friendship University of Russia (RUDN), 6, Miklukho-Maklaya str., Moscow, 117198, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2279-648X> (korostel@bk.ru)

**Aleksandr A. Antonov**, General Director of Okulyus 2000 LLC, 23, floor 1, p. XVa, building 1-9, 11-14A, Usievich str., Moscow, 125315, Russia. (okulus@mail.ru)

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.3>

УДК 616.831-001.34

Тип статьи: Обзор литературы / Articles review



## Профилактика осложнений спортивной черепно-мозговой травмы

А.В. Смоленский<sup>1,\*</sup>, О.А. Шевелев<sup>2,3</sup>, М.В. Петрова<sup>2,3</sup>, М.Ю. Юрьев<sup>2</sup>, Е.О. Шевелева<sup>3</sup>, А.В. Тарасов<sup>1</sup>,  
А.Б. Мирошников<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГБОУ ВО «Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК)» Министерства спорта Российской Федерации, Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГБНУ «Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии» (ФНКЦ РР) Министерства науки и образования Российской Федерации, Москва, Россия

<sup>3</sup> ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» (РУДН), Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

Цель обзора — информирование врачей и тренеров команд различных видов спорта о технологиях предупреждения осложнений спортивных черепно-мозговых травм (ЧМТ). Мягкая выраженность клинических проявлений, особенности индивидуальной реакции на травму, антиагравационное поведение спортсменов и отсутствие объективных инструментальных методов диагностики являются частой причиной недооценки тяжести полученной травмы. В практике оказания помощи и проведения реабилитационных мероприятий при легкой спортивной ЧМТ недостаточно учтены ее особенности, обусловленные повышенной температурой тела и головного мозга, а также сниженной церебральной перфузией во время травмирующего воздействия. Травма мозга является причиной повышения церебральной температуры, что способно ухудшить последствия травматизации. Контроль температуры мозга возможен с использованием неинвазивной методики микроволновой радиотермометрии, а для предупреждения осложнений спортивных ЧМТ правомочно использование краниocereбральной гипотермии (КЦГ), которая обладает выраженными нейропротекторными эффектами.

**Ключевые слова:** краниocereбральная гипотермия; спортивная черепно-мозговая травма; гипертермия; температура мозга; радиотермометрия

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Смоленский А.В., Шевелев О.А., Петрова М.В., Юрьев М.Ю., Шевелева Е.О., Тарасов А.В., Мирошников А.Б. Профилактика осложнений спортивной черепно-мозговой травмы. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(1):64–72. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.3>

Поступила в редакцию: 19.12.2021

Принята к публикации: 3.02.2022

Online first: 15.03.2022

Опубликована: 30.04.2022

\* Автор, ответственный за переписку

## Prevention of traumatic brain injury complications in sports

Andrey V. Smolenskiy<sup>1,\*</sup>, Oleg A. Shevelev<sup>2,3</sup>, Marina V. Petrova<sup>2,3</sup>, Mikhail Yu. Yuryev<sup>2</sup>,  
Ekaterina O. Sheveleva<sup>3</sup>, Alexandr V. Tarasov<sup>1</sup>, Alexandr B. Miroshnikov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Research Institute of Rehabilitation of the Federal Research and Clinical Centre of Resuscitation and Rehabilitation of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Medical Institute of the Federal State Educational Institution «Peoples' Friendship University of Russia» (RUDN University), Moscow, Russia

### ABSTRACT

The aim of the review is to inform doctors and trainers of sports teams about technologies that prevent complications of sport brain injuries (SBI). Low levels of visibility of clinical manifestations, specific characteristics of individual reactions to injury, anti-aggravation behavior among sportsmen, absence of unbiased methods of diagnostics of SBI are the main reasons behind underestimation of the severity of trauma. Treatment and rehabilita-

tion procedures of mild SBI do not currently consider specific characteristics of trauma, associated with the increase in body and brain temperature and reduced cerebral perfusion during the traumatizing intervention. Injury of the brain causes an increase in cerebral temperature, which, in turn, can aggravate the consequences of traumatization. The control of the temperature of the brain can be achieved with non-invasive method of microwave radiometry, while the technology of craniocerebral hypothermia (CCH), which has evident neuroprotective properties, can aid in the prevention of complications of SBI.

**Keywords:** craniocerebral hypothermia; sport brain injury; hypothermia; temperature of the brain; microwave radiometry

**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interest.

**For citation:** Smolenskiy A.V., Shevelev O.A., Petrova M.V., Yuryev M.Yu., Sheveleva E.O., Tarasov A.V., Miroshnikov A.B. Prevention of traumatic brain injury complications in sports. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(1):64–72. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.3>

**Received:** 19 December 2021

**Accepted:** 3 February 2022

**Online first:** 15 March 2022

**Published:** 30 April 2022

\* **Corresponding author**

## 1. Введение

Легкая травма головного мозга является следствием тупого удара с внезапным ускорением, торможением или ротацией головы. Пациент находится в ясном сознании или уровень бодрствования снижен до умеренного оглушения, что может сопровождаться кратковременной потерей сознания и нарушениями памяти [1, 2]. Понятие «легкая травма головного мозга» включает также сотрясение и ушиб мозга легкой степени, описываемые в совокупности как легкая черепно-мозговая травма (ЧМТ). Восстановление после легкой ЧМТ обычно занимает 7–14 дней, но у ряда пациентов в течение длительного времени могут сохраняться неврологические симптомы, а также когнитивные, эмоциональные и поведенческие расстройства, нарушения сна, головные боли.

При легкой ЧМТ нейровизуализационные методы исследования не выявляют изменений, в то же время последствиями травм мозга даже легкой степени в отдаленном периоде могут быть структурные изменения вещества головного мозга, включая расширение полостей желудочков мозга и конвекситальных пространств.

Принципиальное влияние на развитие негативных последствий легкой ЧМТ имеет синдром повторного повреждения, то есть получение серии ЧМТ в течение короткого промежутка времени в период наибольшей уязвимости мозга, который может продолжаться до нескольких дней после травмы. Синдром повторного повреждения значительно повышает вероятность развития тяжелых осложнений травмы, включая нарастание когнитивных расстройств, деменции, болезни Альцгеймера, паркинсонизма, посттравматической энцефалопатии и эпилепсии.

Несмотря на высокую частоту встречаемости спортивной ЧМТ (до 20 % всех травм, среди которых легкая ЧМТ составляет около 97 %), факт получения травмы может быть не учтен тренером или врачом в связи с невыраженностью неврологической симптоматики и особенностями поведения спортсмена, скрывающего жалобы в целях продолжения участия в соревнованиях и тренировках [3]. Немаловажно и то, что отсутствуют объективные инструментальные методы диагностики

легкой ЧМТ. В свою очередь, это может стать причиной недооценки тяжести травмы [4].

В настоящее время при спортивной легкой ЧМТ проводят симптоматическую терапию, а реабилитационный период обычно не включает каких-либо специальных мероприятий, кроме рекомендаций по сокращению физических нагрузок. Отсутствуют критерии оценки достаточности реабилитационного периода.

В качестве одного из методов ранней реабилитации пациентов с тяжелыми поражениями головного мозга в клинике используют терапевтическую гипотермию, включая краниocereбральную гипотермию (КЦГ), которая обеспечивает развитие выраженных нейропротекторных эффектов, повышая устойчивость нейронов к гипоксии, ишемии, травме и реперфузии [5–7]. Технологически КЦГ основана на понижении температуры кожи головы, что способствует формированию гипотермии в поверхностных отделах мозга — в коре больших полушарий. В спортивной медицине США краниocereбральное охлаждение применяется в сочетании с охлаждением шеи в области проекции сонных артерий, что может способствовать усилению гипотермического воздействия на головной мозг [8]. Возможно также применение КЦГ без охлаждения шеи. Данная технология гипотермии является наилучшим кандидатом на применение в спорте при легких ЧМТ.

Травма мозга является самостоятельной причиной фокального повышения температуры, а выраженность церебральной гипертермии связана с тяжестью повреждения и, отражая динамику инволюции острого периода, позволяет судить об эффективности терапии и достаточности реабилитационных мероприятий. В настоящее время неинвазивное измерение температуры мозга стало доступно в связи с появлением технологии СВЧ-радиотермометрии [9].

Представляется важным рассмотреть особенности влияния КЦГ на церебральную температуру, что лежит в основе целесообразности ее применения для предупреждения развития осложнений спортивных легких ЧМТ, а также диагностические возможности СВЧ-радиотермометрии.

## 2. Влияние краниocereбрального охлаждения на температуру головного мозга

Головной мозг относят к органам теплового центра организма, однако механизмы поддержания постоянства церебральной температуры имеют свои особенности.

В качестве основного пути удаления теплоты рассматривают конвекционный путь, обеспеченный энергичным потоком артериальной крови [10]. Около 20–25 % минутного объема кровообращения обеспечивают церебральный кровоток в норме в покое, причем кровоток в сером веществе (кора мозга) составляет около 80 мл/100 г/мин, в белом — в 2–3 раза меньше, а плотность капилляров в сером веществе в 3 раза выше, чем в белом [11]. Высокая потребность коры мозга в кислороде и субстрате обеспечивается более мощным притоком крови по сравнению с подкорковыми структурами.

Для головного мозга характерна ауторегуляция кровообращения, подразумевающая определенный диапазон постоянства и независимости мозгового кровотока от изменений системного артериального давления [12]. Поскольку конвекционный путь поддержания теплового баланса осуществляется с током крови, создаются основы определенной независимости и в поддержании теплового баланса головного мозга, температура которого в различных состояниях может значительно отличаться от базальной температуры.

По внутренним сонным артериям к мозгу притекает кровь холоднее на 0,2–0,3 °С крови в аорте. Притекающая кровь охлаждается в артериовенозных теплообменниках, образованных контактами сосудов системы яремных вен и внутренних сонных артерий. Венозная кровь кожи головы, лица и шеи и оттекающая кровь от носоглотки и верхних дыхательных путей, охлажденная во внешней среде и при дыхании, собирается в систему яремных сосудов и понижает температуру крови во внутренних сонных артериях в области контактов. При этом кровь, оттекающая от мозга, оказывается на 0,2–0,3 °С теплее, чем в аорте. Указанная разница температуры притекающей и оттекающей крови обеспечивает удаление избытка образующейся метаболической теплоты [13].

Второй конвекционный путь охлаждения мозга сформирован эмиссарными венами, которые собирают кровь кожи головы и проникают через перфорантные отверстия плоских костей черепа в синусы твердой мозговой оболочки непосредственно к поверхности мозга [14]. Охлажденная во внешней среде венозная кровь кожи головы способна понизить температуру коры мозга.

Локальные церебральные пути теплоотведения определены особенностями ауторегуляции мозгового кровотока. Параметры церебрального кровотока определяются не температурными сигналами, а метаболическими потребностями мозга и уровнем парциального давления  $\text{CO}_2$  крови. Повышение  $\text{PCO}_2$  увеличивает внутричерепной объем крови, а при снижении  $\text{PCO}_2$  мозговой

кровоток снижается. Вовлеченная в возбуждение область мозга энергично потребляет глюкозу и выделяет  $\text{CO}_2$ , что приводит к увеличению перфузии данной области за счет включения местных факторов регуляции тонуса сосудов [15]. При возбуждении фокально повышается температура, а избыток образующейся теплоты удаляется также фокально возросшим током крови. При возбуждении происходит перераспределение тока крови в пользу активных областей. Формируется температурная гетерогенность, отражающая функциональную гетерогенность мозга.

Различие в температуре возбужденных и находящихся в относительном покое областей коры мозга достигает в норме 1,5 °С при средних значениях температуры 32,2–36,9 °С. Несмотря на высочайший метаболизм, кора больших полушарий оказывается холоднее подкорковых структур, температура которых близка к 37 °С.

Радиальный градиент температуры головного мозга обусловлен анатомическими и функциональными особенностями церебрального кровообращения, обеспечивающими удаление избытка теплоты в первую очередь от коры больших полушарий, поскольку мозг — единственный орган, который кровоснабжается с поверхности. Биологическая целесообразность такой организации поддержания теплового баланса видится в том, что кора мозга является наиболее метаболически активной структурой ЦНС и легко перегревается, так как мозг, составляющий не более 2 % от массы тела, выделяет около 20 % всей теплоты организма в покое [16].

Температура определяет эффективность функционирования центральных регулирующих систем головного мозга [17, 18], определяя в итоге модуляцию вегетативных, моторных, поведенческих и когнитивных функций [19, 20].

При физических нагрузках, вызывающих повышение температуры тела до 38 °С, температура крови в яремной вене повышается до 38,5 °С, что подчеркивает факт перегревания головного мозга при выполнении упражнений, а церебральную гипертермию рассматривают как важнейший фактор формирования центральных механизмов утомления [21, 22].

Описанные пути регуляции теплового баланса мозга позволяют понять механизмы индукции гипотермии при краниocereбральном охлаждении: оттекающая от кожи головы холодная кровь усиливает конвекционное теплоотведение в сосудистых теплообменниках и охлаждает поверхность мозга, проникая в венозные синусы твердой мозговой оболочки. При КЦГ температура кожи достигает 5–7 °С, формируется значительная разница температур между поверхностью мозга и кожей головы, обеспечивая увеличение потока теплоты наружу путем теплопередачи.

Расчетные и экспериментальные данные с прямым измерением температуры показали, что при краниocereбральном охлаждении понижается температура в поверхностной зоне головного мозга [23]. При ЯМР-спектроскопии было выявлено, что при понижении

температуры кожи головы формируется гипотермия коры головного мозга, однако температура подкорковых структур остается на уровне 37 °С [24]. Охлаждение кожи головы до 10 °С в течение четырех часов оказалось способным понизить температуру поверхностных областей головного мозга до 33,2 °С [25–27].

Для регистрации температуры мозга возможно использование неинвазивной СВЧ-радиотермометрии, основанной на измерении мощности собственного ЭМИ. Температура тканей, определяемая метаболической активностью и эффективностью удаления избытка теплоты, пропорциональна мощности ЭМИ в СВЧ-диапазоне 3–5 ГГц, что позволяет расчетным путем получить данные в «°С». Низкая мощность собственного ЭМИ тканей и поглощение излучения тканями на пути его проникновения наружу позволяет оценить температуру на глубине 4–6 см от поверхности кожи, то есть получить данные о температуре только коры больших полушарий с точностью  $\pm 0,23$  °С. Эта технология также позволила показать, что краниоцеребральное охлаждение при длительности процедуры 30–45 минут и охлаждении кожи головы до 5 °С способно понизить температуру коры больших полушарий на 1,5–2 °С [28].

### 3. Церебральная гипертермия и легкая спортивная ЧМТ

Значительное повышение температуры мозга при перегревании и в связи с физическими нагрузками способно вызвать развитие расстройства мозгового кровообращения, отека мозга, способствует снижению уровня сознания, нарушению моторных и когнитивных функций [29].

При физических нагрузках гипервентиляция приводит к снижению парциального давления  $CO_2$  крови, что приводит к снижению церебральной перфузии. Существенно, что рабочая мускулатура требует увеличения доставки кислорода и субстрата, а также элиминации метаболитов с током крови. Кроме того, расширяются сосуды кожи в связи с необходимостью отведения избытка образующейся теплоты во внешнюю среду и для повышения теплоотдачи при потении. Развивается периферическое перераспределение кровотока, а в совокупности эти процессы приводят к значительному снижению церебральной перфузии и оксигенации [30]. Дегидратация ухудшает условия теплоотведения и кровоснабжения головного мозга. Высокая церебральная гипертермия формирует условия повреждения нейронов без травматизации, а при травме усугубляет ее негативные последствия [31].

Таким образом, специфическими чертами спортивной ЧМТ являются высокая температура тела и головного мозга и снижение церебральной перфузии (рис. 1). Посттравматические изменения формируются в условиях высокого напряжения кардиоваскулярной системы, а повторные частые ЧМТ способствуют формированию синдрома повторных повреждений.

Своевременная объективная оценка легкой ЧМТ весьма часто затруднена стертой симптоматикой

и антиагравационным поведением спортсменов, стремящихся продолжить участие в тренировочных и соревновательных циклах, что может стать причиной недооцененности тяжести травмы.

После повреждений головного мозга и при спортивных ЧМТ может развиваться фокальная гипертермия мозга с очагами повышения температуры до 38–40 °С. Обнаружить тепловую реакцию коры мозга на травму можно при использовании неинвазивной СВЧ-радиотермометрии.

Опыт применения КЦГ и неинвазивного измерения температуры мозга у спортсменов обобщен в монографии «Терапевтическая гипотермия» [32].

Приведем пример формирования очаговой гипертермии головного мозга у хоккеиста, у которого во время матча зафиксированы падения и столкновения. На рис. 2 показана картина распределения температуры в левом и правом полушариях коры головного мозга до игры (А) и после нее (Б). Данная картина получена при регистрации температуры коры мозга в девяти симметричных областях левого и правого полушарий.

До матча температура коры мозга была относительно равномерна (37,3–37,9 °С) и несколько повышена, что, по-видимому, связано с разогревающей тренировкой до игры. По завершении матча в теменной области левого полушария сформировался очаг гипертермии с максимальным значением температуры 39,3 °С. Температура в области с наименьшими значениями составила 36,6 °С. Различия между горячей и относительно холодной областями достигли 2,7 °С ( $\Delta T$ ). Жалоб спортсмен не предъявлял, неврологических признаков ЧМТ не выявлено. Приведенный пример позволяет проиллюстрировать применение технологии СВЧ-радиотермометрии мозга как способа объективной диагностики легкой ЧМТ.



Рис. 1. Схема механизмов развития ишемии и гипоксии мозга при физических нагрузках и перегревании (по Bain A.R. et al., 2014)  
Fig. 1. Scheme of the mechanisms of development of cerebral ischemia and hypoxia during physical exertion and overheating (according to Bain A.R. et al., 2014)

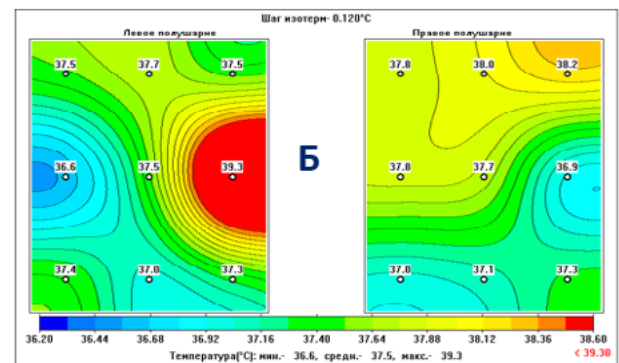
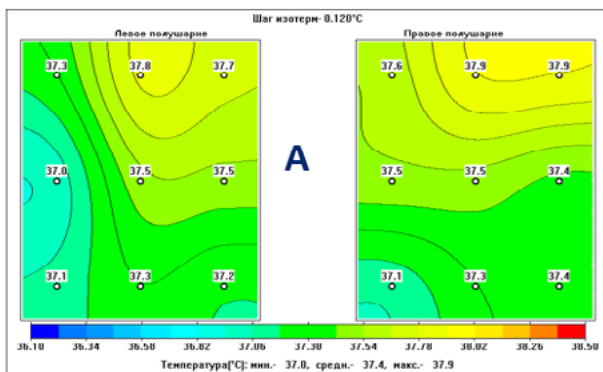


Рис. 2. Распределение температуры в коре левого и правого полушарий хоккеиста до матча (А) и по его завершении (Б). В ходе игры получена легкая ЧМТ, не сопровождающаяся неврологической симптоматикой

Fig. 2. Temperature distribution in the cortex of the left and right hemispheres of a hockey player before the match (A) and after (B). During the game, a mild TBI was obtained, not accompanied by neurological symptoms

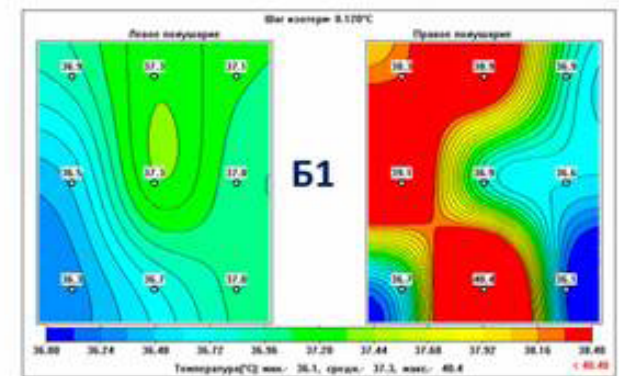
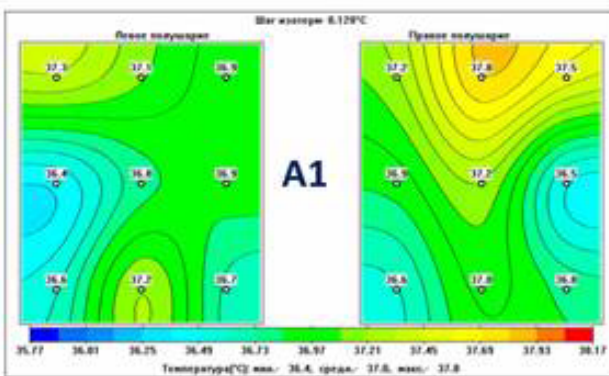


Рис. 3. Распределение температуры в коре левого и правого полушарий хоккеиста до матча (А1) и по его завершении (Б1). Спортсмен в процессе игры травмы не получил

Fig. 3. Temperature distribution in the cortex of the left and right hemispheres of a hockey player before the match (A1) and after (B1). The athlete was not injured during the game

Приведем еще один случай формирования очага гипертермии у хоккеиста (рис. 3). Картина распределения температуры в коре мозга до игры выявила области повышенной температуры: 37,8 °С в затылочной области правого полушария и 37,3 °С в височно-затылочной области левого полушария (А1). После завершения матча спортсмен жалуется на головную боль. Обнаружен установочный нистагм, неустойчивость в позе Ромберга. Травмы во время матча спортсмен не получал. Однако за два дня до матча зафиксирована легкая ЧМТ (удар головой о борт), сопровождавшаяся неврологической симптоматикой. На рис. 3 (Б1) видна обширная область гипертермии в правом полушарии с фокусом наибольшего подъема температуры до 40,4 °С, сформировавшаяся после матча. Температура в относительно холодной области составила 36,1 °С ( $\Delta T = 4,3$  °С). По-видимому, очаг гипертермии являлся следствием ранее полученной ЧМТ и недостаточностью периода реабилитации, его формирование могло спровоцировать развитие физической гипертермии во время игры, что и повлекло появление неврологических признаков травмы.

Для поражений головного мозга характерно повышение церебральной температуры в связи с известными каскадами вызываемых патологических реакций, в первую очередь реакции эксайтотоксичности, возбуждения и воспаления. При этом повышение температуры мозга может не отражаться на значениях базальной температуры и протекать скрыто. СВЧ-радиотермометрия позволяет выявить и локализовать последствия травмирующего воздействия, не прибегая к дорогостоящим диагностическим процедурам — КТ или МРТ, которые в этих случаях могут не дать достаточной информации.

Еще один пример иллюстрирует влияние КЦГ на температуру коры мозга после получения легкой ЧМТ [33]. У спортсмена-боксера проводили измерения температуры до тренировочного спарринга, после спарринга и после 60-минутного сеанса КЦГ (рис. 4).

До спарринга температура коры мозга распределялась равномерно в пределах 36,1–36,6 °С. После спарринга в теменной области сформировался очаг гипертермии с температурой 38,5 °С, а в относительно холодной области температура составила 36,1 °С ( $\Delta T = 2,4$  °С). После процедуры КЦГ температура в очаге понизилась до 35,6 °С,

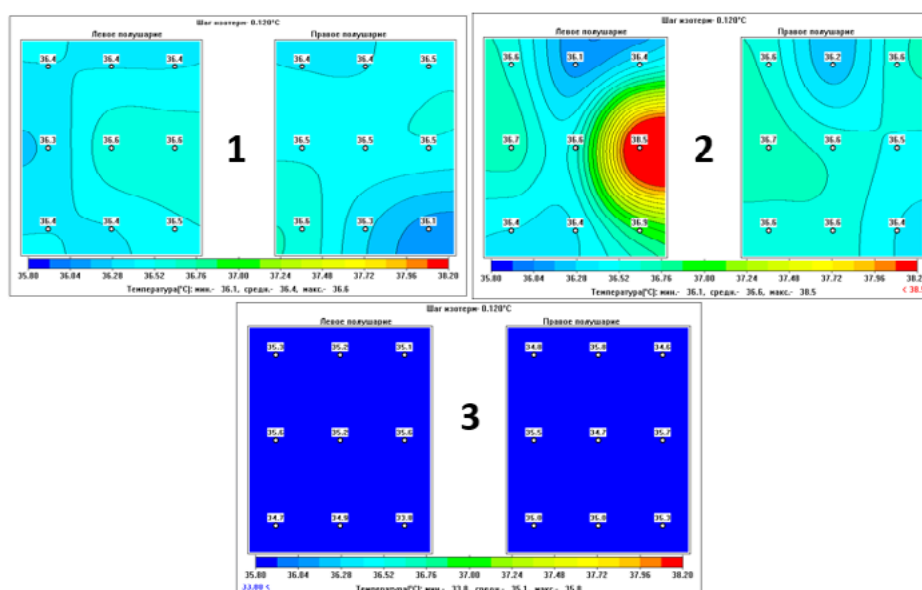


Рис. 4. Температуры коры мозга спортсмена-боксера до тренировочного спарринга (1), после спарринга (2) и после 60-минутного сеанса КЦГ (3)  
Fig. 4. Temperatures of the cerebral cortex of an athlete-boxer before training sparring (1), after sparring (2) and after a 60-minute craniocerebral hypothermia session (3)

а в остальных областях оказалась в пределах 34,6–35,6 °С. В данном примере важно выделить факты того, что легкая спортивная ЧМТ манифестирует себя в формировании области гипертермии коры мозга, а сеанс КЦГ длительностью 60 минут позволяет нормализовать температуру в очаге и понизить температуру всей поверхности мозга.

Учитывая нейропротекторный потенциал гипотермии, патогенетическую роль церебральной гипертермии и доказанную возможность достижения гипотермии коры мозга при краниocereбральном охлаждении, представляется целесообразным привести примеры практического применения гипотермии при физических нагрузках.

При выполнении теста PWC-170 у спортсменов циклических видов спорта аксиальная температура после теста повысилась от  $36,21 \pm 0,07$  до  $37,67 \pm 0,06$  °С, а усредненная температура коры больших полушарий от  $36,58 \pm 0,07$  до  $38,17 \pm 0,08$  °С, то есть стала выше, чем температура тела. Через сутки проводили повторное исследование у этих же спортсменов, а нагрузочному тесту предшествовал 60-минутный сеанс КЦГ. Спустя 20–30 минут после сеанса гипотермии и после выполненной нагрузки аксиальная температура повысилась до  $37,23 \pm 0,03$  °С, мозга — до  $37,60 \pm 0,07$  °С. То есть превентивный сеанс КЦГ обеспечил менее выраженный рост общей и церебральной гипотермии на тестовую нагрузку. При этом отмечена тенденция к увеличению аэробной и анаэробной производительности.

Факт того, что превентивная гипотермия мозга позволяет уменьшить степень развития физической общей и церебральной гипертермии, оказывается чрезвычайно важным в плане оптимизации подготовки спортсменов и в восстановительном периоде.

Введение в программы подготовки спортсменов однократных сеансов и курсового применения КЦГ может позволить уменьшить риски, связанные с рабочей гипертермией и перегреванием, улучшить спортивные показатели, а также защитить головной мозг спортсменов от развития негативных последствий случайных и «планируемых» (единоборства) спортивных ЧМТ разной степени тяжести.

#### 4. Заключение

Основой применения методики селективной гипотермии коры больших полушарий, то есть КЦГ, является значительный клинический опыт ее применения при самых различных патологических состояниях, сопровождающихся повышением церебральной температуры, в частности при инсультах, ЧМТ, синдроме пароксизмальной симпатической гиперактивности. Снижение летальности, уменьшение неврологического дефицита и улучшение функционального результата терапии, позволяют распространить эти позитивные результаты и на последствия легких спортивных ЧМТ. Несомненно, это требует проведения дополнительных системных и многоцентровых исследований. Но и на этом этапе изучения проблемы данных оказалось достаточно для разработки «Методических рекомендаций по применению краниocereбральной гипотермии для предупреждения развития осложнений спортивной черепно-мозговой травмы», утвержденных Федеральным медико-биологическим агентством в 2019 г. Методики КЦГ и СВЧ-радиотермометрии просты в использовании, безопасны и позволяют получить объективные диагностические и терапевтические эффекты.

**Вклад авторов:**

**Смоленский Андрей Вадимович** — редактирование, утверждение финальной версии статьи.

**Шевелев Олег Алексеевич** — редактирование, утверждение финальной версии статьи.

**Петрова Марина Владимировна** — редактирование.

**Юрьев Михаил Юрьевич** — сбор и обработка материала.

**Шевелева Екатерина Олеговна** — сбор и обработка материала.

**Тарасов Александр Викторович** — сбор и обработка материала.

**Мирошников Александр Борисович** — сбор и обработка материала.

**Список литературы**

1. **Потапов А.А., Лихтерман Л.Б., Кравчук А.Д., Охлопков В.А., Александрова Е.В., Филатова М.М., и др.** Легкая черепно-мозговая травма: клинические рекомендации. Москва: Ассоциации нейрохирургов России; 2016.
2. Ассоциация нейрохирургов России. Сотрясение головного мозга. Клинические рекомендации [интернет]. 2022. Режим доступа: [https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/734\\_1](https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/734_1).
3. **Theadom A., Mahon S., Hume P., Starkey N., Barker-Collo S., Jones K., Majdan M., Feigin V.L.** Incidence of Sports-Related Traumatic Brain Injury of All Severities: A Systematic Review. *Neuroepidemiology*. 2020;54(2):192–199. <https://doi.org/10.1159/000505424>
4. **Brazinova A., Rehorcikova V., Taylor M.S., Buckova V., Majdan M., Psota M., et al.** Epidemiology of traumatic brain injury in Europe: a living systematic review. *J. Neurotrauma*. 2021;38(10):1411–1440. <https://doi.org/10.1089/neu.2015.4126>
5. **Sun Y.-J., Zhang Z.-Y., Fan B., Li G.-Y.** Neuroprotection by Therapeutic Hypothermia. *Front. Neurosci*. 2019;13:586. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00586>
6. **Dietrich W.D., Bramlett H.M.** Therapeutic hypothermia and targeted temperature management for traumatic brain injury: Experimental and clinical experience. *Brain Circ*. 2017;3(4):186–198. [https://doi.org/10.4103/bc.bc\\_28\\_17](https://doi.org/10.4103/bc.bc_28_17)
7. **Lee J.H., Zhang J., Yu Sh.P.** Neuroprotective mechanisms and translational potential of therapeutic hypothermia in the treatment of ischemic stroke. *Neural Regen. Res*. 2017;12(3):341–350. <https://doi.org/10.4103/1673-5374.202915>
8. **Gard A., Tegner Ye., Bakhsheshi M.F., Marklund N.** Selective head–neck cooling after concussion shortens return-to-play in ice hockey players. *Concussion*. 2021;6(2):CNC90. <https://doi.org/10.2217/cnc-2021-0002>
9. **Shevelev O., Petrova M., Smolensky A., Osmonov B., Toimatov S., Kharybina T., et al.** Using medical microwave radiometry for brain temperature measurements. *Drug Discov. Today*. 2021;27(3):881–889. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2021.11.004>
10. **Mrozek S., Bounes F.V., Geeraerts T.** Brain Temperature: Physiology and Pathophysiology after Brain Injury. *Anesthesiol. Res. Pract*. 2012;2012(1):989487. <https://doi.org/10.1155/2012/989487>
11. **Klein S.P., Depreitere B., Meyfroidt G.** How I monitor cerebral autoregulation. *Crit. Care*. 2019;23(1):160. <https://doi.org/10.1186/s13054-019-2454-1>
12. **Fantini S., Sassaroli A., Tgavalekos K.T., Joshua K.J.** Cerebral blood flow and autoregulation: current measurement techniques and prospects for noninvasive optical methods. *Neurophotonics*. 2016;3(3):031411. <https://doi.org/10.1117/1.NPh.3.3.031411>
13. **Hayward J.N., Baker M.A.** Role of cerebral arterial blood in the regulation of brain temperature in the monkey. *Am.*

**Authors' contributions:**

**Andrey V. Smolenskiy** — editing, approval of the article final version.

**Oleg A. Shevelev** — editing, approval of the article final version.

**Marina V. Petrova** — editing.

**Mikhail Yu. Yuryev** — collection and processing of material.

**Ekaterina O. Sheveleva** — collection and processing of material.

**Alexandr V. Tarasov** — collection and processing of material.

**Alexandr B. Miroshnikov** — collection and processing of material.

**References**

1. **Potapov A.A., Lihterman L.B., Kravchuk A.D., Ohlopkov V.A., Aleksandrova E.V., Filatova M.M., et al.** Mild traumatic brain injury: clinical guidelines. Moscow: Association of Neurosurgeons of Russia; 2016 (In Russ.).
2. Association of Neurosurgeons of Russia. Brain concussion. Clinical guidelines [internet]. 2022 g. Available at: [https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/734\\_1](https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/734_1) (In Russ.).
3. **Theadom A., Mahon S., Hume P., Starkey N., Barker-Collo S., Jones K., Majdan M., Feigin V.L.** Incidence of Sports-Related Traumatic Brain Injury of All Severities: A Systematic Review. *Neuroepidemiology*. 2020;54(2):192–199. <https://doi.org/10.1159/000505424>
4. **Brazinova A., Rehorcikova V., Taylor M.S., Buckova V., Majdan M., Psota M., et al.** Epidemiology of traumatic brain injury in Europe: a living systematic review. *J. Neurotrauma*. 2021;38(10):1411–1440. <https://doi.org/10.1089/neu.2015.4126>
5. **Sun Y.-J., Zhang Z.-Y., Fan B., Li G.-Y.** Neuroprotection by Therapeutic Hypothermia. *Front. Neurosci*. 2019;13:586. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00586>
6. **Dietrich W.D., Bramlett H.M.** Therapeutic hypothermia and targeted temperature management for traumatic brain injury: Experimental and clinical experience. *Brain Circ*. 2017;3(4):186–198. [https://doi.org/10.4103/bc.bc\\_28\\_17](https://doi.org/10.4103/bc.bc_28_17)
7. **Lee J.H., Zhang J., Yu Sh.P.** Neuroprotective mechanisms and translational potential of therapeutic hypothermia in the treatment of ischemic stroke. *Neural Regen. Res*. 2017;12(3):341–350. <https://doi.org/10.4103/1673-5374.202915>
8. **Gard A., Tegner Ye., Bakhsheshi M.F., Marklund N.** Selective head–neck cooling after concussion shortens return-to-play in ice hockey players. *Concussion*. 2021;6(2):CNC90. <https://doi.org/10.2217/cnc-2021-0002>
9. **Shevelev O., Petrova M., Smolensky A., Osmonov B., Toimatov S., Kharybina T., et al.** Using medical microwave radiometry for brain temperature measurements. *Drug Discov. Today*. 2021;27(3):881–889. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2021.11.004>
10. **Mrozek S., Bounes F.V., Geeraerts T.** Brain Temperature: Physiology and Pathophysiology after Brain Injury. *Anesthesiol. Res. Pract*. 2012;2012(1):989487. <https://doi.org/10.1155/2012/989487>
11. **Klein S.P., Depreitere B., Meyfroidt G.** How I monitor cerebral autoregulation. *Crit. Care*. 2019;23(1):160. <https://doi.org/10.1186/s13054-019-2454-1>
12. **Fantini S., Sassaroli A., Tgavalekos K.T., Joshua K.J.** Cerebral blood flow and autoregulation: current measurement techniques and prospects for noninvasive optical methods. *Neurophotonics*. 2016;3(3):031411. <https://doi.org/10.1117/1.NPh.3.3.031411>
13. **Hayward J.N., Baker M.A.** Role of cerebral arterial blood in the regulation of brain temperature in the monkey. *Am.*



- J. Physiol. 1968;215(2):389–403. <https://doi.org/10.1152/ajplegacy.1968.215.2.389>
14. **Cabanac M., Brinnel H.** Blood flow in the emissary veins of the human head during hyperthermia. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 1985;54(2):172–176. <https://doi.org/10.1007/BF02335925>
  15. **Gaillard F., Sharma R.** Cerebral blood flow (CBF). Reference article. *Radiopaedia.org* [internet]. Available at: <https://radiopaedia.org/articles/43779>. <https://doi.org/10.53347/rID-43779>
  16. **Kiyatkin E.A.** Brain temperature and its role in physiology and pathophysiology: Lessons from 20 years of thermorecording. *Temperature.* 2019;6(4):271–333. <https://doi.org/10.1080/23328940.2019.1691896>
  17. **Guatteo E., Chung K.K., Bowala T.K., Bernardi G., Mercuri N.B., Lipski J.** Temperature sensitivity of dopaminergic neurons of the substantia nigra pars compacta: involvement of transient receptor potential channels. *J. Neurophysiol.* 2005;94(5):3069–3080. <https://doi.org/10.1152/jn.00066.2005>
  18. **Fohlmeister J.F., Cohen E.D., Newman E.A.** Mechanisms and distribution of ion channels in retinal ganglion cells: using temperature as an independent variable. *J. Neurophysiol.* 2010;103(3):1357–1374. <https://doi.org/10.1152/jn.00123.2009>
  19. **Yu Y., Hill A.P., McCormick D.A.** Warm body temperature facilitates energy efficient cortical action potentials. *PLoS Comput. Biol.* 2012;8(4):e1002456. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1002456>
  20. **Kiyatkin E.A.** Brain temperature homeostasis: physiological fluctuations and pathological shifts. *Front. Biosci. (Landmark Ed).* 2010;15(1):73–92. <https://doi.org/10.2741/3608>
  21. **Nybo L., Nielsen B.** Middle cerebral artery blood flow velocity is reduced with hyperthermia during prolonged exercise in humans. *J. Physiol.* 2001;534(Pt 1):279–286. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2001.t01-1-00279.x>
  22. **Ma W., Liu W., Li M.** Analytical heat transfer model for targeted brain hypothermia. *Int. J. Therm. Sci.* 2016;100:66–74. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2015.09.014>
  23. **Уйğun М., Күçүка С., Çолпан С.Ö.** 3B modeling and temperature distribution of human brain. In: 20th National Biomedical Engineering Meeting (BIYOMUT). IEEE; 2016. <https://doi.org/10.1109/BIYOMUT.2016.7849378>
  24. **Веснин С.Г., Седанкин М.К.** Разработка серии антенна-аппликаторов для неинвазивного измерения температуры тканей организма человека при различных патологиях. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана, Сер. Естественные науки.* 2012;(11):43–61.
  25. **Поляков М.В., Хоперсков А.В.** Математическое моделирование пространственного распределения радиационного поля в биоткани: определение яркостной температуры для диагностики. *Вестник Волгоградского гос. университета. Серия 1. Мат. Физ.* 2016;(5):73–84. <https://doi.org/10.15688/jvolsu1.2016.5.7>
  26. **Maloney S.K., Mitchell D., Mitchell G., Fuller A.** Absence of selective brain cooling in unrestrained baboons exposed to heat. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 2007;292(5):R2059–2067. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00809.2006>
  27. **Шевелев О.А., Бутров А.В., Чебоксаров Д.В., Ходорович Н.А., Лапаев Н.Н., Покатилова Н.С.** Патогенетическая роль церебральной гипертермии при поражениях головного мозга. *Клиническая медицина.* 2017;95(4):302–309. <https://doi.org/10.18821/0023-2149-2017-95-4-302-309>
  28. **Sharma H.S.** Hyperthermia induced brain oedema: current status and future perspectives. *Indian J. Med. Res.* 2006;123(5):629–652
  29. **Bain A.R., Morrison S.A., Ainslie P.N.** Cerebral oxygenation and hyperthermia. *Front. Physiol.* 2014;5:92. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00092>
  14. **Cabanac M., Brinnel H.** Blood flow in the emissary veins of the human head during hyperthermia. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 1985;54(2):172–176. <https://doi.org/10.1007/BF02335925>
  15. **Gaillard F., Sharma R.** Cerebral blood flow (CBF). Reference article. *Radiopaedia.org* [internet]. Available at: <https://radiopaedia.org/articles/43779>. <https://doi.org/10.53347/rID-43779>
  16. **Kiyatkin E.A.** Brain temperature and its role in physiology and pathophysiology: Lessons from 20 years of thermorecording. *Temperature.* 2019;6(4):271–333. <https://doi.org/10.1080/23328940.2019.1691896>
  17. **Guatteo E., Chung K.K., Bowala T.K., Bernardi G., Mercuri N.B., Lipski J.** Temperature sensitivity of dopaminergic neurons of the substantia nigra pars compacta: involvement of transient receptor potential channels. *J. Neurophysiol.* 2005;94(5):3069–3080. <https://doi.org/10.1152/jn.00066.2005>
  18. **Fohlmeister J.F., Cohen E.D., Newman E.A.** Mechanisms and distribution of ion channels in retinal ganglion cells: using temperature as an independent variable. *J. Neurophysiol.* 2010;103(3):1357–1374. <https://doi.org/10.1152/jn.00123.2009>
  19. **Yu Y., Hill A.P., McCormick D.A.** Warm body temperature facilitates energy efficient cortical action potentials. *PLoS Comput. Biol.* 2012;8(4):e1002456. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1002456>
  20. **Kiyatkin E.A.** Brain temperature homeostasis: physiological fluctuations and pathological shifts. *Front. Biosci. (Landmark Ed).* 2010;15(1):73–92. <https://doi.org/10.2741/3608>
  21. **Nybo L., Nielsen B.** Middle cerebral artery blood flow velocity is reduced with hyperthermia during prolonged exercise in humans. *J. Physiol.* 2001;534(Pt 1):279–286. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2001.t01-1-00279.x>
  22. **Ma W., Liu W., Li M.** Analytical heat transfer model for targeted brain hypothermia. *Int. J. Therm. Sci.* 2016;100:66–74. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2015.09.014>
  23. **Уйğun М., Күçүка С., Çолпан С.Ö.** 3B modeling and temperature distribution of human brain. In: 20th National Biomedical Engineering Meeting (BIYOMUT). IEEE; 2016. <https://doi.org/10.1109/BIYOMUT.2016.7849378>
  24. **Vesnin S.G., Sedankin M.K.** Development of an antenna-appliator series for tissue temperature non-invasive measurement of a human body at different pathologies. *Vestnik MGTU im. N.E. Bauman, Ser. Estestvennye nauki = Herald of the Bauman Moscow State Technical University, Series Natural Sciences.* 2012;(11):43–61 (In Russ.).
  25. **Polyakov M.V., Khoperskov A.V.** Mathematical modeling of radiation fields in biological tissues: the definition of the brightness temperature for the diagnosis. *Bulletin of the Volgograd State University. Series 1. Mathematics. Physics.* 2016;(5):73–84 (In Russ.). <https://doi.org/10.15688/jvolsu1.2016.5.7>
  26. **Maloney S.K., Mitchell D., Mitchell G., Fuller A.** Absence of selective brain cooling in unrestrained baboons exposed to heat. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 2007;292(5):R2059–2067. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00809.2006>
  27. **Shevelev O.A., Butrov A.V., Cheboksarov D.V., Hodorovich N.A., Lapaev N.N., Pokatilova N.S.** The pathogenetic role of cerebral hyperthermia in brain lesion. *Klinicheskaya medicina = Clinical Medicine.* 2017;95(4):302–309 (In Russ.). <https://doi.org/10.18821/0023-2149-2017-95-4-302-309>
  28. **Sharma H.S.** Hyperthermia induced brain oedema: current status and future perspectives. *Indian J. Med. Res.* 2006;123(5):629–652
  29. **Bain A.R., Morrison S.A., Ainslie P.N.** Cerebral oxygenation and hyperthermia. *Front. Physiol.* 2014;5:92. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00092>

30. Nybo L., Nielsen B. Middle cerebral artery blood flow velocity is reduced with hyperthermia during prolonged exercise in humans. *J. Physiol.* 2001;534(Pt 1):279–286. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2001.t01-1-00279.x>

31. Campos F, Pérez-Mato M., Agulla J., Blanco M., Barral D., Almeida Á., et al. Glutamate Excitotoxicity Is the Key Molecular Mechanism Which Is Influenced by Body Temperature during the Acute Phase of Brain Stroke. *PLoS One.* 2012;7(8):e44191. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0044191>

32. Шевелев О.А., Гречко А.В., Петрова М.В. Терапевтическая гипотермия: монография. Москва: РУДН; 2019.

33. Шевелев О.А., Смоленский А.В., Мирошников А.В., Тарасов А.В., Хусьянов З.М., Гаракян А.И. Температурный баланс коры головного мозга у спортсменов боксеров во время тренировок и соревнований. *Спортивно-педагогическое образование.* 2020;(4):59–63.

30. Nybo L., Nielsen B. Middle cerebral artery blood flow velocity is reduced with hyperthermia during prolonged exercise in humans. *J. Physiol.* 2001;534(Pt 1):279–286. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2001.t01-1-00279.x>

31. Campos F, Pérez-Mato M., Agulla J., Blanco M., Barral D., Almeida Á., et al. Glutamate Excitotoxicity Is the Key Molecular Mechanism Which Is Influenced by Body Temperature during the Acute Phase of Brain Stroke. *PLoS One.* 2012;7(8):e44191. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0044191>

32. Shevelev O.A., Grechko A.V., Petrova M.V. Therapeutic hypothermia. Moscow: RUDN; 2019 (In Russ.).

33. Shevelev O.A., Smolenskij A.V., Miroshnikov A.B., Tarasov A.V., Husyajnov Z.M., Garakyan A.I. Temperature balance of the cerebral cortex in athletes boxers during training and competitions. *Sportivno-pedagogicheskoe obrazovanie = Sport and pedagogical education.* 2020;(4):59–63 (In Russ.).

#### Информация об авторах:

**Смоленский Андрей Вадимович\***, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой спортивной медицины ФГБОУ ВО «Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК)» Министерства спорта Российской Федерации, 105122, Россия, Москва, Сиреневый б-р, 4. (+7 (916) 681-29-93; smolensky52@mail.ru)

**Шевелев Олег Алексеевич**, д.м.н., профессор, главный научный сотрудник НИИ реабилитологии ФГБНУ «Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии» (ФНКЦ РР) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 127051, Москва, ул. Петровка, д. 24/2; профессор кафедры общей патологии и патологической физиологии им. В.А. Фролова Медицинского института ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» (РУДН), 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6.

**Петрова Марина Владимировна**, д.м.н., профессор, заместитель директора ФГБНУ «Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии» (ФНКЦ РР) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по научно-клинической работе, 127051, Москва, ул. Петровка, д. 24/2; заведующая кафедрой анестезиологии и реаниматологии с курсом медицинской реабилитации Медицинского института ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6.

**Юрьев Михаил Юрьевич**, к.м.н., старший научный сотрудник лаборатории клинической нейрофизиологии ФГБНУ «Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии» (ФНКЦ РР) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 127051, Москва, ул. Петровка, д. 24/2.

**Шевелева Екатерина Олеговна**, к.м.н., ассистент кафедры общей патологии и патологической физиологии им. В.А. Фролова Медицинского института ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» (РУДН), 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6.

**Тарасов Александр Викторович**, к.м.н., доцент, доцент кафедры спортивной медицины ФГБОУ ВО «Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК)» Министерства спорта Российской Федерации, 105122, Россия, Москва, Сиреневый б-р, 4.

**Мирошников Александр Борисович**, к.б.н., доцент кафедры спортивной медицины ФГБОУ ВО «Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК)» Министерства спорта Российской Федерации, 105122, Россия, Москва, Сиреневый бульвар, 4.

#### Information about the authors:

**Andrey V. Smolenskiy\***, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, Head of the Department of Sports Medicine of the Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism (SCOLIPE), 4, Sirenevy blvd, Moscow, 105122, Russia. (+7 (916) 681-29-93; smolensky52@mail.ru)

**Oleg A. Shevelev**, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, Chief Researcher of the Research Institute of Rehabilitation of the Federal Research and Clinical Centre of Resuscitation and Rehabilitation of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, 24/2, Petrovka str., Moscow, 127051, Russia; Professor of the Department of General Pathology and Pathological Physiology named after V.A. Frolov of the Medical Institute of the Federal State Educational Institution «Peoples' Friendship University of Russia» (RUDN University), 6, Miklukho-Maclay str., Moscow, 117198, Russia.

**Marina V. Petrova**, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, Deputy Director of the Federal Research and Clinical Center of Resuscitation and Rehabilitation of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation for Scientific and Clinical work, 24/2, Petrovka str., Moscow, 127051, Russia; Head of the Department of Anesthesiology and Resuscitation with the course of medical rehabilitation of the Medical Institute of the Federal State Educational Institution «Peoples' Friendship University of Russia» (RUDN University), 6, Miklukho-Maclay str., Moscow, 117198, Russia.

**Mikhail Y. Yuryev**, M.D., Ph.D. (Medicine), Senior Researcher at the Laboratory of Clinical Neurophysiology of the Federal Research and Clinical Center for Resuscitation and Rehabilitation of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, 24/2, Petrovka str., Moscow, 127051, Russia.

**Ekaterina O. Sheveleva**, M.D., Ph.D. (Medicine), Assistant of the Department of General Pathology and Pathological Physiology named after V.A. Frolov of the Medical Institute of the Federal State Educational Institution «Peoples' Friendship University of Russia» (RUDN University), 6, Miklukho-Maclay str., Moscow, 117198, Russia.

**Alexandr V. Tarasov**, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Sports Medicine of the Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism (SCOLIPE), 4, Sirenevy blvd, Moscow, 105122, Russia.

**Alexandr B. Miroshnikov**, Ph.D. (Biology), Associate Professor of the Department of Sports Medicine of the Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism (SCOLIPE), 4, Sirenevy blvd, Moscow, 105122, Russia.

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.9>

УДК 617.3

Тип статьи: Краткие сообщения / Brief Reports



## Латеральный эпикондилит: тендинит или тендиноз?

А.С. Самойлов<sup>1</sup>, М.В. Иванов<sup>1,\*</sup>, Н.Р. Жестянкин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Государственный научный центр РФ – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

Латеральный эпикондилит — распространенная патология опорно-двигательного аппарата, возникающая вследствие повторяющихся микротравм мышц-разгибателей предплечья и их сухожилий. Латеральный эпикондилит ранее считался тендинитом, то есть воспалительной реакцией в сухожилии. Однако гистопатологически было показано, что в нем мало воспалительных элементов: макрофагов и нейтрофилов. Таким образом, в настоящее время считается, что данная патология является тендинозом, который определяется как дегенеративный, а не воспалительный процесс.

**Ключевые слова:** латеральный эпикондилит, тендинит, тендиноз, травма сухожилия

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Самойлов А.С., Иванов М.В., Жестянкин Н.Р. Латеральный эпикондилит: тендинит или тендиноз? *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(1):73–76. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.9>

Поступила в редакцию: 11.10.2021

Принята к публикации: 04.03.2022

Online first: 25.03.2022

Опубликована: 30.04.2022

\*Автор, ответственный за переписку

## Lateral epicondylitis: tendinitis or tendinosis?

Alexander S. Samoylov<sup>1</sup>, Mark V. Ivanov<sup>1,\*</sup>, Nikita R. Zhestyankin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Russian State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia

<sup>2</sup> A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia

### ABSTRACT

Lateral epicondylitis is a common pathology of the musculoskeletal system resulting from repeated microtrauma of the extensor muscles of the forearm and their tendons. Lateral epicondylitis was previously thought to be tendinitis, which is an inflammatory reaction in the tendon. However, histopathologically, it has been shown to be low in inflammatory elements: macrophages and neutrophils. Thus, it is now believed that this pathology is a tendinosis, which is defined as a degenerative rather than an inflammatory process.

**Keywords:** lateral epicondylitis, tendinitis, tendinosis, tendon injury

**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interest.

**For citation:** Samoylov A.S., Ivanov M.V., Zhestyankin N.R. Lateral epicondylitis: tendinitis or tendinosis? *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(1):73–76. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.9>

Received: 11 October 2021

Accepted: 4 March 2022

Online first: 25 March 2022

Published: 30 April 2022

\* Corresponding author

Боль в области латеральной поверхности локтевого сустава впервые была описана в исследованиях в 1873 г. [1], и с тех пор она имеет множество названий, таких как «локоть теннисиста» (tennis elbow) латеральный эпикондилит (ЛЭ), эпикондилез, эпикондилалгия и боковая боль в локтевом суставе. Наиболее часто в спортивной медицине используется термин «локоть теннисиста», под которым подразумевается тесная связь с повторяющейся механической нагрузкой на предплечье во время игры в теннис [2]. В травматологии и ортопедии более предпочтительно название «латеральный эпикондилит». Также в настоящее время все чаще используется термин «энтезопатия», что не отрицает воспалительный, либо дегенеративный процесс в области крепления сухожилий, апоневрозов, связок, суставных капсул к кости.

Согласно эпидемиологическим данным, ЛЭ хотя бы раз встречался у 1–3% населения, при этом чаще всего страдают лица мужского пола в возрасте 35–50 лет [3–5], а в патологический процесс вовлекается доминирующая рука [6]. К предрасполагающим факторам относятся длительное пребывание за компьютером, работа с инструментами весом более 1 кг, а также создающими вибрацию, частый подъем груза весом более 20 кг, повторяющиеся движения в верхних конечностях более 2 часов в день [7–9]. К факторам, характерным для спортсменов, относятся нерациональное построение тренировочного процесса, недостаточная гибкость, старение, нарушение кровообращения, мышечный дисбаланс, а также психологические факторы [10, 11]. Интересным считается мнение о том, что ЛЭ более распространен среди курильщиков [12]. ЛЭ встречается почти в 3,5 раза чаще, чем медиальный эпикондилит (локоть гольфиста).

Предрасполагающим фактором развития ЛЭ, по мнению ряда авторов, также является генетический. Согласно данной теории, основную роль играет изменение последовательности генов, кодирующих V тип коллагена и теназина С [2]. Данные нарушения биохимической структуры приводят к развитию энтезопатий. Также существует версия анатомической предрасположенности возникновения асептического воспалительного процесса в области надмышечек [13].

Согласно современным литературным данным, существует несколько мнений относительно патогенеза данного заболевания. До недавнего времени основным патогенетическим звеном в его развитии считали хроническую микротравматизацию сухожилий в результате перегрузок, с последующим возникновением воспалительной реакции. Еще ранее одной из причин эпикондилита считали вертеброгенную, а также полагали, что изменения в области надмышечек плечевой кости являются одним из синдромов нейродистрофических процессов шейного остеохондроза [14]. Характер патологического процесса также описывался воспалительным процессом в кольцевидной связке лучевой

кости, периостальной ткани надмышечка, в синовиальной сумке эпикондиллярной области [15].

ЛЭ ранее считался тендинитом, то есть воспалительной реакцией в сухожилии [16]. Однако гистопатологически было показано, что в нем мало воспалительных элементов: макрофагов и нейтрофилов [17, 18]. Согласно современным представлениям, основной причиной развития заболевания является не возникновение воспалительных процессов, а мукоидная дегенерация этой области, связанная с микрорастяжением сухожилий и дальнейшей неоваскуляризацией рубцов и, как следствие, ангиогиперпластической перестройкой тканей в месте прикрепления сухожилий к кости [19].

Таким образом, в настоящее время считается, что ЛЭ является тендиозом, который определяется как дегенеративный, а не воспалительный процесс. По-видимому, к тендиозу приводят те случаи, когда скорость растяжения сухожилия во время нагрузки превышает допустимую, на фоне чего возникают микронадрывы, а адаптация сухожилия к множественным повреждениям приводит к дистрофическим изменениям [20].

Хотя дегенеративные изменения в сухожилии считаются основной причиной развития тендиоза, некоторые исследователи предлагают иные. Так, Kannus [17] предположил, что длительный период снижения нагрузки на сухожилие может привести к его структурному ослаблению, что делает его более уязвимым к внешним воздействиям. Coombes и соавт. [21] в своей работе провели гистопатологическое исследование короткого лучевого разгибателя запястья у пациентов с давним ЛЭ. Было выявлено, что в мышечной ткани имеются выраженные дефекты и некроз волокон, а также признаки регенерации, что приводит к укорочению мышцы и увеличению нагрузки на сухожилие. Авторы считают, что эти дефекты являются результатом недостаточного использования мышцы из-за связанного с болью страха движения.

Сухожилия имеют более низкий уровень кровоснабжения по сравнению с мышцами и подвержены травмам, когда мышцы остаются сокращенными в течение длительного времени, что фактически приводит к нарушению кровоснабжения сухожилия. Это приводит к образованию свободных радикалов при реперфузии, которые могут повреждать ткань сухожилия [7, 9, 21]. Другая теория состоит в том, что любое повреждение сухожилия активирует протеинкиназы, которые приводят к апоптозу [22].

Хотя известно, что структура пораженного сухожилия при ЛЭ характеризуется множественными повреждениями, самого по себе этого недостаточно для объяснения вариабельности симптомов у пациентов. Считается, что причина боли частично связана с повышенной концентрацией нейротрансмиттеров, таких как глутамат, которые повышают чувствительность к боли, и с прямым раздражением от химических веществ, таких

как лактат, количество которых, как было обнаружено, увеличивается при тендинопатиях [23].

Дальнейшие теории все еще находятся на стадии исследований и включают в себя такие процессы, как изменение

#### **Вклад авторов:**

**Самойлов Александр Сергеевич** — редактирование, утверждение финальной версии статьи.

**Иванов Марк Владимирович** — сбор и обработка материала, написание текста статьи.

**Жестянкин Никита Романович** — сбор и обработка материала, написание текста статьи.

#### **Список литературы / References**

1. Runge F. Zur genese und behandlung des schreibekramfes. Berlin. Klin. Wochenschr. 1873;10:245–248 (In German).
2. Shiri R., Viikari-Juntura E., Varonen H., Heliovaara M. Prevalence and determinants of lateral and medial epicondylitis: a population study. Am. J. Epidemiol. 2016;164(11):1065–1074 <https://doi.org/10.1093/aje/kwj325>
3. Yi R., Bratchenko W.W., Tan V. Deep Friction Massage Versus Steroid Injection in the Treatment of Lateral Epicondylitis. Hand (NY). 2018;13(1):56–59. <https://doi.org/10.1177/1558944717692088>
4. Tarpada S.P., Morris M.T., Lian J., Rashidi S. Current advances in the treatment of medial and lateral epicondylitis. J. Orthop. 2018;15(1):107–110. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2018.01.040>
5. Houck D.A., Kraeutler M.J., Thornton L.B., McCarty E.C., Bravman J.T. Treatment of Lateral Epicondylitis With Autologous Blood, Platelet-Rich Plasma, or Corticosteroid Injections: A Systematic Review of Overlapping Meta-analyses. Orthop. J. Sports Med. 2019;7(3):2325967119831052. <https://doi.org/10.1177/2325967119831052>
6. Dedes V., Tzirogiannis K., Polikandrioti M., Dede A.M., Mitseas A., Panoutsopoulos G.I. Comparison of radial extracorporeal shockwave therapy with ultrasound therapy in patients with lateral epicondylitis. J. Med. Ultrason (2001). 2020;47(2):319–325. <https://doi.org/10.1007/s10396-019-01002-9>
7. Descatha A., Albo F., Leclerc A., Carton M., Godeau D., Roquelaure Y., et al. Lateral epicondylitis and physical exposure at work? A review of prospective studies and meta-analysis. Arthritis Care Res. (Hoboken). 2016;68:1681–1687. <https://doi.org/10.1002/acr.22874>
8. Clarke A.W., Ahmad M., Curtis M., Connell D.A. Lateral elbow tendinopathy: Correlation of ultrasound findings with pain and functional disability. Am. J. Sports. Med 2010;38(6):1209–1214. <https://doi.org/10.1177/0363546509359066>
9. Challoumas D., Kirwan P.D., Borysov D., Clifford C., McLean M., Millar N.L. Topical glyceryl trinitrate for the treatment of tendinopathies: A systematic review. Br. J. Sports Med. 2019;53(4):251–262. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099552>
10. Yan C., Xiong Y., Chen L., Endo Y., Hu L., Liu M., et al. A comparative study of the efficacy of ultrasonics and extracorporeal shock wave in the treatment of tennis elbow: a meta-analysis of randomized controlled trials. J. Orthop. Surg. Res. 2019;14(1):248. <https://doi.org/10.1186/s13018-019-1290-y>
11. Walton M.J., Mackie K., Fallon M., Butler R., Bredahl W., Zheng M.H., Wang A. The reliability and validity of magnetic resonance imaging in the assessment of chronic lateral epicondylitis. J. Hand Surg. Am. 2011;36(3):475–479. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2010.11.040>

экспрессии генов, появление дисбаланса матриксных металлопротеиназ и факторов роста и другие [17]. Более глубокое понимание этих механизмов позволит подобрать адекватное консервативное лечение для пациентов с ЛЭ.

#### **Authors' contributions:**

**Alexander S. Samoylov** — editing, approval of the final version of the article.

**Mark V. Ivanov** — material collection and processing, article text writing.

**Nikita R. Zhestyankin** — material collection and processing, article text writing.

12. Sanders T.L., Kremers H.M., Bryan A.J., Ransom J.E., Smith J., Morrey B.F. The Epidemiology and Health Care Burden of Tennis Elbow. A Population-Based Study. Am. J. Sports Med. 2015;43(5):1066–1071. <https://doi.org/10.1177/0363546514568087>
13. Sayegh E.T., Strauch R.J. Does nonsurgical treatment improve longitudinal outcomes of lateral epicondylitis over no treatment? A meta-analysis. Clin Orthop Relat Res 2015;473(3):1093–107
14. Tarpada S.P., Morris M.T., Lian J., Rashidi S. Current advances in the treatment of medial and lateral epicondylitis. J. Orthop. 2018;15(1):107–110. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2018.01.040>
15. Struijs P.A., Kerkhoffs G.M., Assendelft W.J., Van Dijk C.N. Conservative treatment of lateral epicondylitis: Brace versus physical therapy or a combination of both – A randomized clinical trial. Am. J. Sports Med. 2004;32(2):462–469. <https://doi.org/10.1177/0095399703258714>
16. Nirschl R.P. Tennis elbow. Orthop. Clin. North. Am. 1973;4(3):787–800.
17. Kannus P., Józsa L. Histopathological changes preceding spontaneous rupture of a tendon: a controlled study of 891 patients. J. Bone Joint Surg [Am]. 1991;73(10):1507–1525. <https://doi.org/10.2106/00004623-199173100-00009>
18. Doran A., Gresham G.A., Rushton N., Watson C. Tennis elbow: a clinicopathologic study of 22 cases followed for 2 years. Acta Orthop. Scand. 1990;61(6):535–538. <https://doi.org/10.3109/17453679008993577>
19. Pattanittum P., Turner T., Green S., Buchbinder R. Non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) for treating lateral elbow pain in adults. Cochrane Database Syst. Rev. 2013;2013(5):CD003686. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd003686.pub2>
20. Kraushaar B.S., Nirschl R.P. Tendinosis of the elbow (tennis elbow): clinical features and findings of histological, immunohistochemical, and electron microscopy studies. J. Bone Joint Surg. [Am]. 1999;81(2):259–278. <https://doi.org/10.2106/00004623-199902000-00014>
21. Coombes B.K., Bisset L., Vicenzino B. A new integrative model of lateral epicondylalgia. Br. J. Sports Med. 2009;43(4):252–258. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2008.052738>
22. Arnoczky S.P., Tian T., Lavagnino M., et al. Activation of stress-activated protein kinases (SAPK) in tendon cells following cyclic strain: the effects of strain frequency, strain magnitude, and cytosolic calcium. J. Orthop. Res. 2002;20(5):947–952. [https://doi.org/10.1016/s0736-0266\(02\)00038-4](https://doi.org/10.1016/s0736-0266(02)00038-4)
23. Waugh E.J., Allander E. Lateral epicondy Prevalence, incidence, and remission rates of some common rheumatic diseases or syndromes. Scand. J. Rheumatol. 1974;3(3):145–153. <https://doi.org/10.3109/03009747409097141>

**Информация об авторах:**

**Самойлов Александр Сергеевич**, д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН, генеральный директор ФГБУ «Государственный научный центр РФ — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства, 123098, Россия, Москва, ул. Маршала Новикова, 23. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9241-7238> ([fmbc@fmba.ru](mailto:fmbc@fmba.ru))

**Иванов Марк Владимирович\***, ассистент кафедры восстановительной медицины, спортивной медицины, курортологии и физиотерапии медико-биологического университета инноваций и непрерывного образования ФГБУ «Государственный научный центр РФ — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства, 123098, Россия, Москва, ул. Маршала Новикова, 23. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3361-4522> ([dr.markivanov@gmail.com](mailto:dr.markivanov@gmail.com))

**Жестянкин Никита Романович**, студент ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 127473, Россия, Москва, ул. Делегатская, 20, стр. 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8733-2504> ([nikita221100@mail.ru](mailto:nikita221100@mail.ru))

**Information about the authors:**

**Alexander S. Samoylov**, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, Corresponding Member of the RAS, general director of A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, 23, Marshal Novikov str., Moscow, 123098, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9241-7238> ([fmbc@fmba.ru](mailto:fmbc@fmba.ru))

**Mark V. Ivanov\***, Assistant Professor of the Department of Rehabilitation Medicine, Sports Medicine, Balneology and Physiotherapy of Biomedical University of Innovation and Continuing Education of A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, 23, Marshal Novikov str., Moscow, 123098, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-3361-4522> ([dr.markivanov@gmail.com](mailto:dr.markivanov@gmail.com))

**Nikita R. Zhestyankin**, student of A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, 20, bld. 1, Delegatskaya str., Moscow, 127473, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8733-2504> ([nikita221100@mail.ru](mailto:nikita221100@mail.ru))

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.2>

УДК 612.1

Тип статьи: Случаи из практики / Clinical cases



## Отрыв хорд митрального клапана у высокотренированных мужчин в ранние сроки после COVID-19. Серия клинических случаев

З.Н. Сукмарова<sup>1,\*</sup>, Ю.В. Овчинников<sup>2</sup>, О.М. Ларина<sup>3</sup>, С.О. Лепендин<sup>1</sup>, О.В. Афонина<sup>1</sup>, А.И. Громов<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ФКУ «Центральный военный клинический госпиталь им. П.В. Мандрыка»  
Министерства обороны Российской Федерации, Москва, Россия

<sup>2</sup> Филиал ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова», Москва, Россия

<sup>3</sup> ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации  
Федерального медико-биологического агентства», Москва, Россия

<sup>4</sup> ФГБ ОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет  
им. А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

Мнение о том, что COVID-19 представляет большую угрозу только для пожилых, несколько изменилось в течение последнего года. В то же время накопился опыт ведения осложнений разной степени тяжести у молодых пациентов, до инфекции отличавшихся оптимальными показателями здоровья. Наибольшие опасения как в краткосрочном, так и в долгосрочном прогнозе вызывают последствия миокардита, особенно у спортсменов и военнослужащих, тренирующихся даже в период локдауна. Мы представляем серию клинических случаев спонтанного отрыва хорд митрального клапана у высокотренированных мужчин среднего возраста в раннем постковидном периоде. Инфекция во всех случаях протекала субклинически, верифицировать SARS-CoV-2 удалось только по анализу на IgM. Спустя 1–2 недели после заражения на фоне рутинного тренировочного процесса пациенты ощутили боль в области сердца, которую недооценили. К врачу обратились на 2-й и 10-й неделе со стойким снижением переносимости нагрузок и одышкой умеренных напряжений, не свойственной ранее. По ЭхоКГ был диагностирован отрыв одной из хорд передней створки митрального клапана на фоне признаков миокардита с развитием клапанной недостаточности 1-й степени. К моменту обращения патологии других лабораторных данных и ЭКГ не наблюдалось. Контроль через 6 месяцев показал у первого пациента очаг фиброза миокарда по МРТ, минимальное повышение NT-proBNP, снижение переносимости физических нагрузок, у второго пациента — отсутствие видимого фиброза, нормальный NT-proBNP и полное восстановление переносимости нагрузок, но снижение локальной деформации миокарда по данным ЭхоКГ.

**Для цитирования:** Сукмарова З.Н., Овчинников Ю.В., Ларина О.М., Лепендин С.О., Афонина О.В., Громов А.И. Отрыв хорд митрального клапана у высокотренированных мужчин в ранние сроки после COVID-19. Серия клинических случаев. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(1):77–85. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.2>

**Ключевые слова:** SARS-CoV-2, миокардит, отрыв хорд митрального клапана

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Поступила в редакцию:** 15.02.2022

**Принята к публикации:** 25.03.2022

**Online first:** 27.03.2022

**Опубликована:** 30.04.2022

\* Автор, ответственный за переписку

## Acute mitral chordae rupture in the early postcovid in heavy physical active men. Case series

Zulfiya N. Sukmarova<sup>1,\*</sup>, Yuriy V. Ovchinnikov<sup>2</sup>, Olga M. Larina<sup>3</sup>, Sergey O. Lependin<sup>1</sup>, Olga V. Afonina<sup>1</sup>, Aleksander I. Gromov<sup>4</sup>

<sup>1</sup>P.V. Mandryka Central Military Clinical Hospital, Moscow, Russia

<sup>2</sup>S.M. Kirov Military Medical Academy, Saint-Petersburg, Russia

<sup>3</sup>Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

<sup>4</sup>A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia

### ABSTRACT

The opinion that COVID-19 is a greater threat only to the elderly people has changed over the past year. Experience has been accumulated in the development of complications of varying severity in young patients who had optimal health indicators before infection. The consequences of myocarditis are most dangerous, especially in athletes and military personnel. We present a series of clinical cases of spontaneous mitral valve chordae rupture in highly trained middle-aged men in the early post-COVID period. In all cases, the infection proceeded subclinically; SARS-CoV-2 was verified only by analysis for IgM. 1–2 weeks after infection, against the background of a routine training process, patients felt pain in the heart area, which was underestimated. Patients presented for help at 2 and 10 weeks with complaints of reduced endurance and shortness of breath. Echocardiography revealed rupture of one of the chords of the anterior part of the mitral valve against the background of signs of myocarditis with the development of valvular insufficiency of the 1st degree. By the time of treatment, the pathology of other laboratory data and ECG was not observed. The control after 6 months showed in 1 patient a focus of myocardial fibrosis according to MRI, a minimal increase in NT-proBNP, a decrease in exercise tolerance, in 2 patients there was no visible fibrosis, normal NT-proBNP and complete restoration of exercise tolerance, but a decrease in local myocardial deformation according to echocardiography.

**For citation:** Acute mitral chordae rupture in the early postcovid in heavy physical active men. Case series. Sukmarova Z.N., Ovchinnikov Yu.V., Larina O.M., Lependin S.O., Afonina O.V., Gromov A.I. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*.2022;12(1):77–85. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223–2524.2022.1.2>

**Keywords:** SARS-CoV-2, myocarditis, mitral valve chordae rupture

**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interest.

**Received:** 15 February 2022

**Accepted:** 25 March 2022

**Online first:** 27 March 2022

**Published:** 30 April 2022

**\*Corresponding author**

### 1. Введение

Мнение о том, что COVID-19 представляет большую угрозу только для пожилых, несколько изменилось в течение последнего года. В госпитале со средним возрастом больных 76 лет мы наблюдали большое количество пациентов, которые перенесли инфекцию субклинически. В то же время накопился опыт ведения осложнений разной степени тяжести у молодых пациентов, до инфекции отличавшихся оптимальными показателями здоровья. Наибольшие опасения как в краткосрочном, так и в долгосрочном прогнозе вызывают последствия миокардита. Особенно актуально выявление воспаления сердечной мышцы среди спортсменов, военных, а также других людей тяжелого физического труда. Коллеги из США выпустили согласительный документ по спортивной медицине, где рекомендуют всестороннее исключение сердечно-сосудистых осложнений по данным ЭхоКГ и МРТ, а также паузу перед возобновлением тренировок в 3–6

месяцев [1]. Коварность SARS-CoV-2 состоит в том, что 80 % пациентов могут не иметь симптомов ОРВИ или ошибочно трактовать экстрапульмональные проявления COVID-19. В то же время признаки воспаления сердечной сумки, к примеру, появляются уже на вторые сутки после появления первых симптомов заражения независимо от формы и тяжести COVID-19 [2]. Мы представляем два клинических случая, подтверждающих, что даже молодым физически развитым пациентам легко перенесенный COVID-19 опасен кардиологическими последствиями, и соглашаемся с коллегами о вредности ранней активной физической реабилитации и хирургии.

### Пациент 1

Мужчина, 46 лет, активно занимается кроссфитом в течение 20 лет. Пять недель назад имел признаки легкого ОРВИ, редкий сухой кашель, продолжал ходить в спортзал. Через три недели (когда катаральные явления



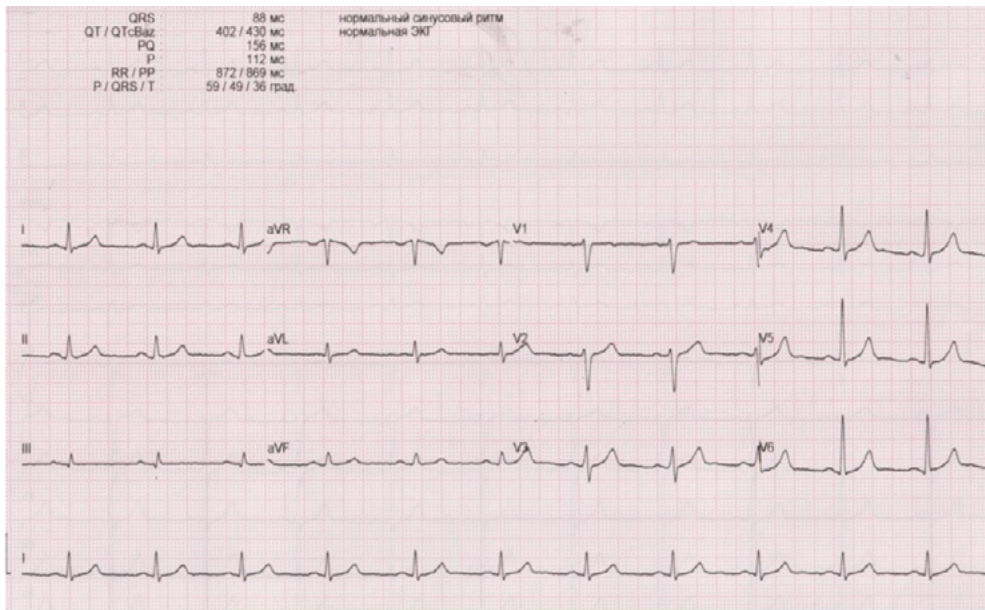


Рис. 1. Пациент 1. ЭКГ с незначительными признаками неспецифического нарушения реполяризации  
Fig. 1. Patient 1. ECG with minor signs of non-specific repolarization abnormalities

купировались) на фоне увеличения нагрузок ощутил дискомфорт в области сердца, с того времени отметил постепенное снижение переносимости физических нагрузок. Обратился спустя две недели после эпизода загрудинного дискомфорта с жалобами на несвойственную тахикардию покоя (нормальный пульс 50 ударов в минуту) и нехарактерную одышку умеренных напряжений. При осмотре: ИМТ — 28, сатурация кислорода — 96 %. Аускультативная картина — показатели в норме. Ритм сердца правильный, ЧСС — 84 в минуту. АД — 140/85 мм рт. ст. Живот мягкий. Легкая пастозность голеней. Проведено обследование: ЭКГ (рис. 1), КТ легких — без патологии. В общем анализе крови лимфоцитоз. Биохимический анализ: тропонин Т, NT-proBNP без патологических изменений. ЭхоКГ (рис. 2, 3, 4): на грани расширения полость левого предсердия и правого желудочка, неравномерное фиброзное уплотнение миокарда базального, среднего сегментов нижнебоковой стенки левого желудочка без нарушения локальной сократимости и показателей глобальной продольной деформации (GPS), фракция выброса левого желудочка (ФВЛЖ) — 54 %. Диастолическая функция не нарушена. Отрыв хорды передней створки митрального клапана, уплотнение створки с развитием недостаточности 1-й степени. СДЛА — 34 мм рт. ст. Утолщение перикарда базально-нижнебоковой локализации до 5 мм.

Мазок на ПЦР патогена не выявил, однако были повышены IgM к SARS-CoV-2. От COVID-19 не прививался. Пациенту рекомендовано отказаться от тяжелых физических тренировок, назначен кишечнорастворимый аспирин 100 мг/сут, эплеренон 25 мг.

Визит через 6 месяцев: пациент отмечает, что прежняя работоспособность не восстановилась, сохраняется

нехарактерная тахикардия и одышка умеренных напряжений. NT-proBNP 133 пг/мл (при норме лаборатории ≤ 125 пг/мл). ЭхоКГ: начальное расширение полости левого предсердия, расширение полостей желудочков на 3–4 мм относительно предыдущего исследования. ФВЛЖ 54 %, средний GPS по данным speckle tracking

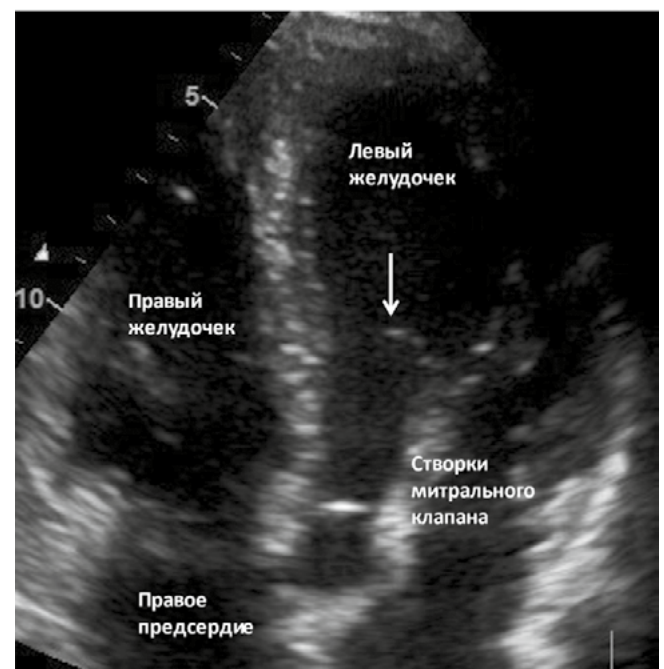


Рис. 2. Пациент 1. Трансторакальная ЭхоКГ. Апикальная 4-камерная позиция. Отрыв сухожильной хорды передней створки митральной створки (стрелка)  
Fig. 2. Patient 1. Transthoracic echocardiography. Apical 4-chamber position. Avulsion of the chorda tendon of the anterior leaflet of the mitral leaflet (arrow)

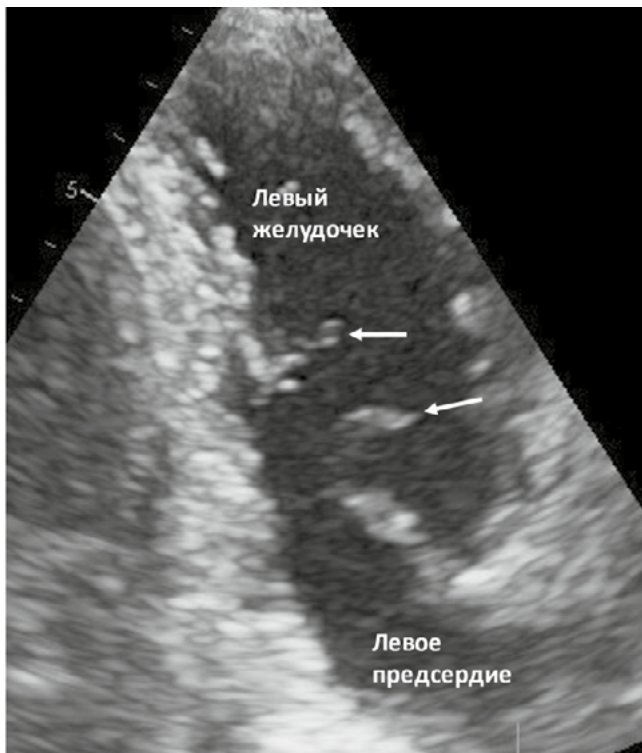


Рис. 3. Пациент 1. Трансторакальная ЭхоКГ. Модифицированная апикальная двухкамерная позиция. Свободные концы хорды (стрелки)

Fig. 3. Patient 1. Transthoracic echocardiography. Modified apical two-chamber view. Free ends of the chordae tendineae (arrows)

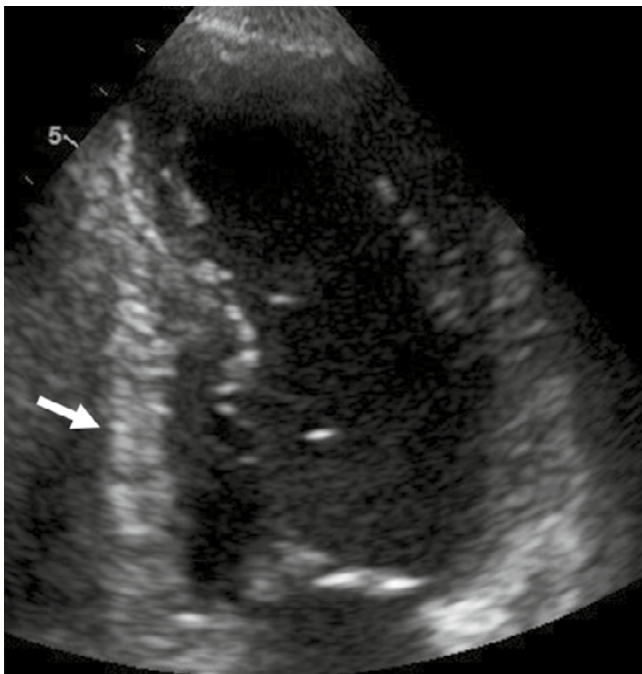


Рис. 4. Пациент 1. Трансторакальная ЭхоКГ. Модифицированная апикальная трехкамерная позиция. Гиперэхогенность миокарда базального, среднего сегментов нижнебоковой стенки левого желудочка (миокардит?) (толстая стрелка)

Fig. 4. Patient 1. Transthoracic echocardiography. Modified apical three-chamber view. Hyperechogenicity of the myocardium of the basal, middle segments of the infero-lateral wall the left ventricles (myocarditis?) (arrow)

22 %, локальный показатель GPS в области боковой папиллярной мышцы 16 %. Недостаточность митрального клапана 1–2-й степени. Магнитно-резонансная томография (МРТ) сердца выявила признаки поствоспалительного фиброза в миокарде базального нижнебокового сегмента левого желудочка (рис. 4, 5, 6).

#### Пациент 2

Мужчина, 43 года, инструктор физподготовки. Неделю до события перенес два эпизода диареи, не обследовался. Во время очередной тренировки почувствовал жжение в области сердца, в течение последующих трех дней — ноющую боль за грудиной. К врачам обратился на девятые сутки, когда отметил стойкое снижение переносимости физических нагрузок: одышку, минимальное головокружение во время привычного напряжения, повторные предобморочные состояния. ЭКГ (рис. 7): неспецифические нарушения реполяризации. Тропонин Т, NT-proBNP без патологии, однако повышены АСТ и АЛТ до двух раз выше нормы. ЭхоКГ: Размеры полостей сердца в норме, систолическая и диастолическая функция миокарда левого и правого желудочков не нарушена, ФВЛЖ 50 %, отрыв сухожильной хорды передней митральной створки с формированием регургитации 1-й степени (рис. 8, 9, 10). Минимальный выпот в перикард: сепарация листков за нижнебоковой стенкой и предсердиями 2–6 мм.

По данным иммунофлюоресцентного анализа выявлен высокий титр IgM к SARS-CoV-2. Выставлен диагноз «Подострый перимииокардит, обусловленный COVID-19? Отрыв хорды передней створки митрального клапана с формированием недостаточности 1-й степени». Даны рекомендации в соответствии с консервативной тактикой [3]. Визит через 6 месяцев: Пациент отмечает отсутствие ограничений физической активности. NT-proBNP 90 пг/мл. ЭхоКГ выявило минимальное расширение полостей сердца относительно предыдущих значений, ФВЛЖ 52 %, глобальный GPS = 23 % (норма  $\geq 21$ ), локальный GPS в месте прикрепления латеральной папиллярной мышцы 15 % (рис. 11). Перикард без признаков экссудации, выраженная гиперэхогенность листков нижнебоковой области.

#### 2. Обсуждение

Представлены клинические случаи пациентов со спонтанным отрывом хорд митрального клапана, произошедшим на фоне значительных физических нагрузок в ранние сроки после перенесенного COVID-19. Оба пациента — молодые, высокотренированные мужчины среднего возраста, у которых инфекция в острой фазе протекала малосимптомно, но постковидный период осложнился из-за недооценки ситуации. Несмотря на то что молодые люди редко госпитализируются по поводу острого COVID-19, данные МРТ и ЭхоКГ свидетельствуют, что значительное субклиническое повреждение миокарда может быть распространенным

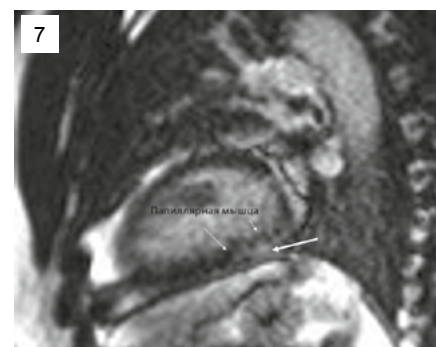
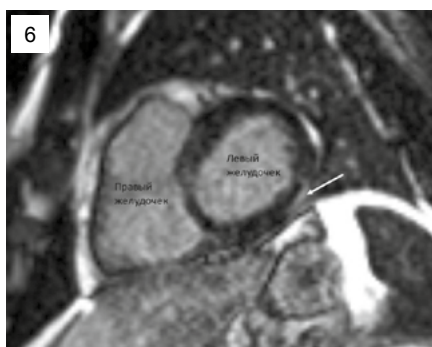
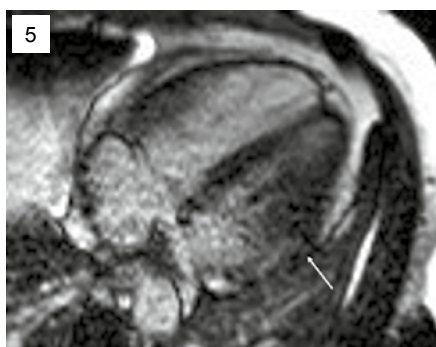


Рис. 5, 6, 7. Пациент 1. МРТ сердца. Постконтрастные изображения (Inversion Recovery), участок субэпикардального контрастирования в миокарде базального нижнебокового сегмента левого желудочка (стрелки)

Fig. 5, 6, 7. Patient 1. Heart MRI. Post-contrast images (Inversion Recovery), subepicardial enhancement area in the myocardium the basal inferolateral segments of the left ventricle (arrows)

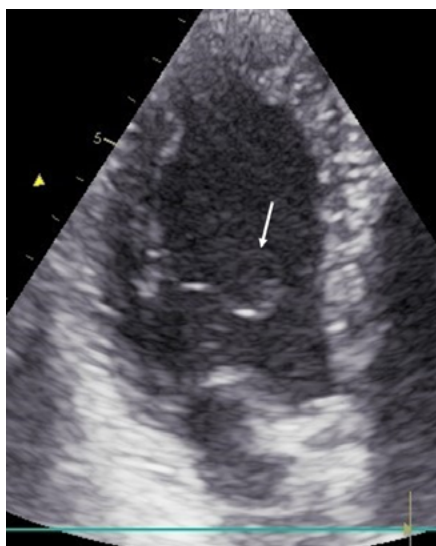


Рис. 8. Пациент 2. Трансторакальная ЭхоКГ. Апикальная трехкамерная позиция. Свободный конец сухожильной хорды передней створки митрального клапана (стрелка)

Fig. 8. Patient 2. Transthoracic echocardiography. Apical three-chamber view. The free end of the chorda tendinea the anterior leaflets of the mitral valve (arrow)

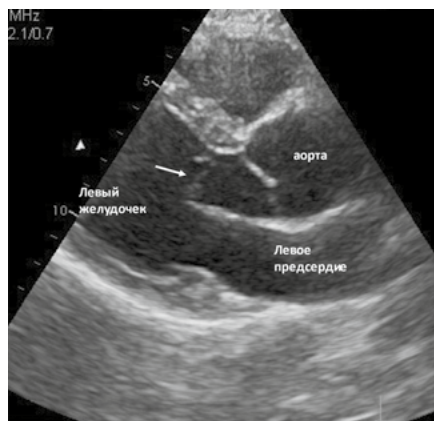


Рис. 9. Пациент 2. Трансторакальная ЭхоКГ. Парастеральная позиция по длинной оси левого желудочка. Оторванная хорда пролабирует в выносящий тракт левого желудочка (стрелка)

Fig. 9. Patient 2. Transthoracic echocardiography. Parasternal long axis view of the left ventricle. The free end of chord prolapses into the outflow tract of the left ventricle (arrow)



Рис. 10. Пациент 2. Трансторакальная ЭхоКГ. Парастеральная позиция по короткой оси на уровне створок митрального клапана. Свободный конец хорды на фоне передней створки митрального клапана (толстая стрелка). Гиперэхогенный перикард нижнебоковой стенки левого желудочка

Fig. 10. Patient 2. Transthoracic echocardiography. Parasternal short-axis view at mitral valve level. The free end of the chord against the background of the anterior leaflet of the mitral valve (thick arrow). Hyperechoic pericardium of the inferior lateral wall of the left ventricle

[4, 5], а динамическое наблюдение демонстрирует длительный период астении, неадекватной тахикардии, нарушений ритма сердца. Подобные минимальные отклонения могут пропускаться, так как обследование спортсменов и военных носит обычно скрининговый характер и направлено на исключение грубой патологии [6]. Углубленные исследования группы спортсменов, перенесших COVID-19, обнаруживают аномалии МРТ-картины у 15–19 % в виде отека, изолированного фиброза миокарда и перикардального выпота также без четкой корреляции между симптомами и поражением сердца [4, 7]. Среди женщин-атлетов миокардит выявляется реже (в 3 % случаев), что авторы объясняют более

благоприятным клиническим течением COVID-19, отмеченным ранее [8]. В большинстве перечисленных работ отмечается отсутствие изменений ЭКГ, соответствующих МРТ-находкам. ЭКГ показывает весьма низкую чувствительность для выявления миоперикардита в целом: 47 % [9]. Если учесть, что более 70 % людей, активно занимающихся спортом, в норме имеют аномалии реполяризации [10], шансы заподозрить миоперикардит в данной группе уменьшаются дополнительно. Поскольку толерантность к нагрузкам у спортсменов все равно остается высокой так же, как и привычка преодолевать недомогания, диагностировать нетяжелое воспаление мышцы сердца в острый период становится

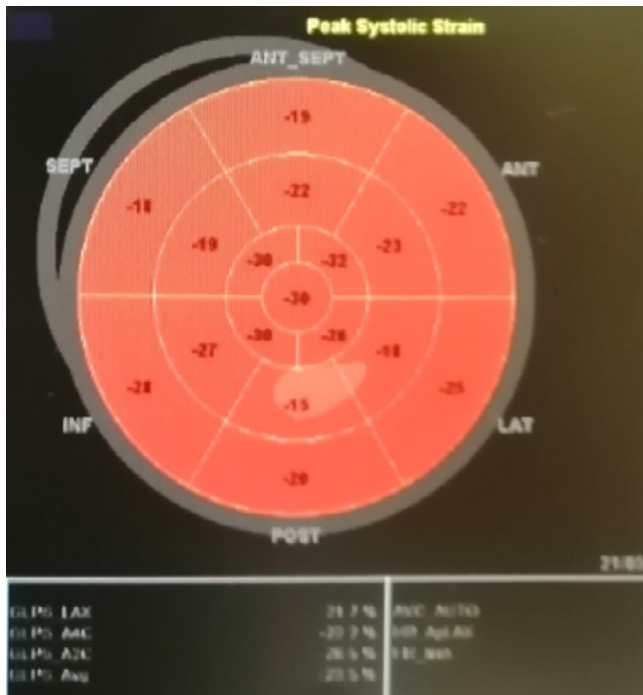


Рис. 11. Пациент 2. Пиковая систолическая деформация миокарда левого желудочка (bull eyespeckletracking). Минимальное снижение сократимости миокарда среднего сегмента нижнебоковой стенки (POST) до  $-15\%$  при сохраненной сократимости остальных сегментов

Fig. 11. Patient 2. Peak systolic strain of the left ventricle (bull eye with speckle tracking). Minimal decrease in myocardial contractility in the middle segment of the inferior lateral wall (POST) up to  $-15\%$  with good contractility of the most segments

практически невозможным. К тому же небольшие изменения hs-cTn и ЭКГ могут нивелироваться к моменту, как спортсмен клинически выздоровел от COVID-19 и обратился к кардиологу, как было, вероятно, в нашем случае. В связи с отсутствием вышеперечисленных маркеров острого повреждения миокарда, грубых аускультативных феноменов, симптомов и признаков левожелудочковой недостаточности на первом визите мы также не нашли повода расширять обследование. Обращение второго пациента и выявление у него минимальной перикардиальной экссудации заставило заподозрить ковидный миокардит как причину произошедшего. Интересным является факт, что спустя 6 месяцев очаг фиброза по МРТ зарегистрирован только у одного пациента с признаками сердечной недостаточности. В многоцентровом исследовании динамики МРТ-картины показано, что у большого количества пациентов с острым миокардитом изменения T1- и T2-взвешенных изображений через 6 месяцев перестают определяться, что особенно касается отека [11]. Купирование воспалительных изменений на МРТ коррелирует с лучшим функциональным прогнозом [11]; это подтвердилось во втором случае: несмотря на отрыв одной из хорд, пациент не имел ощущаемых ограничений физической активности и биомаркеров сердечной недостаточности. Однако

это не означает отсутствие повреждения небольшого количества кардиомиоцитов, о чем свидетельствует формирование очага нарушенной деформации по данным speckle tracking. У обоих мужчин на руках были результаты предыдущих ультразвуковых исследований сердца без регистрации пролапса МК. Так как именно пролапс МК является главным предрасполагающим фактором спонтанного отрыва хорд на сегодня [12], вероятность события у наших пациентов без миокардита была ничтожной. Как известно, гипервоспалительный синдром при COVID-19 характеризуется повышенным содержанием интерлейкинов, колониестимулирующего фактора гранулоцитов-макрофагов, интерферона- $\gamma$ , индуцибельного белка 10, моноцитарного хемоаттрактантного белка 1, воспалительных белков макрофагов 1- $\alpha$ , фактора некроза опухоли- $\alpha$  [13]. Персистенция воспаления в тканях сердца в течение длительного времени после заражения, вероятно, делает миокард более хрупким, а также снижает способность компенсировать минимальные аномалии, если таковые имелись ранее. С нашим исследованием перекликаются данные коллег, описывающих большое количество случаев выявления миоперикардита, связанного с COVID-19, у пациентов без респираторных симптомов или задолго после купирования поражения дыхательных путей [1, 4, 7, 8]. А лабораторные признаки острого повреждения сердца регистрируются у 5–25 % пациентов с COVID-19 [14], и это также часто не сопровождается яркой клиникой.

Следует отметить, что оба случая оказались не совсем типичными с точки зрения анатомо-физиологии повреждения. По данным большинства авторов, наиболее часто происходит отрыв хорд задней створки митрального клапана [15, 16]. По наблюдениям, именно они подвержены «спонтанному» отрыву, связанному с физическим перенапряжением. В подавляющем большинстве случаев это происходит у лиц старше 50 лет. Отрыв хорд передней створки чаще наблюдается при ревматических заболеваниях [17, 18]. У описанных пациентов, возрастом около 40 лет, произошел спонтанный отрыв хорд передней створки, что позволяет провести очередную параллель «ковидного» сердца с кардиомиопатией при ревматических заболеваниях. В предыдущих работах мы обращали внимание на схожесть ультразвуковой картины воспаления серозной оболочки сердца и легких при COVID-19 с полисерозитом при системных заболеваниях [2]. Ревматические заболевания и подострый инфекционный эндокардит были наиболее частыми причинами отрыва хорд до 1985 года (54,4 и 42,1 % соответственно), оставаясь самой актуальной проблемой хирургии митрального клапана (52 % среди госпитализированных с тяжелой недостаточностью). С 1985 года их доля уменьшилась до 37,4 и 24,8 %, возросла роль выявленного пролапса (44,5 %) и миксоматозной дегенерации (14 %) митрального клапана среди предпосылок для первичного отрыва. Авторы статьи 2010 года утверждают, что остальные

причины являются несущественными [15]. Вероятно, с 2019 года мы накапливаем новый опыт.

Вопрос о сроках возвращения к полноценным физическим нагрузкам стал одним из самых популярных во время эпидемии. Накапливаются сообщения о случаях остановки сердца у спортсменов [18], к примеру внезапная смерть 27-летнего баскетболиста во время тренировки вскоре после выздоровления от COVID-19 [19]. Опубликованы рекомендации спортивных сообществ по возвращению к участию в соревнованиях после заражения COVID-19 [20–23]. В свете описанных случаев для военнослужащих и спортсменов постепенное возобновление активности и физподготовки является более разумным, как и дополнительное обследование лиц с подозрением на любую инфекцию, с акцентом на оценку сердечно-сосудистой системы. Ограничение физических упражнений целесообразно у пациентов с постоянными симптомами сердцебиения или боли в груди для исключения миокардита или перикардита. Стертое течение COVID-19 следует также учитывать

#### **Вклад авторов:**

**Сукмарова Зульфия Наилевна** — редактирование, утверждение финальной версии статьи.

**Овчинников Юрий Викторович** — сбор и обработка материала.

**Ларина Ольга Михайловна** — сбор и обработка материала.

**Лепендин Сергей Олегович** — сбор и обработка материала.

**Афонина Ольга Владимировна** — сбор и обработка материала.

**Громов Александр Игоревич** — сбор и обработка материала.

при принятии решений о хирургических манипуляциях, так как описаны летальные случаи после операции на митральном клапане в период острой инфекции [23].

#### **3. Заключение**

Описание данной серии случаев носит цель обратить внимание на вероятность малосимптомного вирусного миокардита у молодых здоровых мужчин, что явилось причиной отрыва хорд митрального клапана на фоне интенсивного физического напряжения, а также на важность предвзятого инфекционного анамнеза во время пандемии. Даже в случае субклинического течения COVID-19 у спортсменов рекомендуется отсрочить выполнение высокоинтенсивных тренировок, а также расширить мультимодальное обследование данной группы пациентов для исключения сердечно-сосудистой патологии. Требуется больше исследований, изучающих истинную распространенность и степень поражения сердца после симптомного или бессимптомного COVID-19 у людей физического труда.

#### **Authors' contributions:**

**Zulfiya N. Sukmarova** — editing, approval of the article final version.

**Yuryi V. Ovchinnikov** — collection and processing of material.

**Olga M. Larina** — collection and processing of material.

**Sergey O. Lependin** — collection and processing of material.

**Olga V. Afonina** — collection and processing of material.

**Aleksander I. Gromov** — collection and processing of material.

#### **Список литературы / References**

1. Phelan D., Kim J.H., Elliott M.D., Wasfy M.M., Cremer P., Johri A.M., et al. Screening of Potential Cardiac Involvement in Competitive Athletes Recovering From COVID-19. An Expert Consensus Statement. *JACC: Cardiovasc. imaging.* 2020;13(12):2635–2652. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2020.10.005>
2. Сукмарова З.Н., Симоненко В.Б., Ибрагимова Ф.М., Демьяненко А.В. Экссудативный перикардит как новый специфичный симптом SARS-CoV-2. *Клиническая медицина.* 2021;99(3):192–197. [Sukmarova Z.N., Simonenko V.B., Ibragimova F.M., Demyanenko A.V. Pericardial effusion as a new specific symptom of SARS-CoV-2. *Clinical Medicine (Russian Journal).* 2021;99(3):192–197. (In Russ.)] <https://doi.org/10.30629/0023-2149-2021-99-3-192-197>
3. Caforio A.L., Pankuweit S., Arbustini E., Basso C., Gimeno-Blanes J., Felix S.B., et al. Current state of knowledge on aetiology, diagnosis, management, and therapy of myocarditis: a position statement of the European society of cardiology working group on myocardial and pericardial diseases. *Eur. Heart J.* 2013;34(33):2636–2648, 2648a–2648d. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehd210>
4. Rajpal S., Tong M.S., Borchers J., Zareba K.M., Obariski T.P., Simonetti O.P., Daniels C.J. Cardiovascular magnetic resonance findings in competitive athletes recovering from COVID-19 infection. *JAMA Cardiol.* 2020;6(1):116–118. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2020.4916>

5. Szekely Y., Lichter Y., Taieb P., Banai A., Hochstadt A., Merdler I., et al. Spectrum of cardiac manifestations in COVID-19: a systematic echocardiographic study. *Circulation.* 2020;142:342–353. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.120.047971>
6. Maron B.J., Udelson J.E., Bonow R.O., Nishimura R.A., Ackerman M.J., Estes N.A. 3rd, et al. Eligibility and Disqualification Recommendations for Competitive Athletes With Cardiovascular Abnormalities: Task Force 3: Hypertrophic Cardiomyopathy, Arrhythmogenic Right Ventricular Cardiomyopathy and Other Cardiomyopathies, and Myocarditis: A Scientific Statement From the American Heart Association and American College of Cardiology. *Circulation.* 2015;132(22):e273–280. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000239>
7. Małek Ł.A., Marczak M., Miłosz-Wieczorek B., Kopka M., Braksator W., Drygas W., Krzywański J. Cardiac involvement in consecutive elite athletes recovered from Covid-19: A magnetic resonance study. *J. Magn. Reson. Imaging.* 2021;53(6):1723–1729. <https://doi.org/10.1002/jmri.27513>
8. Clark D.E., Parikh A., Dendy J.M., Diamond A.B., George-Durrett K., Fish F.A., et al. COVID-19 Myocardial Pathology Evaluation in Athletes with Cardiac Magnetic Resonance (COMPETE CMR). *Circulation.* 2021;143(6):609–612. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.120.052573>
9. Morgera T., Di Lenarda A., Dreas L., Pinamonti B., Humar F., Bussani R., et al. Electrocardiography of myocarditis revisited: clinical and prognostic significance of electrocardio-

graphic changes. *Am. Heart J.* 1992;124(2):455–467. [https://doi.org/10.1016/0002-8703\(92\)90613-z](https://doi.org/10.1016/0002-8703(92)90613-z)

10. **Baggish A.L., Battle R.W., Beaver T.A., Border W.L., Douglas P.S., Kramer C.M., et al.** Recommendations on the use of multimodality cardiovascular imaging in young adult competitive athletes: a report from the American Society of Echocardiography in Collaboration with the Society of Cardiovascular Computed Tomography and the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2020;33(5):523–549. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2020.02.009>

11. **Aquaro G.D., Habtemicael Y.G., Camastra G., Monti L., Dellegrottaglie S., Moro C., et al.** Prognostic value of repeating cardiac magnetic resonance in patients with acute myocarditis. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2019;74(20):2439–2448. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2019.08.1061>

12. **Zimmerman F.H., Mogtader A.H.** Ruptured chordae tendineae and acute pulmonary edema induced by exercise. Occurrence in a young man with mitral valve prolapse. *JAMA.* 1987;258(6):812–813.

13. **Huang C., Wang Y., Li X., Ren L., Zhao J., Hu Y., et al.** Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet.* 2020;395(10223):497–506. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30183-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30183-5)

14. **Tajbakhsh A., Gheibi Hayat S.M., Taghizadeh H., Akbari A., Inabadi M., Savardashtaki A., et al.** COVID-19 and cardiac injury: clinical manifestations, biomarkers, mechanisms, diagnosis, treatment, and follow up. *Expert Rev. Anti Infect. Ther.* 2021 Mar;19(3):345–357. <https://doi.org/10.1080/14787210.2020.1822737>

15. **Gabbay U., Yosefy C.** The underlying causes of chordae tendinae rupture: A systematic review. *International Journal of Cardiology.* 2010;143(2):113–118. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2010.02.011>

16. **Portugese S., Amital H., Tenenbaum A., Bar-Dayyan Y., Levy Y., Afek A., et al.** Clinical characteristics of ruptured chor-

dae tendineae in hospitalized patients: primary tear versus infective endocarditis. *Clin. Cardiol.* 1998;21(11):813–816. <https://doi.org/10.1002/clc.4960211106>

17. **Huang C-H., Chen W-J., Tsai M-S.** Exercise-induced Acute Mitral Valve Chordae Rupture. *J. Med. Ultrasound.* 2013;21(3):159–162. <https://doi.org/10.1016/j.jmu.2013.07.006>

18. **Castiello T., Georgiopoulou G., Finocchiaro G.** COVID-19 and myocarditis: a systematic review and overview of current challenges. *Heart Fail. Rev.* 2021;27(1):251–261. <https://doi.org/10.1007/s10741-021-10087-9>

19. **Topol E.J.** COVID-19 can affect the heart. *Science.* 2020;370(6515):408–409. <https://doi.org/10.1126/science.abe2813>

20. **Bhatia R.T., Marwaha S., Malhotra A.** Exercise in the severe acute respiratory syndrome coronavirus-2 (SARS-CoV-2) era: a question and answer session with the experts endorsed by the section of sports cardiology & exercise of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC). *Eur. J. Prev. Cardiol.* 2020;27(12):1242–1251. <https://doi.org/10.1177/2047487320930596>

21. **McKinney J., Connelly K.A., Dorian P., Fournier A., Goodman J.M., Grubic N., et al.** COVID-19-Myocarditis and Return to Play: Reflections and Recommendations From a Canadian Working Group. *Can. J. Cardiol.* 2021;37(8):1165–1174. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2020.11.007>

22. **Kim J.H., Levine B.D., Phelan D.** Coronavirus disease 2019 and the athletic heart: emerging perspectives on pathology, risks, and return to play. *JAMA Cardiol.* 2021;6(2):219–227. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2020.5890>

23. **Dores H., Cardim N.** Return to play after COVID-19: a sport cardiologist's view. *Br. J. Sports Med.* 2020;54(19):1132–1133. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102482>

24. **Sukmarova Z., Travin N., Ibragimova F.** Acute mitral valve chordae rupture in the early postCOVID in heavy physical active men. One-year observation and tactical issues. In: *ESC Preventive Cardiology 2022; 07–09 April 2022; European Association of Preventive Cardiology (EAPC); 2022. Abstract 11317.*

#### Информация об авторах:

**Сукмарова Зульфия Наилевна\***, к.м.н., врач-кардиолог, врач функциональной диагностики ФКУ «Центральный военный клинический госпиталь им. П.В. Мандрыка» Министерства обороны Российской Федерации, 107014, Россия, Москва, ул. Большая Оленья, 8а. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7858-7820> (+7 (965) 157-65-88, [suzulfia@gmail.com](mailto:suzulfia@gmail.com))

**Овчинников Юрий Викторович**, д.м.н., доцент, заслуженный врач РФ, начальник кафедры терапии неотложных состояний, филиал ФГБ ВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации, 107392, Москва, ул. Малая Черкизовская, 7. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1843-087X>

**Ларина Ольга Михайловна**, к.м.н., врач-рентгенолог, зав. отделением лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 121059, г. Москва, ул. Б. Дорогомиловская, 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2484-5249>

**Лепендин Сергей Олегович**, хирург кардиохирургического подразделения ФКУ «Центральный военный клинический госпиталь им. П.В. Мандрыка» Министерства обороны Российской Федерации, 107014, Москва, ул. Большая Оленья, 8а. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8670-8787>

**Афоница Ольга Владимировна**, врач-кардиолог ФКУ «Центральный военный клинический госпиталь им. П.В. Мандрыка» Министерства обороны Российской Федерации, 107014, Москва, ул. Большая Оленья, 8а. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0114-106X>

**Громов Александр Игоревич**, д.м.н., профессор кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 127473, Москва, ул. Делегатская, 20/1; заведующий отделением лучевой диагностики Клинической больницы № 2 АО Группы компаний «МЕДСИ», 125284, Москва, 2-й Боткинский пр-д, 5/4. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9014-9022>

#### Information about the authors:

**Zulfiya N. Sukmarova\***, Ph.D. (Medicine), cardiologist, functional diagnostics doctor of the P.V. Mandryka Central Military Clinical Hospital, 8A, Bolshaya Olenya str., Moscow, 107014, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7858-7820> (+7 (965) 157-65-88; [suzulfia@gmail.com](mailto:suzulfia@gmail.com))

**Yuryi V. Ovchinnikov**, M.D., Ph.D. (Medicine), Head of the Department of Emergency Medicine of the S.M. Kirov Military medical academy, 7, Malaya Cherkizovskaya str., Moscow, 107392, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1843-087X>

**Olga M. Larina**, Ph.D. (Medicine), radiologist, Head of the Department of radiology of the Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency, 5, Bolshaya Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2484-5249>

**Sergey O. Lependin**, surgeon of the P.V. Mandryka Central Military Clinical Hospital, 8A, Bolshaya Olenya str., Moscow, 107014, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8670-8787>

**Olga V. Afonina**, cardiologist of the P.V. Mandryka Central Military Clinical Hospital, 8A, Bolshaya Olenya str., Moscow, 107014, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0114-106X>

**Aleksander I. Gromov**, M.D., Ph.D. (Medicine), Professor of the Department radiology of the A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, 20/1, Delegatskaya str., Moscow, 127473; Head of the Department of Radiology of the Clinical Hospital "MEDSI", 5/4, 2nd Botkinsky proezd, Moscow, 125284, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9014-9022>

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.10>

УДК 616.1

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original research



## Показатели артериального давления у юных элитных спортсменов при проведении пробы с дозированной физической нагрузкой

В.Н. Комолятова<sup>1,2,\*</sup>, Д.А. Беспорточный<sup>1</sup>, Л.М. Макаров<sup>1,2</sup>, И.И. Киселева<sup>1</sup>, Н.В. Аксенова<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр детей и подростков  
Федерального медико-биологического агентства».  
Центр синкопальных состояний и сердечных аритмий, Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

<sup>3</sup> ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр детей и подростков  
Федерального медико-биологического агентства». Центр детской спортивной медицины, Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

Известно, что у детей в покое значения АД зависят от роста, но этот аспект не учитывается при анализе максимального АД при нагрузке.

**Цель:** определить максимальное значение АД у молодых элитных спортсменов в зависимости от роста и пола.

**Методы:** обследовано 2313 (возраста  $15,5 \pm 1,4$  года, 45% юношей) юных элитных спортсменов членов сборных команд Российской Федерации по 40 видам спорта. Всем обследуемым была проведена велоэргометрия по протоколу PWC170, АД измерялось вручную на каждой ступени нагрузки, определялись его максимальные значения в течение всей пробы.

**Результаты:** максимальные значения АД у юношей были выше, чем у девушек: систолического артериального давления (САД)  $195 \pm 25$  vs  $175 \pm 20$  мм рт. ст.,  $p < 0,001$ , диастолического артериального давления (ДАД)  $80 \pm 11$  vs  $80 \pm 10$  мм рт. ст.,  $p < 0,05$ . Выявлена зависимость между максимальным значением АД на нагрузке и ростом ( $r = 0,55$ ;  $p < 0,001$ ). Предложены нормативные таблицы для оценки максимальных значений САД на нагрузке в зависимости от роста.

**Заключение:** у юных элитных спортсменов максимальное значение АД при проведении ВЭМ по протоколу PWC170 зависит не только от пола, но и от роста. Максимальные значения САД на нагрузке у высокорослых юных элитных спортсменов могут достигать у юношей 250 мм рт. ст., у девушек 210 мм рт. ст.

**Ключевые слова:** юные элитные спортсмены, проба с дозированной физической нагрузкой, артериальное давление при нагрузке

**Конфликт интересов:** авторы статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Комолятова В.Н., Беспорточный Д.А., Макаров Л.М., Киселева И.И., Аксенова Н.В. Показатели артериального давления у юных элитных спортсменов при проведении пробы с дозированной физической нагрузкой. *Спортивная медицина: наука и практика.* 2022;12(1):86–91. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.10>

Поступила в редакцию: 15.12.2021

Принята к публикации: 25.02.2021

Online first: 25.03.2022

Опубликована: 30.04.2022

\*Автор, ответственный за переписку

## Parameters of blood pressure during stress test in young elite athletes

Vera N. Komoliatova<sup>1,2,\*</sup>, Dmitriy A. Besportochii<sup>1</sup>, Leonid M. Makarov<sup>1,2</sup>, Irina I. Kiseleva<sup>1</sup>,  
Natalya V. Aksenova<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents. Center for syncope and cardiac arrhythmias, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents. Center of Pediatric Sports Medicine, Moscow, Russia



## ABSTRACT

It is known that in children at rest, BP values depend on height, but this aspect is not taken into account when analyzing the maximum BP during exercise.

**Objective:** to determine the maximum value of BP in young elite athletes, depending on height and gender.

**Materials and methods:** 2313 (age  $15.5 \pm 1.4$  years, 45% of young men) young elite athletes, members of national teams of the Russian Federation in 40 sports, were examined. All subjects underwent bicycle ergometry according to the PWC170 protocol, blood pressure was measured manually at each stage of the load, and its maximum values were determined during the entire test.

**Results:** The maximum BP values in boys were higher than in girls: systolic blood pressure (SBP)  $195 \pm 25$  vs  $175 \pm 20$  mmHg,  $p < 0.001$ , diastolic blood pressure (DBP)  $80 \pm 11$  vs  $80 \pm 10$  mm Hg,  $p < 0.05$ . A relationship was found between the maximum value of blood pressure on load and growth ( $r = 0.55$ ;  $p < 0.001$ ). Normative tables are proposed for assessing the maximum values of SBP and load, depending on growth.

**Conclusion:** In young elite athletes, the maximum BP value during VEM according to the PWC170 protocol depends not only on gender, but also on height. The maximum values of SBP during exercise in tall young elite athletes can reach 250 mm Hg in boys and 210 mm Hg in girls.

**Keywords:** young elite athletes, dosed exercise test, blood pressure during exercise

**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interest.

**For citation:** Komoliatova V.N., Besportochinii D.A., Makarov L.M., Kiseleva I.I., Aksenova N.V. Parameters of blood pressure during stress test in young elite athletes. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(1):86–91. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.10>

**Received:** 15 December 2021

**Accepted:** 25 February 2022

**Online first:** 25 March 2022

**Published:** 30 April 2022

\* **Corresponding author**

## 1. Введение

Известно, что под влиянием интенсивных и регулярных тренировок сердечно-сосудистая система спортсмена претерпевает определенное ремоделирование, что отражается в изменении морфологии сердца, электрофизиологической регуляции его работы, адаптации артериального давления (АД) к нагрузкам [1, 2]. Эти изменения особенно выражены у спортсменов уровня высшего спортивного мастерства и спортивного совершенствования или «элитных спортсменов» (eliteathletes), как принято определять этот уровень спортивной подготовки в международной литературе [1]. К данному уровню относятся члены национальных сборных команд, кандидаты и мастера спорта.

Под влиянием длительных интенсивных физических нагрузок отмечаются более низкие значения АД у спортсменов в покое, однако во время физической нагрузки оно может значительно подниматься [1, 2]. При анализе значений АД в покое обычно ориентируются на пол, возраст и рост [3], но при проведении пробы с дозированной физической нагрузкой показатель роста никогда не учитывается [2]. Целью настоящего исследования явилось определение максимальных значений АД у юных элитных спортсменов в зависимости от роста и пола.

## 2. Материалы и методы исследования

В исследование было включено 2313 юных элитных спортсменов от 12 до 18 ( $15,5 \pm 1,4$ ) лет, которым в 2016–2017 гг. проводилась велоэргометрия в рамках регулярного углубленного медицинского обследования в Центре синкопальных состояний и сердечных аритмий у детей и подростков ФМБА России. Все спортсмены являются членами сборных команд Российской Федерации

по 40 видам спорта (рис. 1). Согласно классификации Митчелла [3], основанной на уровне статичности и динамичности видов спорта, в нашем исследовании преобладали спортсмены высокодинамичных видов спорта ( $n = 1321$ : бокс, баскетбол, хоккей, велогонки, лыжные гонки, футбол и др.). Показатели АД в покое были в пределах нормальных значений у всех спортсменов.

Всем обследуемым была проведена велоэргометрия (система CardioSoft 6.5 V6.51, GEHealthcare, USA) по протоколу PWC170 с начальной нагрузкой 1 Вт/кг с последующим увеличением нагрузки каждые три минуты на 25 Вт, до достижения ЧСС 170 уд./мин либо физической усталости. АД измерялось мануально по методу Н.С. Короткова на каждой ступени нагрузки, определялись максимальные значения АД в течение всей пробы. Статистический анализ полученных данных проводили с использованием программы StatisticaforWindows (StatSoft, USA). Статистически значимыми считали различия при  $p < 0,05$ .

## 3. Результаты

Среди спортсменов, вошедших в исследование, незначительно преобладали девушки (55%). Средний возраст девушек был несколько меньше, чем у юношей. Эти две группы достоверно различались по росту и показателям АД. Клиническая характеристика группы обследуемых представлена в таблице 1.

Во время пробы с дозированной физической нагрузкой 873 (38%) спортсмена достигли максимальной ЧСС (170 уд./мин), доля девушек среди спортсменов, полностью выполнивших тест, составила 59%. В остальных 1440 (62%) случаях причиной остановки пробы была физическая усталость. Толерантность к физической нагрузке была достоверно выше у юношей ( $2,5 \pm$

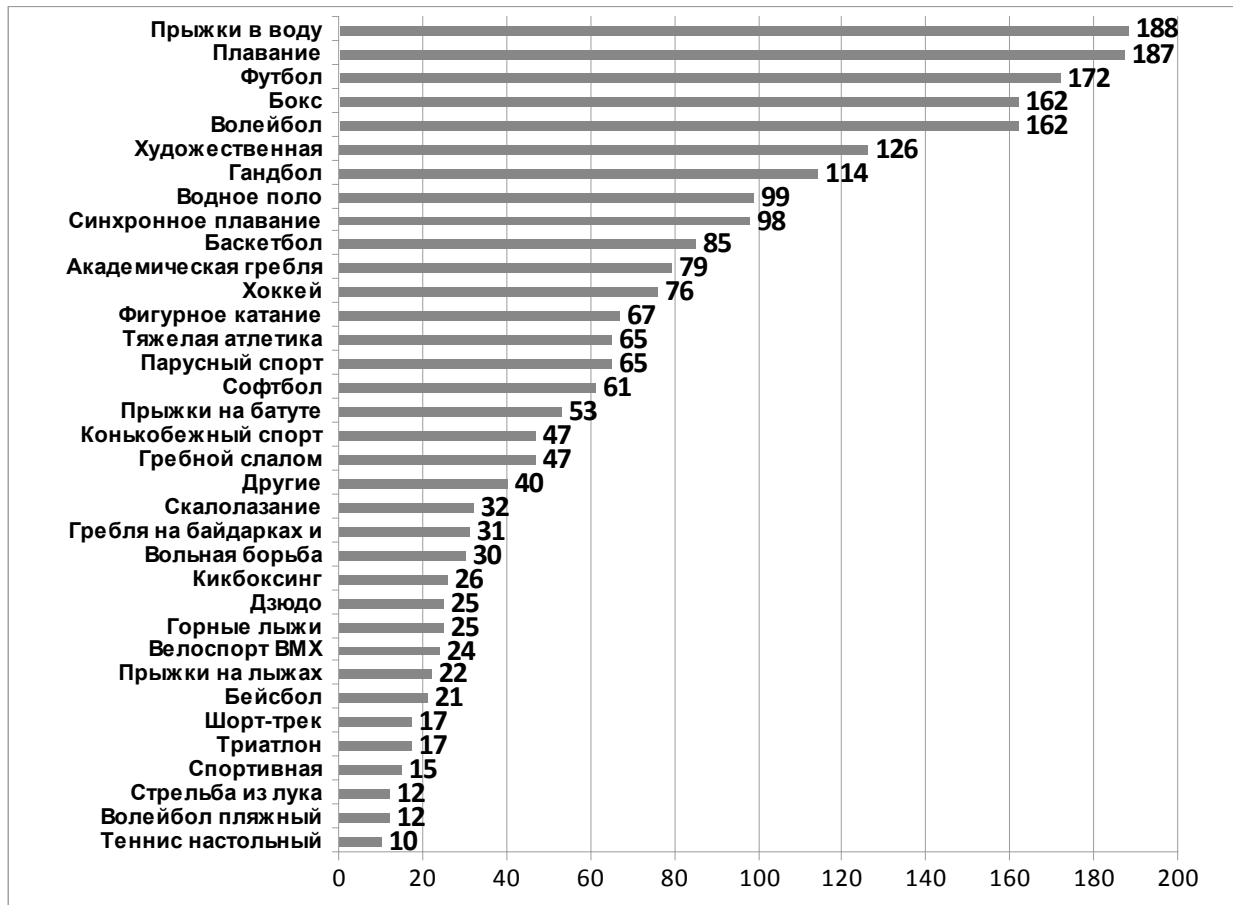


Рис. 1. Распределение обследованных спортсменов по видам спорта  
Fig 1. Distribution of the athletes by sport disciplines

Таблица 1

**Клиническая характеристика спортсменов 12–17 лет, вошедших в исследование (n = 2313)**

Table 1

**The clinical characteristics of the Study Population (n = 2313)**

Показатели	Юноши (n = 1035)	Девушки (n = 1278)	Достоверность различий
Возраст (годы)	16 ± 1,3	15 ± 1,4	p < 0,05
Рост (см)	179 ± 13	168 ± 10	p < 0,001
САД в покое (мм рт. ст.)	120 ± 14	111 ± 12	p < 0,001
ДАД в покое (мм рт. ст.)	74 ± 10	72 ± 9	p < 0,001

Таблица 2

**Результаты пробы с дозированной физической нагрузкой (ФН) у юных спортсменов**

Table 2

**The results of stress test in young elite athletes**

Показатели	Юноши (n = 1035)	Девушки (n = 1278)	Достоверность различий
Толерантность к физической нагрузке (Вт/кг)	2,5 ± 0,4	2,2 ± 0,4	p < 0,001
Максимально достигнутая ЧСС при пробе (уд./мин)	161 ± 12	161 ± 12	p > 0,05
Максимальные значения САД при пробе с ФН (мм рт. ст.)	195 ± 25	175 ± 20	p < 0,001
Максимальные значения ДАД при пробе с ФН (мм рт. ст.)	80 ± 11	80 ± 10	p > 0,05

0,4 Вт/кг vs  $2,2 \pm 0,4$  Вт/кг,  $p < 0,001$ ), как и показатели максимального АД, достигнутого во время физической нагрузки (табл. 2).

Выявлена зависимость между максимальными значениями систолического АД при нагрузочной пробе и ростом ( $r = 0,55$ ,  $p < 0,001$ ) и более слабая зависимость между максимальным диастолическим АД и ростом ( $r = 0,18$ ,  $p < 0,001$ ). Составлено процентильное распределение максимальных значений систолического АД в ходе пробы с дозированной физической нагрузкой у юных элитных спортсменов в зависимости от роста и пола (табл. 3).

#### 4. Обсуждение

Известно, что при оценке АД в покое рекомендуется ориентироваться на рост и возраст пациента так же, как и при анализе показателей суточного мониторинга АД. Однако при оценке максимальных значений АД в ходе пробы с физической нагрузкой рост никогда не учитывается. В ответ на физическую нагрузку всегда отмечается прирост артериального давления, причем рост систолического АД зависит не только от уровня выполняемой работы, но также от антропометрических показателей спортсмена, квалификации и вида спорта, которым занимается атлет. По данным American College of Sports Medicine, прирост САД составляет 7–10 мм рт. ст. на 1 МЕТ по 25 Вт, хотя единого стандарта в этом не прослеживается [5]. Показано, что максимальные значения САД, ДАД и данные АД в период восстановления зависят от пола и возраста. В большой

популяции здоровых обследуемых максимальное САД, ДАД и дельта систолического артериального давления (разница САД в исходе теста и на пике нагрузки) были выше у мужчин, чем у женщин, и имели положительную ассоциацию с возрастом [6]. В этом исследовании у мужчин 90% распределения максимального САД при нагрузочной пробе составил 210 мм рт. ст. для возрастной группы от 20 до 29 лет и 234 мм рт. ст. возрасте от 70 до 79 лет, а у молодых женщин этот показатель достигал 180 и 220 мм рт. ст. Значения этих показателей в нашем исследовании у юных атлетов несколько выше, что, возможно, обусловлено их активной спортивной деятельностью. М. Shahraki и соавт. [7], показали, что девушки-спортсменки имеют достоверно более высокий прирост систолического АД во время выполнения физической нагрузки по сравнению с их сверстницами, не занимающимися спортом.

В исследовании S. Caselli и соавт. [8], проведенном на большой группе сопоставимых с нашим исследованием по росту молодых спортсменов  $25 \pm 6$  лет максимальные значения систолического АД на нагрузке у юношей достигали 220 мм рт. ст., а у девушек 200 мм рт. ст. Для диастолического АД они составили 85 и 80 мм рт. ст. соответственно. Схожие данные были продемонстрированы нами ранее у 500 юных спортсменов, где максимальные значения САД находились в тех же пределах, однако в предыдущем исследовании нами не было отмечено зависимости значений АД от роста [2].

Помимо антропометрических показателей на значения АД при нагрузке может оказывать влияние вид

Таблица 3

#### Процентильное распределение максимальных значений систолического АД на нагрузке у элитных спортсменов 12–17 лет в зависимости от роста и пола

Table 3

#### The percentile distribution of the maximum values of systolic blood pressure depending on height and gender during stress test in elite athletes 12–17 years old

Систолическое АД у юношей (мм рт. ст.)							
	140–149 см (n = 26)	150–159 см (n = 55)	160–169 см (n = 114)	170–179 см (n = 308)	180–189 см (n = 326)	190–199 см (n = 167)	200–209 см (n = 37)
95 %	180	188	208	233	234	240	251
75 %	158	171	192	208	214	221	224
50 %	150	159	178	195	202	207	209
25 %	138	144	164	181	190	196	195
5 %	122	132	142	160	171	174	171
Систолическое АД у девушек (мм рт. ст.)							
	140–149 см (n = 31)	150–159 см (n = 195)	160–169 см (n = 500)	170–179 см (n = 375)	180–189 см (n = 149)	190–199 см (n = 22)	200–209 см (n = 1)
95 %	184	191	206	211	216	211	-
75 %	168	177	187	191	194	202	-
50 %	153	164	174	179	185	188	233
25 %	138	151	162	167	172	176	-
5 %	119	130	138	149	152	168	-

спорта, которым спортсмены занимаются. В нашем исследовании преобладали атлеты высокодинамичных видов спорта. I. Cubero и соавт. [9], изучая изменения АД на нагрузку у юных атлетов  $16 \pm 1$  год трех различных видов спорта (футбол, велоспорт, гребля на каяках), показали, что наиболее высокий подъем систолического АД до 190 мм рт. ст. отмечен у гребцов — высокодинамичной спортивной дисциплины. Для них также был характерен более высокий индекс массы миокарда.

Высокие значения САД на нагрузку ( $> 75\%$ ) расцениваются как гипертонический тип реакции и могут явиться фактором развития артериальной гипертензии. S. Caselli и соавт. [10] показали, что атлеты, имеющие гипертонический тип реакции АД на нагрузку, чаще формируют в последующем эссенциальную артериальную гипертензию. Схожие данные получены в исследовании T. Manolio и соавт. [11], которые обследовали

#### Вклад авторов:

**Комолятова Вера Николаевна** — концепция работы, сбор, анализ содержания, написание текста.

**Беспорточный Дмитрий Алексеевич** — сбор и анализ информации.

**Макаров Леонид Михайлович** — критический пересмотр содержания, утверждение окончательного варианта статьи для публикации.

**Киселева Ирина Ивановна** — сбор и анализ информации.

**Аксенова Наталья Валентиновна** — сбор и анализ информации.

3474 спортсменов и выявили, что прирост максимально-го САД до 210 мм рт. ст. у мужчин и 190 мм рт. ст. у женщин являлся предиктором развития стойкой артериальной гипертензии. Однако эти цифры были получены без учета ростовых показателей.

#### 5. Выводы

1. У юных элитных спортсменов максимальное значение АД при пробе с физической нагрузкой зависит от пола и от роста.

2. Для оценки максимального АД при проведении ВЭМ по протоколу PWC170 у юных элитных атлетов необходимо ориентироваться на предложенные гендерные и ростовые значения.

3. Максимальные значения САД на нагрузке у высококорослых юных элитных спортсменов (юноши — выше 185 см, девушки — выше 173 см) могут достигать у юношей 250 мм рт. ст., у девушек — 210 мм рт. ст.

#### Authors' contributions:

**Vera N. Komoliatova** — concept of manuscript, content collection and analysis, text writing.

**Dmitriy A. Besportochnii** — collection and analysis of information.

**Leonid M. Makarov** — critical review of the content, approval of the final version of the article for publication.

**Irina I. Kiseleva** — collection and analysis of information.

**Natalya V. Aksenova** — collection and analysis of information.

#### Список литературы / References

1. Pellicia A., Heinbuchel H., Corrado D., Sharma S. (eds.). The ESC Textbook of Sport Cardiology. Oxford University Press (UK); 2019.

2. Макаров Л.М., Федина Н.Н., Комолятова В.Н., Беспорточный Д.А., Киселева И.И. Нормативные параметры артериального давления у юных элитных атлетов при пробе с дозированной физической нагрузкой. Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. 2015;94(2):102–105 [Makarov L.M., Fedina N.N., Komolyatova V.N., Besportochnyi D.A., Kiseleva I.I. Regulatory parameters of blood pressure in young elite athletes during the test at exercise stress. PEDIATRIYA. Zhurnal im. G.N. Speranskogo = Pediatrics. Journal named after G.N. Speransky. 2015;94(2):102–105 (In Russ.).

3. Flynn J.T., Kaelber D.C., Baker-Smith C.M., et al. Clinical Practice Guideline for Screening and Management of High Blood Pressure in Children and Adolescents. Pediatrics. 2017;140(3):e20171904. <https://doi.org/10.1542/peds.2017-3035>

4. Mitchell J.H., Haskell W., Snell P., Van Camp S.P. Task Force 8: Classification of sports. J. Am. Coll. Cardiol. 2005;45(8):1364–1367. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2005.02.015>

5. American College of Sports Medicine ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 7th ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2006.

6. Daida H., Allison T.G., Squires R.W., Miller T.D., Gau G.T. Peak exercise blood pressure stratified by age and gender in apparently healthy subjects. Mayo Clin. Proc. 1996;71(5):445–452. <https://doi.org/10.4065/71.5.445>

7. Shahraki M.R., Mirshekari H., Shahraki A.R., Shahraki E., Naroi M. Arterial blood pressure in female students before, during and after exercise. ARYA Atheroscler. 2012;8(1):12–15.

8. Caselli S., VaquerSegui A., Quattrini F., Di Gacinto B., Milan A., Assorgi R., et al. Upper normal values of blood pressure response to exercise in Olympic athletes. Am. Heart J. 2016;177:120–128. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2016.04.020>

9. Iglesias Cubero G., Batalla A., Rodriguez Reguero J.J., Barriales R., González V., de la Iglesia J.L., Terrados N. Left ventricular mass index and sports: the influence of different sports activities and arterial blood pressure. Int. J. Cardiol. 2000;75(2–3):261–265. [https://doi.org/10.1016/s0167-5273\(00\)00342-9](https://doi.org/10.1016/s0167-5273(00)00342-9)

10. Caselli S., Serdoz A., Mango F., Lemme E., VaquerSegui A., Milan A., et al. High blood pressure response to exercise predicts future development of hypertension in young athletes. Eur. Heart J. 2019;40(1):62–68. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy810>

11. Manolio T.A., Burke G.L., Savage P.J., Sidney S., Gardin J.M., Oberman A. Exercise blood pressure response and 5-year risk of elevated blood pressure in a cohort of young adults: the CARDIA study. Am. J. Hypertens. 1994;7(3):234–241. <https://doi.org/10.1093/ajh/7.3.234>

**Информация об авторах:**

**Комолятова Вера Николаевна\***, д.м.н., врач Центра синкопальных состояний и сердечных аритмий у детей и подростков ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства», 115409, Москва, ул. Москворечье, 20; профессор кафедры педиатрии им. Н.Г. Сперанского ФГБОУ «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 125993, Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3691-7449> ([verakom@list.ru](mailto:verakom@list.ru))

**Беспорточный Дмитрий Алексеевич**, врач Центра синкопальных состояний и сердечных аритмий у детей и подростков ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства», 115409, Москва, ул. Москворечье, 20. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3699-2289> ([dr.blad@mail.ru](mailto:dr.blad@mail.ru))

**Макаров Леонид Михайлович**, д.м.н., профессор, руководитель Центра синкопальных состояний и сердечных аритмий у детей и подростков ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства», 115409, Москва, ул. Москворечье, 20; профессор кафедры педиатрии им. Н.Г. Сперанского ФГБОУ «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 125993, Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0111-3643> ([drleonidmakarov@mail.ru](mailto:drleonidmakarov@mail.ru))

**Киселева Ирина Ивановна**, к.м.н., врач Центра синкопальных состояний и сердечных аритмий у детей и подростков ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства», 115409, Москва, ул. Москворечье, 20. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3285-3211> ([vkis2@yandex.ru](mailto:vkis2@yandex.ru))

**Аксенова Наталья Валентиновна**, руководитель Центра детской спортивной медицины ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства», 115409, Москва, ул. Москворечье, 20. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1525-177X> ([aksenovanv@kidsfmba.ru](mailto:aksenovanv@kidsfmba.ru))

**Information about the authors:**

**Vera N. Komoliatova\***, Ph.D. (Medicine) of Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents. Center for syncope and cardiac arrhythmias, 20, Moskvorechye str., Moscow, 115409, Russia; Professor of Department of Pediatrics of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, 2/1, bld., 1, Barrikadnaya str., Moscow, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3691-7449> ([verakom@list.ru](mailto:verakom@list.ru))

**Dmitriy A. Besportochinii**, doctor of Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents. Center for syncope and cardiac arrhythmias, 20, Moskvorechye str., Moscow, 115409, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3699-2289> ([dr.blad@mail.ru](mailto:dr.blad@mail.ru))

**Leonid M. Makarov**, M.D., Ph.D. (Medicine), Head of Center for syncope and cardiac arrhythmias, of Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents, 20, Moskvorechye str., Moscow, 115409, Russia; Professor of Department of Pediatrics of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, 2/1, bld., 1, Barrikadnaya str., Moscow, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0111-3643> ([drleonidmakarov@mail.ru](mailto:drleonidmakarov@mail.ru))

**Irina I. Kiseleva**, Ph.D. (Medicine) of Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents. Center for syncope and cardiac arrhythmias, 20, Moskvorechye str., Moscow, 115409, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3285-3211> ([vkis2@yandex.ru](mailto:vkis2@yandex.ru))

**Natalya V. Aksenova**, Head of the Center of Pediatric Sports Medicine of the Federal Scientific and Clinical Center for children and adolescents, 20, Moskvorechye str., Moscow, 115409. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1525-177X> ([aksenovanv@kidsfmba.ru](mailto:aksenovanv@kidsfmba.ru))

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.8>

УДК 612.176.4:796.83

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original Article



## Автономный баланс — фактор изменения компонентов состава тела футболистов

Д.В. Голубев

ФГБОУ ВО «Национальный государственный Университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург», Санкт-Петербург, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** изучить характер взаимосвязи между показателями вариабельности сердечного ритма (ВСР), отражающими состояние автономного баланса, и параметрами компонентного состава тела футболистов.

**Методы и материалы:** исследовали футболистов ( $n = 80$ ), проживающих в северо-западном регионе Российской Федерации. Данные группы:  $16,9 \pm 0,8$  года; вес  $73,1 \pm 4,7$  кг; рост  $181,1 \pm 4,9$  см. Мониторинг показателей вариабельности сердечного ритма осуществлялся аппаратно-программным комплексом «Омега-Спорт, Санкт-Петербург». Запись биоэлектрической активности сердца велась во 2-м стандартном отведении из положения сидя в утренние часы (9:00–10:00). Оценка состава тела футболистов проводилась четырежды (январь, апрель, август, ноябрь) с помощью анализатора Inbody 770, Япония.

**Результаты:** ИИ имеет сильную прямую корреляционную связь с показателями: «общее содержание жира» ( $r = 0,994, P = 0,011$ ); «общее содержание воды» ( $r = 0,811, P = 0,013$ ). Прямая сильная корреляция установлена между показателем SDNN и «общее содержание жира» ( $r = 0,933, P = 0,009$ ) и обратная сильная корреляция с «общая мышечная масса» ( $r = -0,877, P = 0,006$ ). рNN50 имеет сильную прямую корреляцию с «общее содержание жира» ( $r = 0,889, P = 0,011$ ), помимо этого, присутствует сильная обратная корреляционная связь с «общая мышечная масса» ( $r = -0,767, P = 0,012$ ). HF и «общее содержание жира» ( $r = 0,733, P = 0,008$ ) имеет сильную прямую корреляционную связь; а с показателем «общее содержание воды» массы скелетных мышц ( $r = -0,874, P = 0,011$ ) — сильную обратную. Сильная обратная взаимосвязь показана между LF и «общее содержание жира» ( $r = -0,766, P = 0,011$ ), а также выявлена сильная прямая корреляция с «общая мышечная масса» ( $r = 0,951, P = 0,013$ ), «общее содержание воды» ( $r = 0,917, P = 0,008$ ).

**Выводы:** Установлена тесная сопряженность показателей «общая мышечная масса», «общее содержание жира», «общее содержание воды» с ограниченным числом параметров ВСР: ИИ, SDNN, рNN50, HF, LF. Исследование показало достоверное ( $p < 0,05$ ) преобладание: активности парасимпатического отдела АНС — соревновательный период, при котором наблюдалось достоверное ( $p < 0,05$ ) повышение «общая мышечная масса», снижение «общее содержание жира» в 1-й, 2-й и 3-й диагностике; активности симпатического отдела АНС — восстановительный период, которое достоверно ( $p < 0,05$ ) повлияло на: снижение «общая мышечная масса», «общее содержание воды»; повышение «общее содержание жира» в 4-й диагностике.

**Ключевые слова:** состав тела, вариабельность сердечного ритма, регуляция компонентного состава тела, футбол

**Конфликт интересов:** автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Голубев Д.В. Автономный баланс — фактор изменения состава тела футболистов. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(1):92–98. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.8>

Поступила в редакцию: 10.12.2021

Принята к публикации: 15.03.2022

Online first: 30.03.2022

Опубликована: 30.04.2022

## Autonomous balance is a factor of changes in the components of the body composition of football players

Denis V. Golubev

Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health, Saint-Petersburg, Russia

### ABSTRACT

**Objective:** To investigate the nature of the relationship between the indicators of heart rate variability (HRV), reflecting the state of autonomous balance and the parameters of the component composition of the body of football players.

**Materials and methods:** We studied  $n = 80$  football players living in the north-western region of the Russian Federation. Group data:  $16.9 \pm 0.8$  years; weight  $73.1 \pm 4.7$  kg; height  $181.1 \pm 4.9$  cm. Monitoring of heart rate variability was carried out by the hardware and software complex “Omega-Sport, St.

Petersburg". The bioelectric activity of the heart was recorded in the II standard lead from the sitting position in the morning (9:00–10:00). The assessment of the body composition of football players was carried out four times (January, April, August, November) using the Inbody 770 analyzer, Japan.

**Results:** SI has a strong direct correlation with the indicators: "total fat content" ( $r = 0.994, P = 0.011$ ); "total water content" ( $r = 0.811, P = 0.013$ ). A direct strong correlation was established between SDNN and "total fat content" ( $r = 0.933, P = 0.009$ ) and an inverse strong correlation with "total muscle mass" ( $r = -0.877, P = 0.006$ ). pNN50 has a strong direct correlation with "total fat content" ( $r = 0.889, P = 0.011$ ), in addition, there is a strong inverse correlation with "total muscle mass" ( $r = -0.767, P = 0.012$ ). HF and "total fat content" ( $r = 0.733, P = 0.008$ ) have a strong direct correlation; and with the indicator "total water content" of skeletal muscle mass ( $r = -0.874, P = 0.011$ ) a strong inverse. A strong inverse relationship is shown between LF and "total fat content" ( $r = -0.766, P = 0.011$ ), as well as a strong direct correlation with "total muscle mass" ( $r = 0.951, P = 0.013$ ), "total water content" ( $r = 0.917, P = 0.008$ ).

**Conclusions:** There is a close correlation of the indicators "total muscle mass", "total fat content", "total water content" with a limited number of HRV parameters: SI, SDNN, pNN50, HF, LF. The study showed a significant ( $p < 0.05$ ) predominance of: the activity of the parasympathetic ANS department — the competitive period, in which there was a significant ( $p < 0.05$ ) increase in "total muscle mass", a decrease in "total fat content" in the 1st, 2nd and 3rd diagnostics; the activity of the sympathetic ANS department — the recovery period, which significantly ( $p < 0.05$ ) affected: a decrease in "total muscle mass", "total water content"; an increase in "total fat content" in the 4th diagnosis.

**Keywords:** body composition, heart rate variability, regulation of body component composition, football

**Conflict of interests:** the author declares no conflict of interest.

**For citation:** Golubev D.V. Autonomous balance is a factor of changes in the components of the body composition of football players. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(1):92–98. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.8>

**Received:** 10 December 2021

**Accepted:** 15 March 2022

**Online first:** 30 March 2022

**Published:** 30 April 2022

## 1. Введение

Оценка компонентного состава тела является неотъемлемой частью функциональной диагностики спортсменов, в частности футболистов, и имеет прикладное значение для анализа специальной физической работоспособности [1]. Изменениям подвержены в основном такие показатели, как масса жировой и мышечной тканей, общее содержание воды в организме. Выраженность и направленность данных характеристик формируют адаптивные сдвиги в системе энергообеспечения, обуславливая расход метаболических и информационных ресурсов [2]. Состояние энергетических процессов во многом определяется соотношением активности симпатического и парасимпатического отделов автономной нервной системы (автономный баланс — АБ). Их тесный симбиоз обеспечивает координационную функцию и достижение оптимальных адаптаций к изменяющимся условиям внешней и внутренней среды. Используя математический анализ сердечного ритма, возможно объективизировать особенности автономного равновесия, получить количественную оценку степени напряжения регуляторных механизмов, их накопление, сохранение и распределение.

Таким образом, тип автономного баланса предполагает специфику процессов приспособления и компенсаций системы кровообращения, что может способствовать прогнозированию дизадаптационных процессов в изменении состава тела футболистов.

**Цель исследования** — изучить характер взаимосвязи между показателями variability сердечного ритма (ВСР), отражающими состояние автономного баланса, и параметрами компонентного состава тела футболистов.

## 2. Организация и методы исследования

Исследовали футболистов ( $n = 80$ ), проживающих в северо-западном регионе Российской Федерации.

Кандидаты в мастера спорта ( $n = 20$ ), 1-й спортивный разряд ( $n = 60$ ). Средние морфологические данные: возраст  $16,9 \pm 0,8$  года; вес  $73,1 \pm 4,7$  кг; рост  $181,1 \pm 4,9$  см. На момент тестирования спортсмены не имели диагностированных заболеваний. Все игроки были проинформированы об экспериментальных процедурах, прежде чем подписали согласие на исследовательское участие в соответствии с Хельсинкской декларацией и нормами международного права. В ходе исследования применяли аппаратно-программный комплекс «Омега-Спорт, Санкт-Петербург» [4]. На протяжении одного года (январь, февраль, март — подготовительный период; апрель, май, июнь, август, сентябрь, октябрь — соревновательный период; ноябрь, декабрь — восстановительный период) в утренний промежуток времени (9:00–10:00) осуществлялась запись биоэлектрической активности сердца во 2-м стандартном отведении из положения сидя, ноги и руки не скрещены, дыхание ровное, глаза закрыты. Регистрировали и анализировали статистические, геометрические и спектральные показатели variability сердечного ритма: ИН, у.е. (индекс напряжения); ВР, мс (вариационный размах); Мо, мс (мода); аМо, % (амплитуда моды); SDNN, мс (среднее квадратичное отклонение); RMSSD, мс (квадратный корень из среднего квадрата разностей величин последовательных пар интервалов NN); pNN50, % (процентное отношение последовательных интервалов NN); LF, мс<sup>2</sup> (низкочастотные волны спектра); HF, мс<sup>2</sup> (высокочастотные волны спектра); TP, мс<sup>2</sup> (общая мощность спектра); VLF, мс<sup>2</sup> (очень низкочастотные волны).

Четырежды (январь — первая диагностика; апрель — вторая диагностика; август — третья диагностика; ноябрь — четвертая диагностика) проводилась оценка состава тела футболистов с помощью профессионального анализатора Inbody 770 (Япония). В данной технологии

Таблица 1

Взаимосвязь между параметрами состава тела и показателями вариабельности сердечного ритма

Table 1

The relationship between body composition parameters and heart rate variability indicators

Показатели вариабельности сердечного ритма Heart rate variability indicators	Показатели состава тела Body composition indicators			
	Общее содержание жира, % Total fatcontent, %	Общая мышечная масса, кг Total musculmass, kg	Общее количество воды, л Total amount of water, l	Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup> Body mass index, kg/m <sup>2</sup>
ИН, усл. ед./usl. ed	0,994* <i>p</i> = 0,011	0,177 <i>p</i> = 0,119	0,811* <i>p</i> = <b>0,013</b>	0,622 <i>p</i> = 0,499
MxDMn, мс/ms	0,113 <i>p</i> = 0,227	0,553 <i>p</i> = 0,876	0,548 <i>p</i> = 0,668	0,114 <i>p</i> = 0,474
Mo, мс/ms	0,512 <i>p</i> = 0,662	0,299 <i>p</i> = 0,213	0,286 <i>p</i> = 0,173	0,481 <i>p</i> = 0,364
aMo, %	0,675 <i>p</i> = 0,336	0,964 <i>p</i> = 0,117	0,221 <i>p</i> = 0,215	0,442 <i>p</i> = 0,389
SDNN, мс/ms	0,933* <i>P</i> = 0,009	-0,877* <i>P</i> = 0,006	0,118 <i>P</i> = 0,384	0,252 <i>P</i> = 0,279
RMSSD, мс/ms	0,112 <i>p</i> = 0,272	0,619 <i>p</i> = 0,322	0,552 <i>p</i> = 0,416	0,662 <i>p</i> = 0,517
pNN50, %	0,889* <i>p</i> = <b>0,011</b>	-0,767* <i>p</i> = <b>0,012</b>	0,559 <i>p</i> = 0,108	0,322 <i>p</i> = 0,101
TP, мс <sup>2</sup> /ms <sup>2</sup>	0,454 <i>p</i> = 0,492	0,319 <i>p</i> = 0,375	0,316 <i>p</i> = 0,117	0,527 <i>p</i> = 0,767
HF, мс <sup>2</sup> /ms <sup>2</sup>	0,733* <i>p</i> = <b>0,008</b>	0,119 <i>p</i> = 0,663	-0,874* <i>p</i> = <b>0,011</b>	0,389 <i>p</i> = 0,342
LF, мс <sup>2</sup> /ms <sup>2</sup>	<b>-0,766*</b> <i>p</i> = <b>0,011</b>	<b>0,951*</b> <i>p</i> = <b>0,013</b>	<b>0,917*</b> <i>p</i> = <b>0,008</b>	-0,166 <i>p</i> = 0,282
VLF, мс <sup>2</sup> /ms <sup>2</sup>	0,289 <i>p</i> = 0,361	0,387 <i>p</i> = 0,188	0,219 <i>p</i> = 0,344	0,902 <i>p</i> = 0,667
ULF, мс <sup>2</sup> /ms <sup>2</sup>	0,545 <i>p</i> = 0,184	0,466 <i>p</i> = 0,115	0,213 <i>p</i> = 0,186	0,106 <i>p</i> = 0,379

Прим.:\* — различия статистически достоверны ( $p < 0,05$ ).Note: \* — the differences are statistically significant ( $p < 0.05$ ).

заложена восьмиточечная система тактильных электродов. Стендовая Inbody зона оснащена: установкой с электродами для ног и рук; встроенным монитором с голосовой системой; ростомером с сенсомоторным каркасом; компьютером с программным обеспечением и облачным сервером для хранения информационных данных [5]. Регистрировали следующие показатели: общая мышечная масса (кг), общее содержание жира (%), общее содержание воды в организме (л), индекс массы тела (кг/м<sup>2</sup>).

Статистический анализ данных проводился в прикладных программах «Statistica 12.0», «MicrosoftOfficeExcel 2017» и соответствовал задачам исследования. Корреляционный анализ по Пирсону ( $r$ ) использовали для изучения изменения показателей состава тела в ответ на модуляцию показателей вариабельности

сердечного ритма. Регрессионный анализ использовали для динамического анализа показателей сердечной вариабельности за период исследования. Достоверность различий между значениями показателей компонентов состава тела определяли с помощью  $z$ -критерия Фишера. При  $p < 0,05$  различия считали достоверно значимыми.

### 3. Результаты исследования

Данные о взаимосвязи показателей вариабельности сердечного ритма футболистов с параметрами компонентов состава тела представлены в таблице 1. Установлено 11 сильных корреляционных связей ( $r > 0,7$ ), из которых 7 положительных (прямых) и 4 отрицательные (обратные). На рисунке 1 представлена достоверная ( $p < 0,05$ ) волнообразная динамика ИН. Определены диаметрально противоположные изменения в активности отделов



АНС (январь — октябрь — парасимпатическое преобладание; ноябрь — декабрь — симпатическое преобладание) на протяжении исследуемого периода (рис. 1). Статистический анализ показал пролонгированное снижение ИН, отрицательное направление тренда — уменьшение на -6,8055 единицы ежемесячно. Регрессионное уравнение получило вид:  $ИН = -6,8055 \times 11 + 144,71$ . Тенденция тренда SDNN однонаправлена с ИН, что трактуется как «ослабление автономной регуляции» (рис. 2). Восстановительный период (ноябрь — декабрь) достоверно ( $p < 0,05$ ) выражен наибольшей депрессией данного показателя, обуславливая подавление активности автономного контура. Регрессионное уравнение имеет вид:  $SDNN = -6,4035 \times 11 + 116,18$ . Изменения значений рNN50 отрицательно-устойчивые с пиком в соревновательный период (июль) (рис. 3). Единый трендовый вектор с ИН и SDNN указывает на формирование перенапряжения и перетренированности спортсменов-футболистов. Регрессионное уравнение приобрело вид:  $рNN50 = -0,2223 \times 11 + 22,248$ .

Изучая волновую структуру спектра: высокочастотный компонент (HF) снижался стабильно, низкочастотный компонент представлен устойчивой динамикой

и скачкообразным «фрагментом» между соревновательным и восстановительным периодами (октябрь, ноябрь, декабрь) (рис. 4). Регрессионные уравнения получили следующий вид:  $HF = -19,418 \times 11 + 974,08$ ;  $LF = 108,5 \times 11 + 52,019$ .

В ходе обработки результатов мы обнаружили достоверно ( $p < 0,05$ ) значимые различия между 1-й и 2-й ( $Z = 1,132, p = 0,019$ ), 2-й и 3-й ( $Z = 1,103, p = 0,047$ ) диагностиками по ряду показателей компонентов состава тела футболистов. Достоверно ( $p < 0,05$ ) повышался «общая мышечная масса, кг» ( $p = 0,046$ ); снижался «общее содержание жира, %» ( $p = 0,037$ ). Эффект парасимпатического преобладания в регуляции сердечного ритма, наблюдаемый в соревновательный период (апрель — октябрь), положительно повлиял на оптимальность автономных изменений в организме (рис. 1, 2, 3, 4), зависимо действуя на тенденцию поступательного повышения «общая мышечная масса, кг» в 1-й, 2-й и 3-й диагностиках (табл. 2). Показатели «общее содержание воды, л» и «индекс массы тела» не имели достоверных ( $p < 0,05$ ) различий.

Определены существенные достоверные ( $p < 0,05$ ) различия между 3-й и 4-й диагностикой состава тела футболистов (табл. 2). Повышались показатели: «общее

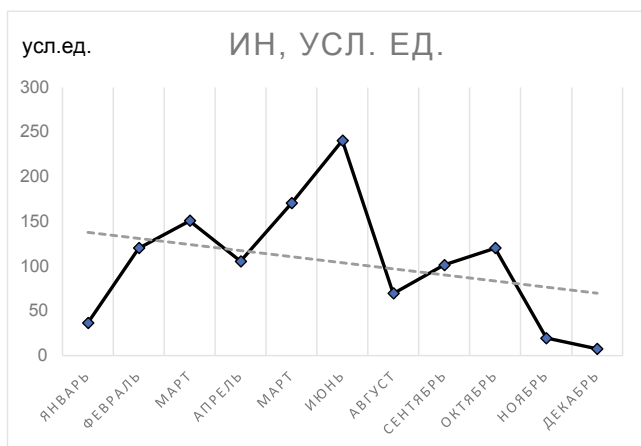


Рис. 1. Динамика ИН в исследуемый период, усл. ед.  
Fig. 1. Dynamics of SI in the study period, u. e.

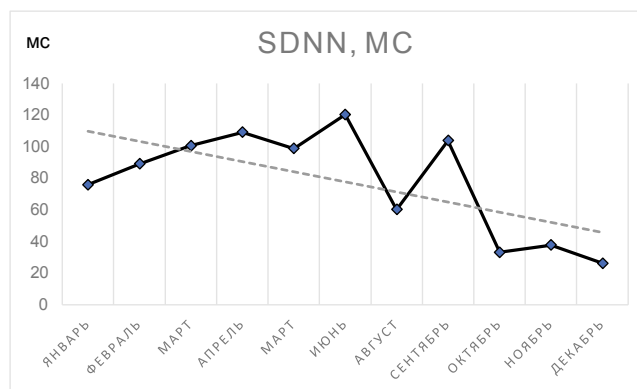


Рис. 2. Динамика SDNN в исследуемый период, мс  
Fig. 2 Dynamics of SDNN in the study period, ms

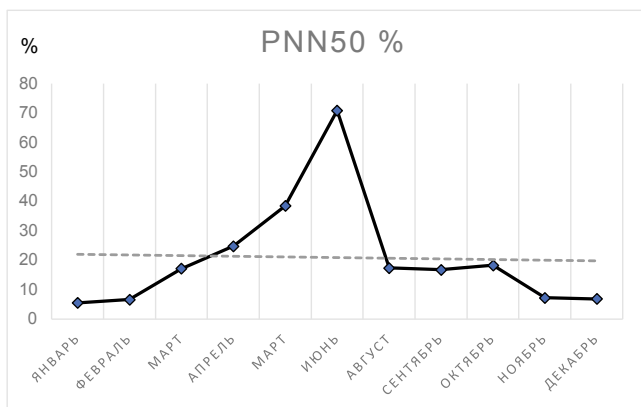


Рис. 3. Динамика рNN50 в исследуемый период (%)  
Fig. 3. Dynamics of рNN50 in the study period (%)

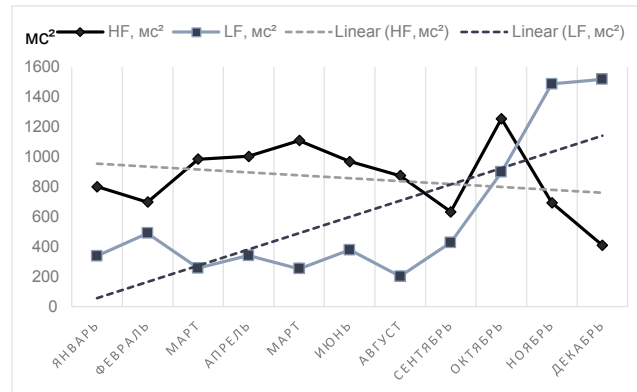


Рис. 4. Динамика HF и LF волн в исследуемый период, мс²  
Fig. 4. Dynamics of HF and LF waves in the study period, ms²

Таблица 2

Результаты измерения состава тела футболистов ( $n = 80$ )

Table 2

Results of measuring the body composition of football players ( $n = 80$ )

Показатель	1-я диагностика $M \pm SD$	2-я диагностика $M \pm SD$	3-я диагностика $M \pm SD$	4-я диагностика $M \pm SD$	Z	P
Общее содержание жира, %	10,44 ± 1,68	9,51 ± 1,22	9,38 ± 0,93	10,54 ± 3,52	1,402	0,021
Общая мышечная масса, кг	32,91 ± 3,47	34,81 ± 3,7	35,01 ± 1,94	33,81 ± 2,77	-1,03	0,039
Общее содержание воды, л	38,70 ± 3,61	41,57 ± 3,72	42,92 ± 2,44	39,57 ± 2,21	1,955	0,042
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>	19,63 ± 0,48	20,42 ± 0,76	20,78 ± 0,71	20,63 ± 0,93	1,114	0,286

Примечание: \* — различия между 3-й и 4-й диагностикой статистически достоверны ( $p < 0,05$ ).

Note: \* — the differences between 3 and 4 diagnostics are statistically significant ( $p < 0.05$ ).

содержание жира, %» ( $p = 0,021$ ), «общее содержание воды, л» ( $p = 0,042$ ); снижался: «общая мышечная масса, кг» ( $p = 0,039$ ). Наличие достоверно ( $p < 0,05$ ) значимого преобладания активности симпатического отдела АНС над парасимпатическим в восстановительный период (ноябрь — декабрь) обусловлен истощением информационных и энергоресурсов, дисрегуляторными проявлениями, снижением уровня адаптационных возможностей организма (рис. 1–4), что предопределило угнетение анаболических и усиление катаболических процессов (рис. 6–8). На рисунке 9 показана стабильная динамика в различии показателя «индекс массы тела» ( $p = 0,238$ ), однако различия не имеют значимой достоверности (табл. 2).

#### 4. Выводы

Наибольшую взаимосвязь с динамикой показателей «общая мышечная масса», «общее содержание воды»,

«общее содержание жира» имели следующие параметры ВСП: ИИ, SDNN, рNN50, HF, LF. Их информативность и надежность подтверждена статистическим анализом ( $p < 0,05$ ). Используя физиологическую интерпретацию выделенных характеристик и их модуляцию в течение периода исследования (январь — декабрь), были установлены признаки реагирования автономного баланса: соревновательный период — парасимпатическое преобладание, при котором наблюдалось достоверное ( $p < 0,05$ ) повышение «общая мышечная масса», снижение «общее содержание жира» в 1-й, 2-й и 3-й диагностике; восстановительный период — симпатическое преобладание, которое достоверно ( $p < 0,05$ ) повлияло на: снижение «общая мышечная масса», «общее содержание воды»; повышение «общее содержание жира» в 4-й диагностике.

Данный подход оправдан в отношении формирования практико-ориентированного профиля,

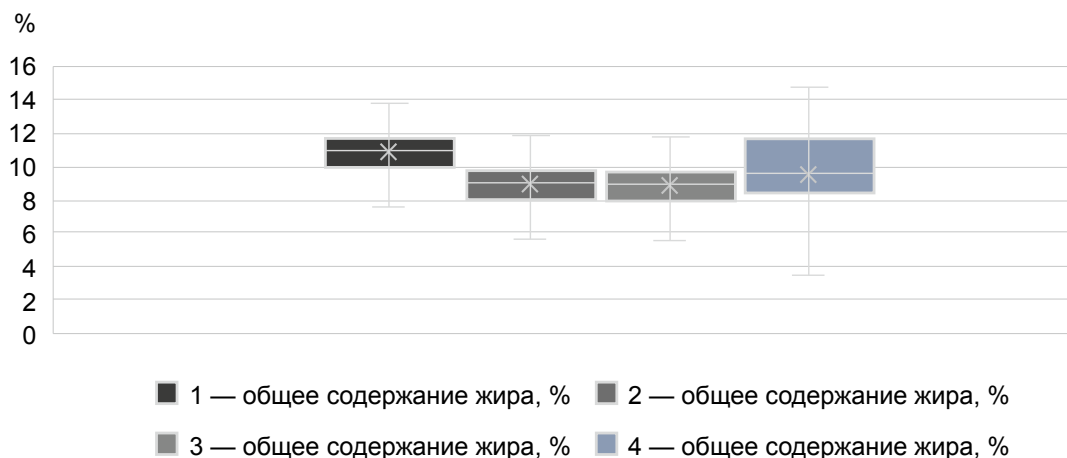


Рис. 5. Различия показателя «содержание жира (%)» в теле футболистов между 1-м, 2-м, 3-м и 4-м измерением  
 Fig. 5. Differences in the indicator of fat content (%) in the body of football players between the 1st, 2nd, 3rd and 4th measurements

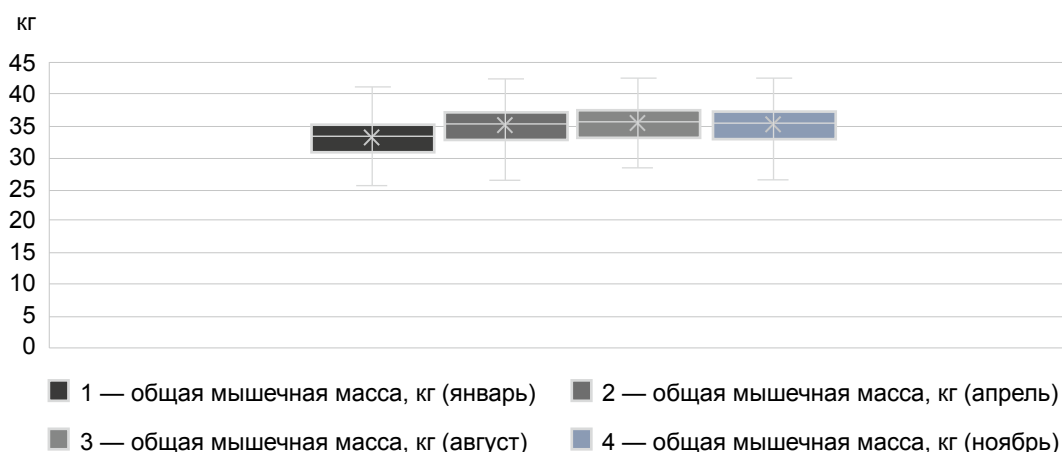


Рис. 6. Различия показателя «общая мышечная масса (кг)» футболистов между 1-м, 2-м, 3-м и 4-м измерением  
Fig. 6. Differences in the indicator of total muscle mass (kg) of football players between the 1st, 2nd, 3rd and 4th measurements

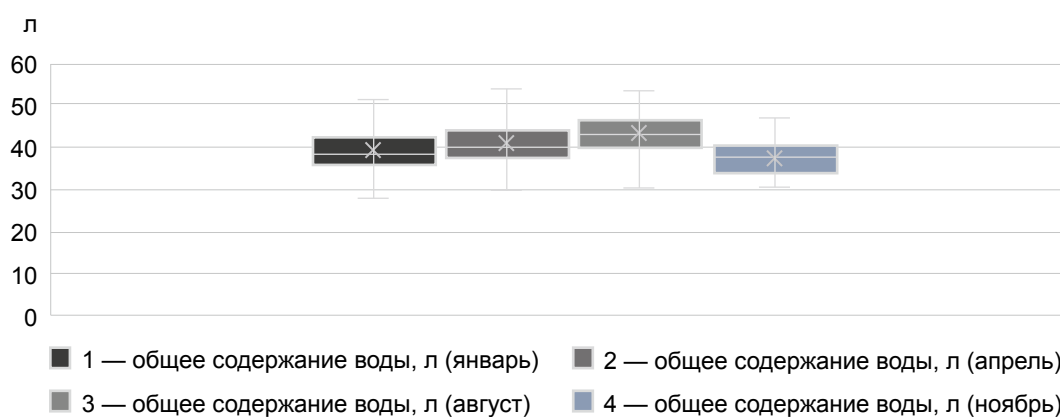


Рис. 7. Различия показателя «общее количество воды» (л) в теле футболистов между 1-м, 2-м, 3-м и 4-м измерением  
Fig. 7. Differences in the indicator total amount of water (l) in the body of football players between the 1st, 2nd, 3rd and 4th measurements

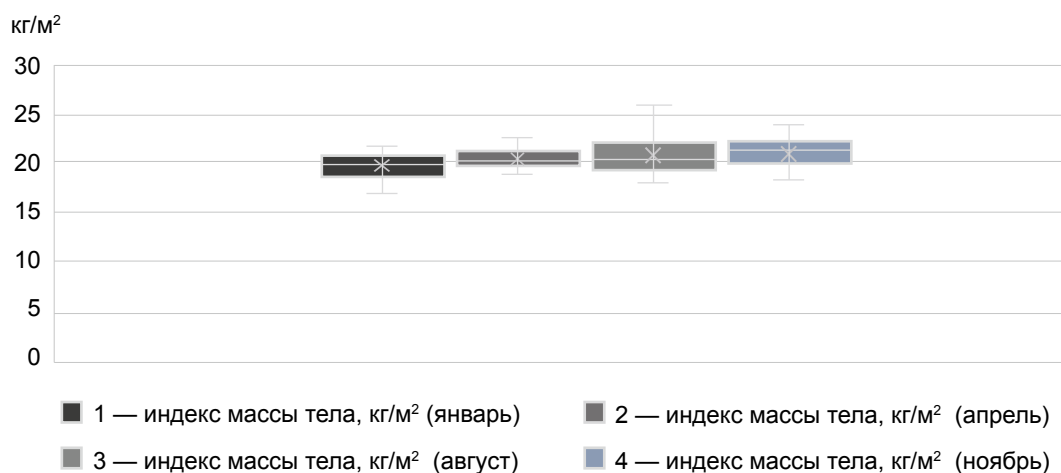


Рис. 8. Различия показателя индекс массы тела футболистов между 1-м, 2-м, 3-м и 4-м измерением  
Fig. 8. Differences in the body mass index of football players between the 1st, 2nd, 3rd and 4th measurements

характеризующего состояния автономного баланса, который в нашем исследовании представлен наличием дисрегуляторных проявлений, снижением уровня адаптационных возможностей и состоянием

перетренированности спортсменов изучаемой выборки, что в свою очередь достоверно ( $p < 0,05$ ) предопределило наличие изменений компонентов состава тела футболистов.

### Список литературы

1. Botek M., Krejčí J., McKune A.J., Klimešová I. Somatic, endurance performance and heart rate variability profiles of professional soccer players grouped according to age. *J. Hum. Kinet.* 2016;54:65–74. <https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0035>
2. Мавлиев Ф.А., Назаренко А.С., Хаснутдинов Н.Ш., Можяев Э.Л. Морфофункциональные особенности спортсменов циклических и ситуационных видов спорта. *Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта.* 2017;(2):131–135.
3. Сурина-Марышева Е.Ф., Эрлих В.В., Ермолаева Е.Н. Вариабельность ритма сердца и физическое развитие хоккеистов 9–16 лет. *Человек. Спорт. Медицина.* 2021;21(2):100–106.
4. Dynamic Technologies. Научно-производственная фирма Динамика [Интернет]. Режим доступа: <https://dyn.ru>
5. Inbody [Интернет]. Режим доступа: <https://inbody-ru.ru>

#### Информация об авторе:

**Голубев Денис Вячеславович**, аспирант кафедры физиологии ФГБОУ ВО «Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург», 190121, Санкт-Петербург, ул. Декабристов, 35. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0570-8211> (+7 (911) 8106648, [dengolubev@inbox.ru](mailto:dengolubev@inbox.ru))

#### Information about the author:

**Denis V. Golubev**, Post-graduate Student of the Department of Physiology of the Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health, 35, Dekabristov str., Saint Petersburg, 190121, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0570-8211> (+7 (911) 8106648, [dengolubev@inbox.ru](mailto:dengolubev@inbox.ru))

### References

1. Botek M., Krejčí J., McKune A.J., Klimešová I. Somatic, endurance performance and heart rate variability profiles of professional soccer players grouped according to age. *J. Hum. Kinet.* 2016;54:65–74. <https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0035>
2. Mavliev F.A., Nazarenko A.S., Khasnutdinov N.SH., Mozhaev E.L. Morphofunctional peculiarities of athletes in cyclic and situational sports. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta.* 2017;(2):131–135 (In Russ.).
3. Surina-Marysheva E.F., Erlih V.V., Ermolaeva E.N. Heart rate variability and physical development in ice hockey players aged 9–16. *Chelovek. Sport. Medicina = Human. Sport. Medicina.* 2021;21(2):100–106 (In Russ.).
4. Dynamic Technologies. Scientific and production firm Dynamics [Internet]. Available at: <https://dyn.ru>
5. Inbody Company [Internet]. Available at: <https://inbody-ru.ru> (In Russ.).

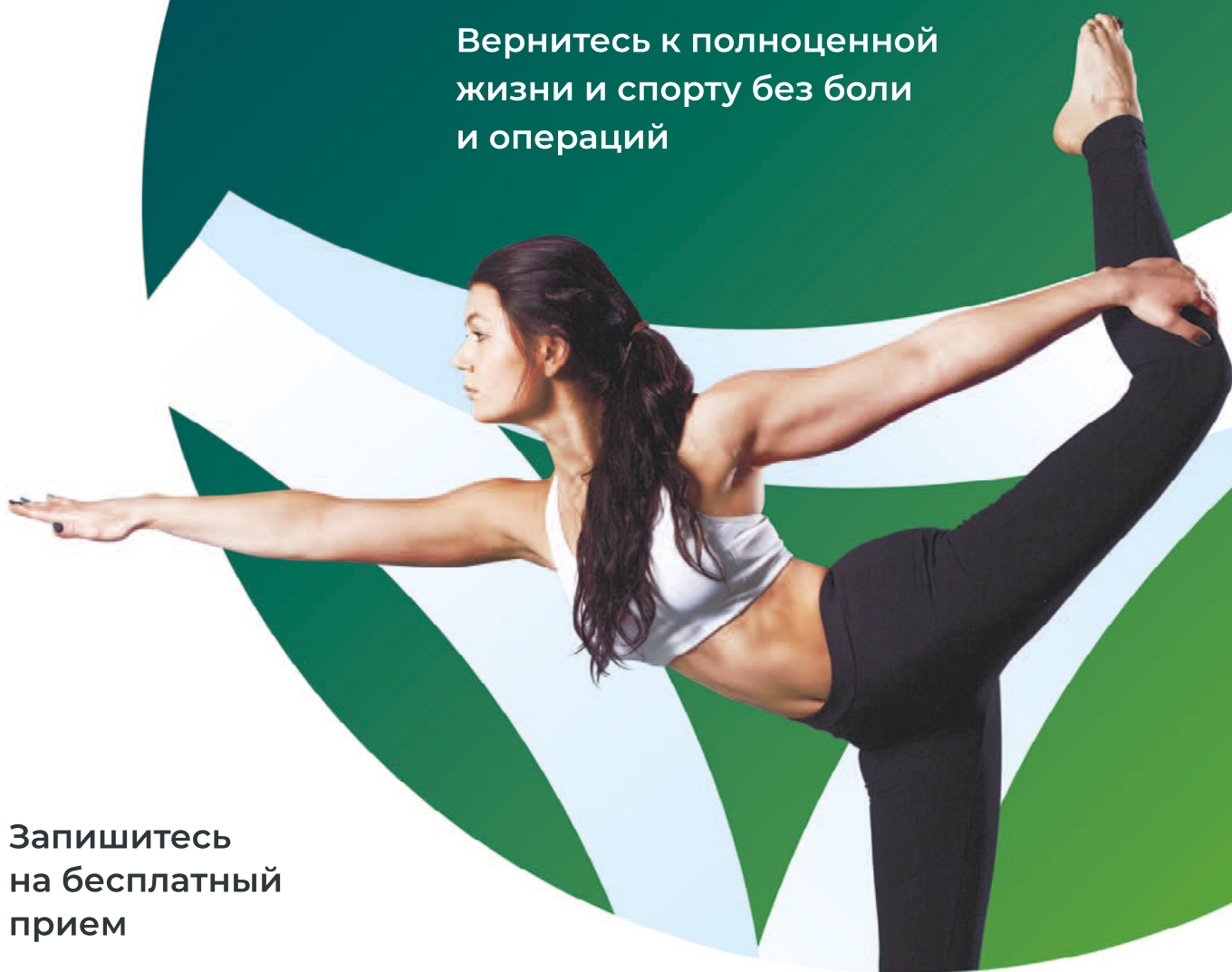


RēMEDICA

Современный  
центр спортивной  
реабилитации  
в Москве

# Комплексная медицинская помощь при травмах и заболеваниях опорно-двигательного аппарата

Вернитесь к полноценной  
жизни и спорту без боли  
и операций



Запишитесь  
на бесплатный  
прием

**+7 495 741-18-04**

Ежедневно с 9:00 – 21:00

Москва,  
ул. Архитектора Власова, 6

[re-medica.ru](http://re-medica.ru)



Получите  
индивидуальный  
план лечения



## ЦЕНТР МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ СЕЧЕНОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Самое современное оборудование  
Лучшие специалисты в области реабилитации  
Круглосуточный стационар с палатами класса люкс  
Безбарьерная среда для маломобильных пациентов  
Полный цикл реабилитации в одном здании



ул. Большая Пироговская, д. 2, стр. 9  
+7 (977) 860-50-03  
[www.sechenov.rehab](http://www.sechenov.rehab)

