

ISSN 2223-2524 (Print)

ISSN 2587-9014 (Online)

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2>



Спортивная Медицина:

наука и практика



T. 12 №2

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



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 врачебного контроля 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

Редакция:

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

Типография:

ООО «Издательство "Триада"»

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

Сайт:

smjournal.ru

neicon.ru

Подписано в печать 30.09.2022

Формат 60x90/8

Тираж 80 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 ПИИ № 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

Биомедицинские технологии

- Т.А. Яшин, Ж.В. Гришина, А.И. Кадыкова, В.С. Фещенко, А.В. Жолинский, Т.А. Пушкина**
Особенности составления программ метаболической коррекции для профессиональных спортсменов и возможности их оптимизации с использованием цифровых технологий 5
- И.В. Пронина, П.В. Постников, В.И. Павлов, З.Г. Орджоникидзе**
Сравнение профилей экспрессии микроРНК атлетов, выступающих в видах спорта, ориентированных на выносливость, и добровольцев, не занимающихся спортом, с использованием панели сигнального пути гипоксии 13

Врачебный контроль

- В.А. Бадтиева, Е.А. Теняева, Н.В. Сичинава, Е.А. Турова, Н.В. Трухачева, В.И. Афонина, И.Г. Бабаян, Д.А. Верещагина, Ю.Д. Востриков, О.И. Горячева, С.Н. Деревянко, А.А. Дьячкова, Н.А. Костина, Н.В. Макунин, А.А. Петросян, Э.А. Савин, Е.И. Суманеева, Ф.В. Токарев, Д.М. Усманов, С.В. Югай, Е.А. Рожкова, И.Н. Артикулова, Н.А. Папина**
Анализ динамики и структуры заболеваемости спортсменов сборных команд Москвы по результатам углубленного медицинского обследования 22
- Т.В. Кирсанова, А.Д. Мешков, Т.М. Маневич, М.А. Лысенко**
Аваскулярный остеонекроз у молодой пациентки, перенесшей новую коронавирусную инфекцию 32

Спортивная травматология

- А.Д. Репетюк, Е.Е. Ачкасов, А.П. Середа, Н. Р. Жестянкин**
Оценка показателей гониометрии голеностопного сустава в комплексной реабилитации спортсменов с тендинопатией малоберцовых сухожилий 40
- Е.П. Сорокин, А.П. Середа, Е.А. Пащикова, Н.С. Коновальчук, В.А. Фомичев, Д.В. Чугаев, К.А. Демьянова, Д.А. Шулепов**
Проблемы семиотики заболеваний ахиллова сухожилия в клиническом и образовательном аспектах 46

Спортивное питание

- И.Б. Медведев, Ш.А. Алиева, М.В. Гусаков, Н.И. Медведева, Н.Н. Дергачёва**
Влияние микронутриентов на показатели зрительных функций у спортсменов: ретроспективный анализ актуальных статей 60

Физиология и биохимия спорта

- Ю. Е. Вагин, С.Я. Классина, Н.А. Фудин**
Вариабельность сердечного ритма при скоростно-силовой нагрузке спортсменов после гиповентиляционной тренировки 67
- И.В. Коновалов, А.В. Жолинский, С.П. Алтатов, А.В. Зоренко, Н. В. Тохтиева, Б.К. Романов, С.А. Парастаев**
Вакцинация как инструмент оптимизации состояния иммунной системы в спорте высших достижений: обзор литературы 73
- А.В. Жолинский, Ж.В. Гришина, А.И. Кадыкова, Г.А. Макарова, Р.В. Деев**
Подходы к классификации спортивных дисциплин с учетом их влияния на биохимический профиль спортсмена 82

Функциональная диагностика

- А.Г. Антонов, В.Д. Выборнов, М.Ю. Баландин, П.Д. Рыбакова, В.А. Бадтиева, Д.Б. Никитюк, Е. А. Рожкова**
Практические рекомендации по стандартизации измерения метаболизма покоя методом непрямой калориметрии: литературный обзор 96

Некролог

- Левченко Константин Петрович (4.03.1947–22.07.2022) 105

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

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА
eLIBRARY.RU

ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

РУКОНТ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦИФРОВОЙ РЕСУРС

INFOBASE INDEX

Crossref

SIS
Scientific Indexing Services

INDEX COPERNICUS
INTERNATIONAL

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

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
neicon.ru
Published: 30 September 2022
60x90/8 Format
80 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

Biomedical Technologies

Timofey A. Yashin, Zhanna V. Grishina, Anastasia I. Kadykova, Vladimir S. Feshchenko, Andrey V. Zholinsky, Tatiana A. Pushkina
Features of compiling metabolic correction programs for professional athletes and the possibility of their optimization using digital technologies 5

Irina V. Pronina, Pavel V. Postnikov, Vladimir I. Pavlov, Zurab G. Ordzhonikidze
Comparison of microRNA expression profiles of athletes involved in endurance sports and non-athletic volunteers using a hypoxia signaling pathway panel. 13

Medical Control

Victoria A. Badtieva, Elena A. Tenyaeva E.A., Nino V. Sichinava, Elena A. Turova, Nataliya N. Trukhacheva, Vera I. Afonina, Inna G. Babeyan, Daria N. Vereshagina, Yuri D. Vostrikov, Olga I. Goryacheva, Sergey N. Derevyanko, Anna A. Dyachkova, Nataliya A. Kostina, Nikolay V. Makumin, Andrey A. Petrosyan, Eldar A. Savin, Elena I. Sumaneeva, Fedor V. Tokarev, Damir M. Usmanov, Sergey V. Yugai, Yelena A. Rozhkova, Irina N. Artikulova, Natalya A. Papina
Analysis of the dynamics and structure of morbidity of athletes of the national teams of Moscow based on the results of medical examination 22

Tatiana V. Kirsanova, Alexey D. Meshkov, Tatiana M. Manevich, Marina A. Lysenko
Avascular osteonecrosis in a young patient with a novel coronavirus infection 32

Sports Traumatology

Alexey D. Repetyuk, Evgeniy E. Achkasov, Andrey P. Sereda, Nikita R. Zhestyankin
Evaluation of indicators of goniometry of the ankle joint in the complex rehabilitation of athletes with peroneal tendinopathy. 40

Evgenii P. Sorokin, Andrey P. Sereda, Ekaterina A. Pashkova, Nikita S. Konovalchuk, Viktor A. Fomichev, Dmitrii V. Chugayev, Ksenia A. Demyanova, Dmitrii A. Shulepov
Problems of semiotics of diseases of the Achilles tendon in clinical and educational aspects 46

Sports Supplements

Igor B. Medvedev, Shirin A. Alieva, Michail V. Gusakov, Natalia I. Medvedeva, Nadezhda N. Dergacheva
The impact of micronutrients on athletes' vision: a retrospective analysis of revalent articles 60

Sports Physiology and Biochemistry

Yuriy E. Vaguine, Svetlana Ya. Klassina, Nikolay A. Fudin
Heart rate variability during speed-strength load of athletes after hypoventilation training 67

Ivan V. Kononov, Andrey V. Zholinsky, Sergey P. Alpatov, Alla V. Zorenko, Natalia V. Tochtieva, Boris K. Romanov, Sergey A. Parastayev
Vaccination as an immune system status optimization tool for the high-performance sports: review 73

Andrey V. Zholinsky, Zhanna V. Grishina, Anastasia I. Kadykova, Galina A. Makarova, Roman V. Deev
Approaches to the classification of sports disciplines, taking into account their influence on the biochemical profile of an athlete 82

Functional Testing

Alexey G. Antonov, Vasily D. Vybornov, Mikhail Y. Balandin, Polina D. Rybakova, Victoria A. Badtieva, Dmitry B. Nikityuk, Yelena A. Rozhkova
Practical guidelines for standardising the measurement of resting metabolism by indirect calorimetry: a literature review 96

Memorial

Levchenko Konstantin Petrovich (4.03.1947–22.07.2022) 105

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



<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.8>

УДК: УДК 796.01

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original article



Особенности составления программ метаболической коррекции для профессиональных спортсменов и возможности их оптимизации с использованием цифровых технологий

Т.А. Яшин^{1*}, Ж.В. Гришина¹, А.И. Кадыкова¹, В.С. Фещенко¹, А.В. Жолинский¹, Т.А. Пушкина²

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

²Федеральное медико-биологическое агентство, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Для составления персонализированной программы коррекции метаболизма профессионального спортсмена необходимо учитывать множество факторов, среди которых: возраст, пол, спортивная специализация, индивидуальные особенности, наличие патологий в анамнезе, этап цикла подготовки спортсмена и др. При составлении подобных программ для спортсменов спортивных сборных команд Российской Федерации используется схема оценки особенностей организма спортсмена, основой для которой является информация, получаемая в ходе углубленных медицинских обследований (УМО) спортсменов, проводимых на базе учреждений ФМБА России. Для повышения качества персонализированных программ метаболической коррекции спортсменов в перспективе возможно использовать профессионально-ориентированные референтные интервалы лабораторных показателей крови, а также результаты генетического скрининга, основанного на стратегии полного экзомного секвенирования генома спортсмена.

Одним из способов повышения эффективности метаболической коррекции профессиональных спортсменов является внедрение современных информационных технологий и разработка на их основе современной информационной системы. Внедрение такой информационной системы позволит повысить скорость первичной обработки исходной информации о состоянии здоровья спортсмена и особенностях его обменных процессов, а также частично автоматизировать формирование индивидуализированных рекомендаций, касающихся пищевого рациона и питьевого режима спортсмена, а также выбора средств метаболической коррекции на различных этапах спортивного сезона.

Ключевые слова: профессиональные спортсмены, углубленное медицинское обследование, коррекция метаболизма, информационная система

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Яшин Т.А., Гришина Ж.В., Кадыкова А.И., Фещенко В.С., Жолинский, А.В. Пушкина Т.А. Особенности составления программ метаболической коррекции для профессиональных спортсменов и возможности их оптимизации с использованием цифровых технологий. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(2):5–12. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.8>

Поступила в редакцию: 11.02.2022

Принята к публикации: 15.06.2022

Online first: 29.06.2022

Опубликована: 30.09.2022

* Автор, ответственный за переписку

Features of compiling metabolic correction programs for professional athletes and the possibility of their optimization using digital technologies

Timofey A. Yashin^{1,*}, Zhanna V. Grishina¹, Anastasia I. Kadykova¹, Vladimir S. Feshchenko¹, Andrey V. Zholinsky¹, Tatiana A. Pushkina²

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

²Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

ABSTRACT

To compile a personalized program for correcting the metabolism of a professional athlete, it is necessary to take into account many factors, including age, gender, sports specialization, individual characteristics, the pathologies in the anamnesis, the stage of the athlete's training cycle, etc. When drawing up such programs for athletes of sports national teams of the Russian Federation, a scheme for assessing the characteristics of the athlete's body is used, the basis for which is information obtained during in-depth medical examinations of athletes conducted on the basis of clinics of the FMBA Russia. To improve the quality of personalized programs of metabolic correction in the future, it is possible to use professionally oriented reference intervals of laboratory blood parameters, as well as the results of genetic screening based on the strategy of complete exomic sequencing of the athlete's genome. One of the ways to increase the efficiency of metabolic correction of professional athletes is the introduction of modern information technologies and the development of a modern information system based on them. The introduction of such an information system will increase the speed of primary processing of initial information about the health status of the athlete and the peculiarities of his metabolic processes, as well as partially automate the formation of individualized recommendations regarding the diet and hydration, and the choice of metabolic correction at various stages of the sports season.

Keywords: professional athletes, in-depth medical examination, correction of metabolism, information systems

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

For citation: Yashin T.A., Grishina Zh.V., Kadykova A.I., Feshchenko V.S., Zholinsky A.V., Pushkina T.A. Features of compiling metabolic correction programs for professional athletes and the possibility of their optimization using digital technologies. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(2):5–12. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.8>

Received: 11 February 2022

Accepted: 15 June 2022

Online first: 29 June 2022

Published: 30 September 2022

*Corresponding author

1. Введение

В настоящее время система подготовки в спорте высших достижений характеризуется исключительно высокими тренировочными и соревновательными нагрузками. Повышенные нагрузки на организм, которые испытывают спортсмены в течение всей профессиональной карьеры, приводят к появлению дополнительных потребностей в веществах, участвующих в обменных процессах. Это относится как к группе веществ-макронутриентов (белки, жиры и углеводы), так и к большой группе веществ, называемых микронутриентами (витамины, минеральные вещества, а также различные минорные компоненты пищи, обладающие биологической активностью и выполняющие в основном регуляторную функцию в обменных процессах) [1, 2].

При отсутствии адекватной компенсации на фоне длительных предельных нагрузок на организм спортсмен зачастую приобретает негативные изменения в структуре метаболизма. Такие изменения выражаются прежде всего в нарушениях энергетического и пластического обмена в отдельных органах и тканях, а также в нарушениях трофики целого ряда биологически активных веществ, большинство из которых несут регуляторную функцию и также являются важным компонентом поддержания гомеостаза [3, 4].

Если процесс метаболических нарушений у спортсмена, возникающих на фоне предельных нагрузок на организм, не удастся скомпенсировать, то зачастую такие нарушения переходят в хроническую стадию. Особенно сильно от своевременно некомпенсированных метаболических нарушений у спортсменов высокой квалификации страдают «системы-мишени» — системы организма, подвергающиеся сверхсильным нагрузкам в связи с профессиональной спортивной деятельностью. Такая «хронизация» метаболических нарушений обычно приводит к снижению скорости восстановления энергетических и пластических ресурсов организма, а также к возникновению метаболически обусловленных нарушений здоровья (в первую очередь в упомянутых выше «системах-мишенях») [3, 5].

Среди метаболически обусловленных нарушений здоровья у спортсменов высокой квалификации наиболее часто возникают:

- заболевания желудочно-кишечного тракта (гастриты, колиты, эрозийные поражения желудка и кишечника, дисбиозы);

- нарушения со стороны сердечно-сосудистой системы (различные заболевания сердца, гипертоническая болезнь, сосудистые изменения);

- заболевания опорно-двигательного аппарата (артриты, артрозы, подагра и др.);

- нейроэндокринные заболевания (гипо- и гипертиреозы, сахарный диабет II типа).

Все вышеперечисленные метаболически обусловленные нарушения здоровья способствуют значительному снижению компонентов общего функционального состояния организма спортсмена, прежде всего показателей работоспособности и скорости восстановления спортсмена после нагрузок. При дальнейшем отсутствии своевременной метаболической компенсации на фоне продолжающихся интенсивных нагрузок на организм у спортсменов возникают длительные периоды потери спортивной формы и в конечном счете — комплексные изменения в состоянии здоровья, которые не совместимы с продолжением профессиональной спортивной карьеры [3, 4].

Выявление слабых звеньев метаболизма (как «хронических», обусловленных в большей степени влиянием наследственных факторов, так и «ситуативных», появление которых связано с текущим состоянием спортсмена) с помощью адекватной системы оценки состояния обменных процессов организма позволит обеспечить своевременную и адекватную их коррекцию и предотвратить развитие предпатологических и патологических изменений.

Исходя из вышеизложенного, метаболическая коррекция состояния здоровья спортсменов высокой квалификации должна носить персонафицированный характер с учетом:

- пола, возраста спортсмена и его профессиональной спортивной специализации, плана учебно-тренировочных и соревновательных мероприятий на определенный временной отрезок;

- общего и спортивного анамнеза спортсмена;

- различных параметров, характеризующих состояние обменных процессов организма спортсмена (определяются с помощью анализов различных биологических жидкостей и с использованием ряда неинвазивных методик);

- уровня энерготрат, необходимого для поддержания оптимального функционального состояния спортсмена (с учетом этапа годичного цикла спортивной подготовки и его задач).

В настоящее время в Федеральном научно-клиническом центре спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства существует схема оценки метаболических особенностей спортсмена, основная информация для которой черпается из результатов углубленных медицинских обследований (УМО), проводимых на базе учреждений ФМБА России один раз в шесть месяцев [5, 6].

Компонентами данной схемы по выявлению особенностей обменных процессов у спортсменов, входящих в расширенный состав сборных команд России по различным спортивным дисциплинам, являются [6, 7]:

1. Анализ общего и спортивного анамнеза. Сведения, полученные в результате сбора и анализа общего и спортивного анамнеза, позволяют составить первичную картину об общем состоянии здоровья спортсмена, о наличии у него хронических нарушений здоровья и «систем-мишеней», которые нуждаются в постоянной базовой метаболической поддержке на протяжении его профессиональной карьеры.

2. Оценка параметров структуры массы тела. Сведения, полученные в результате изучения структуры массы тела в динамике, позволяют скорректировать поступления макронутриентов (белков, жиров, углеводов) в базовом пищевом рационе и при необходимости составить индивидуальный план по снижению/набору общей массы тела и (или) нормализации структуры массы тела с использованием средств коррекции метаболизма.

3. Оценка параметров общего обмена веществ (с помощью непрямой калориметрии или одного из расчетных методов). Позволяет оценить потребности спортсмена в макронутриентах (белках, жирах и углеводах) и в количестве потребляемой энергии на определенном этапе спортивного цикла; при необходимости — скорректировать ежедневный пищевой рацион спортсмена в количестве поступающих макронутриентов и их соотношении, а также составить индивидуальный план приема средств коррекции белкового, жирового или углеводного обмена.

4. Оценка параметров лабораторных показателей состояния обменных процессов. Позволяет охарактеризовать состояние обменных процессов на момент проведения исследований, а также отследить колебания значений отдельных лабораторных показателей в динамике, что позволит обосновать использование тех или иных средств коррекции метаболизма на различных этапах спортивного сезона.

5. При оценке того или иного лабораторного показателя в различные периоды времени очень важным является использование корректных референтных интервалов [8, 9]. В 2020 году на базе Федерального научно-клинического центра спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства была выполнена работа по расчету референтных интервалов (РИ) показателей крови на специальной выборке, состоящей из профессиональных спортсменов. Выборка включала более 10 000 результатов УМО за 2014–2019 гг. спортсменов в возрасте от 14 до 38 лет обоих полов. На этапе формирования выборки из нее были исключены спортсмены, не допущенные до тренировочной деятельности по состоянию здоровья или имеющие в анамнезе некоторые заболевания, которые могут «искажать» метаболический профиль спортсмена (синдром Жильбера, сахарный диабет и т. д.). Все спортсмены были разделены по группам видов спорта, по полу, на три возрастные группы согласно возрастной периодизации, предложенной в 1980 г. профессором В. П. Филлиным. В результате сравнительного анализа рассчитанных референтных

интервалов показателей крови на выборке профессиональных спортсменов и референтных интервалов, которые используются при оценке результатов УМО, были выявлены различия в ширине диапазонов референтных значений по большинству показателей [3, 10].

Использование подобных профессионально-ориентированных РИ показателей крови учитывающих пол, возраст и спортивную специализацию в блоке «Оценка параметров лабораторных показателей состояния обменных процессов», способно повысить эффективность диагностики отклонений в состоянии здоровья спортсменов и способствовать своевременному выявлению у спортсменов донологических состояний, требующих проведения направленной метаболической коррекции.

В дополнение к получаемой по четырем основным компонентам данной схемы коррекции метаболизма в настоящее время используется также информация, получаемая по результатам:

- специализированных тестов, проводимых во время УМО, характеризующих параметры функционального состояния спортсмена;

- обследований основных систем организма спортсмена и консультаций у профильных специалистов, проводимых в рамках УМО;

- анкетирования спортсмена с помощью специализированных анкет-опросников, позволяющих получить дополнительную информацию в отношении самооценки спортсменом состояния отдельных параметров его здоровья, а также в отношении особенностей его базового пищевого рациона, питьевого режима и режима приема средств фармакологической и нефармакологической коррекции метаболизма.

По результатам оценки всех упомянутых параметров строится заключение об особенностях обмена веществ у спортсмена на текущий момент времени и разрабатывается базовая стратегия по индивидуальному использованию специализированных средств коррекции метаболизма, к которым относятся:

- фармакологические средства (витамино-минеральные комплексы, препараты отдельных витаминов и минералов, другие препараты метаболического действия, зарегистрированные в качестве лекарственных средств);

- нелекарственные средства коррекции метаболизма (специализированная пищевая продукция, имеющая государственную регистрацию в качестве специализированных продуктов для питания спортсменов, биологически активных добавок к пище, специализированных продуктов для лечебного и лечебно-профилактического питания).

Лекарственные и нелекарственные средства для коррекции метаболизма, используемые при составлении подобных программ для спортсменов сборных команд России по различным спортивным дисциплинам, обычно входят в текущую версию «Формуляра лекарственных средств, биологически активных добавок к пище, специализированных пищевых продуктов и изделий

медицинского назначения ФМБА России, используемых для медицинского и медико-биологического обеспечения спортсменов сборных команд Российской Федерации».

Одним из способов повышения эффективности работ по направленной метаболической коррекции профессиональных спортсменов является внедрение современных информационных технологий. Предполагается, что их дополнительное использование при реализации задач метаболической коррекции состояния здоровья спортсменов, позволит:

- увеличить скорость обработки исходной информации, необходимой для оценки особенностей метаболизма спортсменов и выявления у них «систем-мишеней», нуждающихся в метаболической поддержке;

- частично автоматизировать формирование базовых заключений, касающихся особенностей обменных процессов у спортсменов, базовых диетологических рекомендаций и базовых рекомендаций в отношении их пищевого рациона и питьевого режима;

- частично или полностью автоматизировать формирование базовых схем метаболической коррекции состояния здоровья спортсменов.

Основной для формирования современного информационного продукта для контроля за состоянием метаболических процессов у спортсменов сборных команд России может стать имеющаяся на сегодня Медицинская информационно-аналитическая система (МИАС), обеспечивающая функционирование и ведение электронного регистра состояния здоровья спортсменов сборных команд, которая с 2014 г. имеет статус Федеральной государственной информационной системы (ФГИС МИАС).

В системе МИАС находятся медико-биологические данные спортсменов из расширенного списка сборных команд России по различным спортивным дисциплинам, получаемые в учреждениях ФМБА во время прохождения спортсменами один раз в шесть месяцев углубленных медицинских обследований (УМО).

Данные УМО, отражающиеся в системе МИАС, включают в себя параметры, перечисленные в п. п. 1–4 схемы оценки метаболических особенностей спортсмена, используемой в настоящее время.

Кроме того, из дополнительных параметров, получаемых во время проведения УМО, которые также могут быть использованы для выявления метаболических особенностей спортсмена, в системе МИАС находятся:

- результаты специализированных тестов, проводимых во время проведения УМО, характеризующих параметры функционального состояния спортсмена;

- результаты обследований основных систем организма спортсмена и консультаций у профильных специалистов, проводимые в рамках УМО.

Дополнительным блоком системы МИАС, который также мог бы использоваться с целью повышения эффективности программ метаболической коррекции у спортсменов сборных команд России, могли бы стать

результаты полного экзомного секвенирования (whole exome sequencing, WES) геномов спортсменов. Данные, полученные в результате WES, позволят дополнительно учитывать особенности организма спортсмена, детерминированные генетически. В данном блоке информационной системы должны отражаться значимые генетические маркеры, характеризующие:

- состав мышечных волокон, полиморфизм генов-кандидатов мышечной силы (например, гены семейства *PPG3A* и *PPAR*). Анализ вышеуказанных генов позволит получить информацию о наследственных особенностях физической активности человека и позволит целенаправленно скорректировать тренировочный процесс [11];

- комплексный анализ генов, регулирующих деятельность сердечно-сосудистой системы (*NOS*, *ACE*, *LPL*, *GNB3*, *AGT* и др.). Анализ этих генов позволит оценить риски развития патологических состояний сердечно-сосудистой системы до их нозологических проявлений, а также предупредить внезапную сердечную смерть спортсменов [12];

- генетически детерминированные особенности протекания отдельных звеньев метаболизма (макро- и микронутриентов, ксенобиотиков, фармакологических субстанций);

- сопоставление фенотипических проявлений при мутациях в генах, связанных с заболеваниями, проявляющихся в субклинической форме, способные дать потенциальные преимущества спортсмену [13].

Для придания информационной системе МИАС большей информативности, а также для повышения эффективности составления с ее помощью программ метаболической коррекции состояния здоровья спортсменов для отдельных этапов спортивного сезона желательно включать в информационную систему данные регулярных обследований спортсменов (этапных комплексных обследований — ЭКО и текущих обследований — ТО), проводимых в течение всего спортивного сезона на учебно-тренировочных сборах и на соревнованиях.

Критерием оценки отдельных параметров, характеризующих особенности обменных процессов в организме спортсмена, в блоке информационной системы, касающемся метаболической коррекции состояния здоровья спортсменов, могут служить сравнение показателей текущего состояния отдельных параметров у конкретного спортсмена с их «модельными популяционными характеристиками».

«Модельные популяционные характеристики» («популяционный профиль») того или иного параметра, характеризующего метаболические особенности спортсмена, должны учитывать: возрастную категорию, пол, тип профессиональной специализации спортсмена; этап текущего спортивного сезона и связанные с ним параметры спортивной нагрузки.

Кроме модельных популяционных характеристик того или иного параметра, характеризующего метаболические особенности спортсмена, для построения

интегральной оценки общего и текущего состояния обменных процессов, выявления «систем-мишеней», а также для обоснования общих рекомендаций в отношении пищевого рациона, питьевого режима, программы базовой метаболической коррекции и, при необходимости, программы коррекции метаболизма на определенный этап спортивного сезона следует учитывать генетические, антропологические, биохимические и физиологические особенности, присущие конкретному спортсмену («индивидуальный профиль» отдельных параметров, характеризующих метаболические особенности спортсмена).

Ниже приведена блок-схема, отражающая процесс формирования базовой программы метаболической коррекции состояния здоровья спортсмена с использованием информационной системы (рис.).

2. Выводы

Профессиональные спортсмены нуждаются в направленной метаболической коррекции на протяжении всей спортивной карьеры, что обусловлено профессиональными нагрузками на их организм.

Для составления обоснованной персонализированной программы коррекции метаболизма профессиональному спортсмену на определенный временной отрезок необходимо учитывать его возраст, пол, профессиональную спортивную специализацию, индивидуальные особенности его организма, наличие патологий в анамнезе, а также этап годичного цикла подготовки, на котором находится спортсмен.

При составлении персонализированных программ метаболической коррекции спортсменам сборных команд России в Федеральном научно-клиническом центре спортивной медицины и реабилитации ФМБА России используется схема оценки особенностей организма спортсмена, основой которой служит информация, полученная в ходе углубленных медицинских обследований (УМО) спортсменов, проводимых на базе учреждений ФМБА России.

Для повышения качества персонализированных программ метаболической коррекции профессиональных спортсменов в перспективе возможно использовать профессионально-ориентированные референтные интервалы лабораторных показателей крови, а также результаты генетического скрининга, основанного на стратегии полного экзомного секвенирования (whole exome sequencing, WES) генома спортсмена.

Одним из способов повышения эффективности работ по направленной метаболической коррекции спортсменов сборных команд России является использование современной информационной системы, внедрение которой позволит значительно повысить скорость первичной обработки исходной информации, частично автоматизировать формирование базовых заключений, касающихся особенностей обменных процессов у спортсменов и создание базовых схем метаболической коррекции состояния здоровья спортсменов.

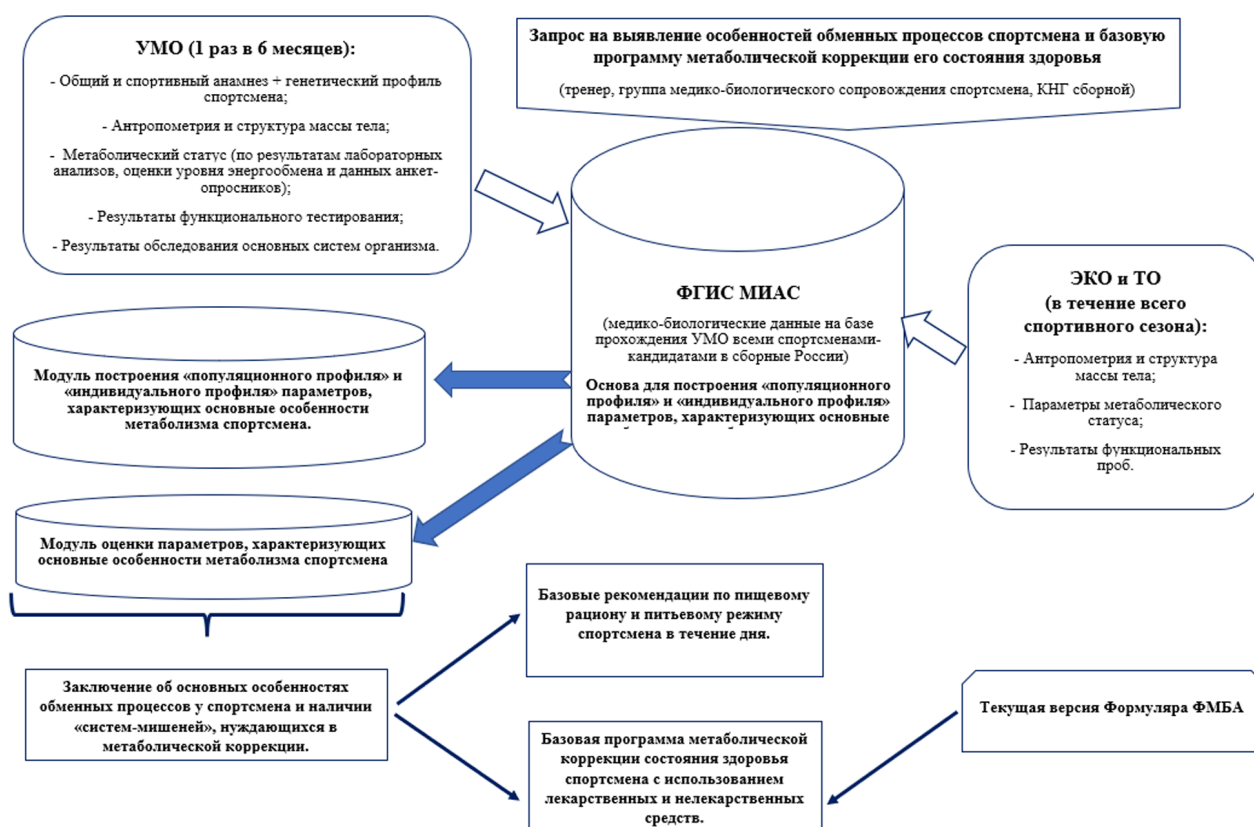


Рис. Блок-схема формирования базовой программы метаболической коррекции состояния здоровья спортсмена с использованием информационной системы

Fig. Block diagram "The formation of the athlete's health basic program for the metabolic correction using the information system"

Вклад авторов:

Яшин Тимофей Александрович — сбор и обработка информации, редактирование.

Гришина Жанна Валерьевна — сбор и обработка информации, утверждение финальной версии статьи.

Кадыкова Анастасия Игоревна — сбор и обработка информации.

Фещенко Владимир Сергеевич — редактирование, утверждение финальной версии статьи.

Жолинский Андрей Владимирович — редактирование.

Пушкина Татьяна Анатольевна — сбор и обработка информации, редактирование.

Authors' contributions:

Timofey A. Yashin — collection and processing of information, editing.

Zhanna V. Grishina — collection and processing of information, approval of the article final version.

Anastasia I. Kadykova — collection and processing of information.

Vladimir S. Feshchenko — editing, approval of the article final version.

Andrey V. Zholinsky — editing.

Tatiana A. Pushkina — collection and processing of information, editing.

Список литературы

1. **Никулин Б., Родионова И.** Биохимический контроль в спорте. Москва: Советский спорт; 2011.
2. **Кулиненко О.С., Лапшин И.А.** Биохимия в практике спорта. Москва: Спорт; 2019.
3. **Гришина Ж.В., Макарова Г.А., Базанович С.А., Чернуха С.М., Ядгаров М.Я., Фещенко В.С. и др.** Скрытые нарушения метаболизма у высококвалифицированных спортсменов. Спортивная медицина: наука и практика. 2020;10(4):64–75. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2020.4.3>
4. **Petibois C., Cazorla G., Poortmans J-R., Déléris G.** Biochemical Aspects of Overtraining in Endurance Sports.

References

1. **Nikulin B., Rodionova I.** Biochemical control in sports. Moscow: Sovetskii sport Publ; 2011 (In Russ.).
2. **Kulinenkov O.S., Lapshin I.A.** Biochemistry in the practice of sports. Moscow: Sport Publ; 2019 (In Russ.).
3. **Grishina Zh.V., Makarova G.A., Bazanovich S.A., Chernukha S.M., Yadgarov M.Ya., Feshchenko V.S., et al.** Hidden metabolic disorders in highly qualified athletes. Sports medicine: research and practice. 2020;10(4):64–75 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2020.4.3>
4. **Petibois C., Cazorla G., Poortmans J-R., Déléris G.** Biochemical Aspects of Overtraining in Endurance Sports.

A Review. Sports Med. 2002;32(13):867–878. <https://doi.org/10.2165/00007256-200232130-00005>

5. **Макарова Г.А., Холявко Ю.А., Поляев Б.А.** Показатели биохимического состава крови в системе срочного и текущего контроля в видах спорта, направленных на развитие выносливости (авторское видение проблемы). Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2018;(4):28–36.

6. **Макарова Г.А., Поляев Б.А., Юрьев С.Ю.** Сравнительный анализ отечественного и зарубежного опыта ежегодного углубленного медицинского обследования спортсменов высокой квалификации: общие перспективы совершенствования. Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2018;(1):4–14.

7. **Гришина Ж.В., Яшин Т.А.** Возможности изучения параметров метаболизма у профессиональных спортсменов. Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2018;(6):42–47.

8. **Евгина С.А., Савельев Л.И.** Современные теория и практика референтных интервалов. Лабораторная служба. 2019;8(2):36–44. <https://doi.org/10.17116/labs2019802136>

9. **Ивойлов О.О., Максимова Н.Л., Криворучко А.Б., Иванов А.М.** Практические подходы к установлению референтных интервалов эритроцитов на основе данных пациентов. Лабораторная служба. 2019;8(2):17–24. <https://doi.org/10.17116/labs2019802117>

10. **Макарова Г.А., Гришина Ж.В., Чернуха С.М., Базанович С.А., Ядгаров М.Я., Фещенко В.С., [и др.]** Центильные градации морфологических и биохимических показателей крови у спортсменов: особые подходы к анализу и оценке. Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2020;(1):14–21.

11. **Ahmetov I.I., Egorova E.S., Gabdrakhmanova L.J., Fedotovskaya O.N.** Genes and athletic performance: An update. Med. Sports Sci. 2016;61:41–54. <https://doi.org/10.1159/000445240>

12. **Pickering C., Kiely J., Grgic J., Lucia A., Del Coso J.** Can Genetic Testing Identify Talent for Sport? Genes. 2019;10(12):972. <https://doi.org/10.3390/genes10120972>

13. Department of Orthopaedics and sport Medicine University of Washington. Marfan-syndrome [internet]. Available at: <https://orthop.washington.edu/patient-care/articles/arthritis/marfan-syndrome.html>

A Review. Sports Med. 2002;32(13):867–878. <https://doi.org/10.2165/00007256-200232130-00005>

5. **Makarova G.A., Kholyavko Yu.A., Polyayev B.A.** Indicators of the biochemical composition of blood in the system of urgent and current control in sports aimed at developing endurance (the author's vision of the problem). Lechebnaya fizkul'tura i sportivnaya meditsina [Physical therapy and sports medicine]. 2018;(4):28–36 (In Russ.).

6. **Makarova G.A., Polyayev B.A., Yuryev S.Yu.** Comparative analysis of domestic and foreign experience of annual in-depth medical examination of highly qualified athletes: general prospects for improvement. Lechebnaya fizkul'tura i sportivnaya meditsina [Physical therapy and sports medicine]. 2018;(1):4–14 (In Russ.).

7. **Grishina Zh.V., Yashin T.A.** The possibilities of studying the parameters of metabolism in professional athletes. Lechebnaya fizkul'tura i sportivnaya meditsina [Physical therapy and sports medicine]. 2018;(6):42–47 (In Russ.).

8. **Evgenina S.A., Saveliev L.I.** Modern theory and practice of reference intervals. Laboratornaya sluzhba = Laboratory service. 2019;8(2):36–44 (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/labs2019802136>

9. **Ivoilov O.O., Maksimova N.L., Krivoruchko A.B., Ivanov A.M.** Practical approaches to the establishment of reference intervals of erythrocytes based on patient data. Laboratornaya sluzhba = Laboratory service. 2019;8(2):17–24 (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/labs2019802117>

10. **Makarova G.A., Grishina Zh.V., Chernukha S.M., Bazanovich C.A., Yadgarov M.Ya., Feshchenko V.S.** Centile gradations of morphological and biochemical blood parameters in athletes: special approaches to analysis and evaluation. Lechebnaya fizkul'tura i sportivnaya meditsina [Physical therapy and sports medicine]. 2020;(1):14–21 (In Russ.).

11. **Ahmetov I.I., Egorova E.S., Gabdrakhmanova L.J., Fedotovskaya O.N.** et al. Genes and athletic performance: An update. Med. Sports Sci. 2016;61:41–54. <https://doi.org/10.1159/000445240>

12. **Pickering C., Kiely J., Grgic J., Lucia A., Del Coso J.** Can Genetic Testing Identify Talent for Sport? Genes. 2019;10(12):972. <https://doi.org/10.3390/genes10120972>

13. Department of Orthopaedics and sport Medicine University of Washington. Marfan-syndrome [internet]. Available at: <https://orthop.washington.edu/patient-care/articles/arthritis/marfan-syndrome.html>

Информация об авторах:

Яшин Тимофей Александрович*, руководитель кабинета коррекции функционального состояния ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», Россия, 121059, Москва, Большая Дорогомиловская улица, 5

Гришина Жанна Валерьевна, к.б.н., биохимик кабинета коррекции функционального состояния ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», Россия, 121059, Москва, Большая Дорогомиловская улица, 5

Кадыкова Анастасия Игоревна, врач клинической лабораторной диагностики ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», Россия, 121059, г. Москва, Большая Дорогомиловская улица, 5

Фещенко Владимир Сергеевич, к.м.н., начальник организационно-исследовательского отдела ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», Россия, 121059, Москва, Большая Дорогомиловская улица, 5

Жолинский Андрей Владимирович, к.м.н., директор ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», Россия, 121059, Москва, Большая Дорогомиловская улица, 5

Пушкина Татьяна Анатольевна, к.б.н., начальник Управления спортивной медицины и цифровизации Федерального медико-биологического агентства, Россия, 123182, Москва, ул. Волоколамское шоссе, 30

Information about the authors:

Timofey A. Yashin*, Head of the Correction sportsmen's performance 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

Zhanna V. Grishina, M.D., Ph.D. (Biology), biochemist of the Cabinet of functional state correction, Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of the Federal Medical Biological Agency, 5 Bolshaya Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, Russia

Anastasia I. Kadykova, doctor of the laboratory, Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of the Federal Medical Biological Agency, 5 Bolshaya Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, Russia

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

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

Tatiana A. Pushkina, M.D., Ph.D. (Biology), Head of the Administration of Sports Medicine of Federal Medical Biological Agency, 30 Volokolamskoe highway, Moscow, 123182, Russia

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.10>

УДК: 575, 616-008

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original article



Сравнение профилей экспрессии микроРНК атлетов, выступающих в видах спорта, ориентированных на выносливость, и добровольцев, не занимающихся спортом, с использованием панели сигнального пути гипоксии

И.В. Пронина^{1,2}, П.В. Постников^{1,*}, В.И. Павлов³, З.Г. Орджоникидзе³

¹Национальная антидопинговая лаборатория (Институт) Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

²ФГБНУ «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии», Москва, Россия

³ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения г. Москвы», Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

В последние годы интерес к поиску новых потенциальных молекулярных биомаркеров для оценки эффективности тренировочного процесса в спорте высших достижений, различных патологий, вызванных перегрузками, и злоупотребления запрещенными препаратами достиг небывалого уровня. МикроРНК, регулирующие на посттранскрипционном уровне процессы метаболизма, дифференциации, пролиферации и апоптоза клеток, являются наиболее ценными кандидатами для использования в этом отношении. Они обнаружены во всех биологических жидкостях организма человека, стабильны при долгосрочном хранении и устойчивы к изменениям условий среды. Известно, что изменение профиля экспрессии микроРНК имеет тесную связь с физическим нагрузками, а также с введением рекомбинантных гормонов, эритропоэзстимулирующих агентов и других запрещенных Всемирным антидопинговым агентством (ВАДА) препаратов и методов, улучшающих спортивные результаты.

Цель исследования: в данной работе проанализированы образцы плазмы крови спортсменов, задействованных в видах спорта, ориентированных на выносливость (спортивная ходьба), и добровольцев, не занимающихся спортом, с использованием панели сигнального пути гипоксии с целью выявления маркеров-кандидатов гипоксии.

Материалы и методы: оценка профилей экспрессии циркулирующих микроРНК плазмы крови проводилась методом обратной транскрипции с последующей количественной ПЦР с детекцией в реальном времени. Полученные данные подверглись статистической обработке при помощи программы CFX Manager Software v3.1.

Результаты: определены три потенциальных микроРНК-маркера: hsa-miR-210-3p, hsa-miR-320a и hsa-miR-935 (повышены у спортсменов в 61,6, 51,8 и 41,0 раза соответственно) — физиологического ответа на тренировочную нагрузку, которые могут быть связаны с возникновением гипоксии при тренировках на выносливость.

Заключение: нами получены предварительные данные о различиях в профилях экспрессии циркулирующих микроРНК у здоровых добровольцев, не занимающихся спортом, и спортсменов во внесоревновательный период. В дальнейшем планируется расширить выборку исследованных образцов плазмы крови и провести сравнение профилей экспрессии циркулирующих микроРНК в соревновательный и внесоревновательный периоды у спортсменов, сравнить профили экспрессии циркулирующих микроРНК при аэробных и анаэробных нагрузках. Кроме того, представляет интерес анализ изменений экспрессии циркулирующих микроРНК при использовании миметиков гипоксии, употребляемых с целью улучшения спортивных результатов.

Ключевые слова: циркулирующие микроРНК, биомаркеры, физическая нагрузка, эффективность тренировочного процесса, выносливость, гипоксия, допинг-контроль

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Пронина И.В., Постников П.В., Павлов В.И., Орджоникидзе З.Г. Сравнение профилей экспрессии микроРНК атлетов, выступающих в видах спорта, ориентированных на выносливость, и добровольцев, не занимающихся спортом, с использованием панели сигнального пути гипоксии. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(2):13–21. <https://doi.org/10.47529/22232524.2022.2.10>

Поступила в редакцию: 22.02.2022

Принята к публикации: 28.07.2022

Online first: 05.08.2022

Опубликована: 30.09.2022

* Автор, ответственный за переписку

Comparison of microRNA expression profiles of athletes involved in endurance sports and non-athletic volunteers using a hypoxia signaling pathway panel

Irina V. Pronina^{1,2}, Pavel V. Postnikov^{1,*}, Vladimir I. Pavlov³, Zurab G. Ordzhonikidze³

¹National Anti-Doping Laboratory (Institute) of Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

²Institute of General Pathology and Pathophysiology, Moscow, Russia

³Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia

ABSTRACT

In recent years, interest in the search for new potential molecular biomarkers to assess the effectiveness of the training process in elite sports, various pathologies caused by overload, and abuse of prohibited substances has reached an unprecedented level. MicroRNAs that regulate the processes of metabolism, differentiation, proliferation, and apoptosis of cells at the post-transcriptional level are the most valuable candidates for use in this regard. They are found in all biological fluids of the human body, are stable during long-term storage and resistant to changes in environmental conditions. It is known that changes in the miRNA expression profile are closely associated with physical activity, as well as with the administration of recombinant hormones, erythropoiesis-stimulating agents, and other substances and methods that improve sports performance, which are prohibited by the World Anti-Doping Agency (WADA).

Objective: In this study, plasma samples from athletes involved in endurance sports (race walking) and non-athletic volunteers were analyzed using a hypoxia signaling pathway panel to identify hypoxia candidate markers.

Materials and methods: Expression profiles of plasma circulating miRNAs were assessed by reverse transcription followed by real-time quantitative polymerase chain reaction (RT Q-PCR). The obtained data were subjected to statistical processing using the CFX Manager Software v3.1 program.

Results: Three potential microRNA markers were identified: hsa-miR-210-3p, hsa-miR-320a and hsa-miR-935 (increased in athletes by 61.6 times, 51.8 and 41.0 times, respectively) — of physiological response to the training, load, which may be associated with the emergence of hypoxia during endurance training.

Conclusion: We have obtained preliminary data on differences in the expression profiles of circulating miRNAs in healthy non-athletic volunteers and professional athletes in the out-of-competition period. In the future, it is planned to expand the sample of studied blood plasma samples and compare the expression profiles of circulating microRNAs in athletes in competition and out-of-competition periods, as well as to compare the expression profiles of circulating microRNAs during aerobic and anaerobic loads. In addition, it is of interest to analyze changes in the expression levels of circulating miRNAs when using hypoxia mimetics applied to improve sports performance.

Keywords: circulating miRNAs, biomarkers, physical activity, efficiency of the training process, endurance, hypoxia, doping control

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interest.

For citation: Pronina I.V., Postnikov P.V., Pavlov V.I., Ordzhonikidze Z.G. Comparison of microRNA expression profiles of athletes involved in endurance sports and non-athletic volunteers using a hypoxia signaling pathway panel. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(2):13–21. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.10>

Received: 22 February 2022

Accepted: 28 July 2022

Online first: 5 August 2022

Published: 30 September 2022

* **Corresponding author**

1. Введение

Специалисты по спортивной медицине и физиологии тренировочных процессов сходятся в необходимости поиска дополнительных маркеров подготовленности спортсменов к физическим нагрузкам, в частности маркеров выносливости. Выносливость напрямую связана с кислородной емкостью крови, которая достигается высоким уровнем эритроцитов. Давно известно, что выработка эритроцитов регулируется гормоном эритропоэтином, который, в свою очередь, синтезируется при участии факторов, индуцируемых гипоксией (HIF). HIF является ключевым регулятором сигнального пути гипоксии. При нормальном содержании кислорода пролиновые

остатки α -субъединицы HIF гидроксилируются специфичными диоксигеназами (пролил-4-гидроксилазами, PHD). Гидроксированный HIF- α при помощи PHD направляется на убиквитинирование опосредованное убиквитин-E3-лигазой фон Хиппеля—Линдау (pVHL) и подвергается последующей протеасомной деградации. Помимо этого, механизм подавления HIF обеспечивается фактором, ингибирующим HIF, который по остатку аспарагина гидроксилирует HIF α , препятствуя его взаимодействию с белками-коактиваторами транскрипции (CBP и p300), вследствие чего существенно снижается уровень активации транскрипции генов-мишеней. При возникновении же гипоксии

активность кислородзависимой РНД подавляется, α -субъединицы HIF перемещаются в ядро и связываются с β -субъединицами HIF, образуя гетеродимерный комплекс. Последний локализуется в чувствительных к гипоксии элементах (HRE) своих генов-мишеней, приводя к усилению их транскрипции. Некоторые из HIF-активированных генов кодируют белки, повышающие физическую работоспособность независимо от эритропоэза (например, гликолитические ферменты, переносчики глюкозы, ангиогенные пептиды).

На протяжении всей своей профессиональной карьеры спортсмены в видах спорта, ориентированных на выносливость, постоянно подвергаются длительной физической нагрузке, ведущей к кислородному голоданию. В связи с этим интересным является исследование факторов, участвующих в регуляции ответа на гипоксию, или регулируемых гипоксией, например микроРНК, при физических нагрузках. Известно, что микроРНК являются тонкими регуляторами экспрессии генов на посттранскрипционном уровне [1]. Изменения профиля циркулирующих микроРНК крови могут быть даже более ранними маркерами ответа на физиологический или патологический стимул, чем биохимические. Как выносливость, так и силовые упражнения модулируют экспрессию микроРНК, кодирующих факторы, участвующие в нескольких клеточных процессах, связанных с адаптацией к тренировкам [2]. В опубликованных работах рассматривается в основном ответ организма спортсмена на тренировку (разовую нагрузку или короткий цикл нагрузок) [3], однако нет работ, посвященных сравнению уровней микроРНК у спортсменов и людей, не занимающихся спортом.

Современные достижения фармацевтической науки, применение новых схем и методов улучшения спортивных результатов заставляют антидопинговое сообщество идти в ногу со временем. Спортсмены ищут все более изощренные способы приема запрещенных веществ, например применение низких доз маскирующих агентов или микродоз препаратов, которые не всегда удается успешно детектировать. Разработанные на данный момент методики по обнаружению допинга позволяют оценить состояние и чистоту спортсмена лишь на момент отбора пробы. Исключением является программа биологического паспорта спортсмена, позволяющая отслеживать малейшие колебания параметров крови спортсмена, которые должны быть стабильны, с течением времени [4]. В случае приема допинговых средств, лекарственных препаратов или развития патологических процессов в организме отмечаются изменения данных параметров [5–8]. Проводимые исследования показывают, что изменение уровней экспрессии ряда микроРНК коррелируют с приемом различных активных веществ, как разрешенных, так и запрещенных к применению в спорте. По этой причине у антидопингового и научного сообщества в целом резко возрос интерес к использованию микроРНК в качестве высокочувствительных

маркеров аналогично программе биологического паспорта спортсмена (БПС) [9–13].

Перед тем как проводить выбор конкретных микроРНК, которые могут участвовать в регуляции сигнального пути гипоксии и их возможной валидации для отслеживания уровня тренированности спортсменов или как части программы биологического паспорта спортсмена, желательно провести сравнительный анализ межиндивидуальных различий профилей экспрессии микроРНК. В данной работе проведено сравнение профилей экспрессии микроРНК, выделенных из образцов крови спортсменов, задействованных в видах спорта, ориентированных на выносливость, и добровольцев, не занимающихся спортом.

2. Материалы и методы

Образцы для исследования

Для исследований выбрали образцы замороженной ($-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) плазмы крови шести добровольцев из числа сотрудников лаборатории, ведущих неспортивный образ жизни (контрольная группа), в возрасте 28–36 лет и шести спортсменов, задействованных в видах спорта, ориентированных на выносливость (в данном случае, спортивная ходьба), во внесоревновательный период (опытная группа). Каждый из добровольцев дал письменное информированное согласие на использование его биологического материала в научных целях, исследование не противоречит Хельсинкской декларации. Образцы крови спортсменов отбирали согласно пункту 5.3.12.2 Международного стандарта для лабораторий (МСЛ) [14] и 6.3 Всемирного антидопингового кодекса [15], в которых говорится, что обезличенные образцы биожидкостей спортсменов могут быть использованы в качестве материала для научных исследований в случае получения предварительного одобрения со стороны атлетов. В данном случае брали замороженные образцы крови, изначально собранные для тестирований по программе гематологического модуля БПС [4]. Образцы крови добровольцев отбирали по правилам сбора образцов по программе БПС в вакуумные пробирки BD Vacutainer® Plus ЭДТА (K2EDTA) для гематологических исследований. Плазму получали центрифугированием при комнатной температуре 20 мин. 1000 g и хранили до исследования при температуре $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Выделение микроРНК из образцов плазмы

МикроРНК выделяли из 1 мл плазмы при помощи набора PAXgene Blood miRNA Kit (PreAnalytix, Qiagen, Германия) по протоколу производителя с модификациями. 1 мл плазмы смешивали с 1 мл денатурирующего буфера (2,7 М гуанидина тиоцианат, 1,3 М аммония тиоцианат, 100 мМ натрия ацетат, 5 мМ ЭДТА, pH 4,0), инкубировали при комнатной температуре 20 мин., центрифугировали 10 мин. при 14 000 g, осадок промывали дважды 1 мл деионизированной воды. После второй промывки осадок растворяли в 350 мкл буфера

ВМ1 из указанного выше набора, далее выделение микроРНК вели по протоколу производителя, смывали микроРНК с колонок двумя объемами по 40 мкл деионизированной воды.

Измерение концентрации микроРНК проводили на флуориметре Qubit 4 (Thermo Fisher Scientific, США) с использованием наборов Qubit RNA BR Assay Kit (Thermo Fisher Scientific, США). Выделенную микроРНК хранили при температуре -20 °С для дальнейшего использования.

Обратная транскрипция и количественная ПЦР

Реакцию обратной транскрипции проводили при помощи набора miScript® II RT Kit (Qiagen, Германия) с использованием буфера 5 × miScript HiSpec Buffer по протоколу производителя на приборе C1000 Touch Thermal Cycler (Bio-Rad, США), в реакцию брали 200 нг микроРНК, конечный объем реакционной смеси 20 мкл. Полученную кДНК хранили при -20 °С. Перед

постановкой количественной ПЦР кДНК разводили добавлением 200 мкл деионизированной воды.

Количественную ПЦР проводили с помощью наборов miScript® SYBR® Green PCR Kit (Qiagen, Германия) и панелей для исследования профилей экспрессии зрелых микроРНК сигнального пути гипоксии Hypoxia Signaling Pathway miScript® miRNA PCR Array (Qiagen, Германия) (табл.) на приборе CFX96 Touch Real-Time PCR (Bio-Rad, США). Программа ПЦР: инициация +95 °С 15 мин., 40 циклов (+94 °С 15 сек., +55 °С 30 сек., +70 °С 30 сек.).

Статистическая обработка результатов

Статистическую обработку результатов проводили при помощи программного обеспечения CFX Manager Software v3.1 (Bio-Rad, США). Данные всех экспериментов были объединены в одно исследование. В работе определяли нормализованную экспрессию микроРНК (ΔCt), нормализацию проводили на референсные РНК.

Таблица

Список проанализированных микроРНК

Table

List of miRNAs analyzed

1. hsa-let 7a 5p	30. hsa-miR-17-5p	59. hsa-miR-26a-5p
2. hsa-let 7b 5p	31. hsa-miR-181a-5p	60. hsa-miR-26b-5p
3. hsa-let 7c 5p	32. hsa-miR-181b-5p	61. hsa-miR-27a-3p
4. hsa-let 7d 5p	33. hsa-miR-181c-5p	62. hsa-miR-29b-3p
5. hsa-let 7e 5p	34. hsa-miR-184	63. hsa-miR-30b-5p
6. hsa-let 7f 5p	35. hsa-miR-186-5p	64. hsa-miR-30e-5p
7. hsa-let 7g 5p	36. hsa-miR-188-5p	65. hsa-miR-31-5p
8. hsa-let 7i 5p	37. hsa-miR-191-5p	66. hsa-miR-320a
9. hsa-miR 101-3p	38. hsa-miR-192-5p	67. hsa-miR-324-5p
10. hsa-miR 103a 3p	39. hsa-miR-195-5p	68. hsa-miR-331-3p
11. hsa-miR 107	40. hsa-miR-199a-5p	69. hsa-miR-335-5p
12. hsa-miR 10b 5p	41. hsa-miR-199b-5p	70. hsa-miR-34a-5p
13. hsa-miR 122-5p	42. hsa-miR-19a-3p	71. hsa-miR-378a-3p
14. hsa-miR 125a 5p	43. hsa-miR-200a-3p	72. hsa-miR-429
15. hsa-miR 125b 5p	44. hsa-miR-200b-3p	73. hsa-miR-449a
16. hsa-miR 130a 3p	45. hsa-miR-203a-3p	74. hsa-miR-451a
17. hsa-miR 130b 3p	46. hsa-miR-204-5p	75. hsa-miR-491-5p
18. hsa-miR 135a 5p	47. hsa-miR-205-5p	76. hsa-miR-504-5p
19. hsa-miR 138-5p	48. hsa-miR-20a-5p	77. hsa-miR-7-5p
20. hsa-miR 141-3p	49. hsa-miR-20b-5p	78. hsa-miR-877-3p
21. hsa-miR 146a 5p	50. hsa-miR-210-3p	79. hsa-miR-92a-3p
22. hsa-miR 146b 5p	51. hsa-miR-215-5p	80. hsa-miR-935
23. hsa-miR 148a 3p	52. hsa-miR-21-5p	81. hsa-miR-93-5p
24. hsa-miR 148b 3p	53. hsa-miR-221-3p	82. hsa-miR-9-5p
25. hsa-miR 150-5p	54. hsa-miR-22-3p	83. hsa-miR-98-5p
26. hsa-miR 155-5p	55. hsa-miR-224-5p	84. hsa-miR-99a-5p
27. hsa-miR 15a 5p	56. hsa-miR-23a-3p	
28. hsa-miR 15b 5p	57. hsa-miR-23b-3p	
29. hsa-miR 16-5p	58. hsa-miR-24-3p	

По коэффициентам вариации (CV) и значениям среднего геометрического (M-value) в качестве референсных были выбраны SNORD68 (CV 0.3690, M 0.8174), SNORD95 (CV 0.0282, M 0.5652), SNORD96a (CV 0.3951, M 0.8783) со средними величинами стабильности CV 0.2641 и M 0.7537, т.к. для гетерогенных образцов рекомендуется использовать референсные РНК с CV < 0,5 и M < 1,0. При расчете относительной нормализованной экспрессии микроРНК ($\Delta\Delta Ct$) использовались усредненные значения ΔCt опытной группы против контрольной группы. Значимыми признавались величины $|\Delta\Delta Ct| > 2$ ($p < 0,01$).

3. Результаты исследования и их обсуждение

Нами исследована нормализованная экспрессия 84 микроРНК, об участии которых в сигнальных путях гипоксии известно по предыдущим исследованиям согласно информации, собранной в базе данных GeneGlobe Qiagen. В работе сравнили уровень экспрессии микроРНК добровольцев в возрасте 28–36 лет, который приблизительно соответствует среднему возрасту спортсменов, соревнующихся в группе S (senior), и взрослых спортсменов, участвующих в соревнованиях по спортивной ходьбе. Добровольцами выступали сотрудники лаборатории, достоверно не занимающиеся никаким видом спорта и не занимавшиеся спортом ранее. И в группе добровольцев, и в группе спортсменов было по три мужчины и три женщины, таким образом, отличия в профилях экспрессии микроРНК, связанные с полом, исключены.

В результате проведенных экспериментов были отмечены три микроРНК, экспрессия которых достоверно и значимо была выше в группе спортсменов по сравнению с группой добровольцев: hsa-miR-210-3p (повышена в 61,6 раза, $p = 0,001695$), hsa-miR-320a (повышена в 51,8 раза, $p = 0,006995$), hsa-miR-935 (повышена в 41 раз, $p = 0,001832$) (рис. 1). Также отмечено несколько десятков микроРНК, экспрессия которых повышена в сотни раз, например, hsa-let-7b-5p (в 186,31), hsa-let-7c-5p (в 94,28), hsa-miR-122-5p (в 285,28), hsa-miR-203a-3p (в 338,37), hsa-miR-449a (в 369,03), однако уровень значимости определяемой разницы между контрольной и экспериментальной группами $p > 0,05$. Низкий уровень значимости данных здесь связан с большой вариабельностью результатов между индивидуумами. Его повышению будет способствовать расширение обеих групп.

МикроРНК hsa-miR-210-3p тесно связана с сигнальным путем гипоксии и активируется в ответ на факторы, индуцируемые гипоксией. Ее экспрессия повышается в клетках, пораженных сердечными заболеваниями и опухолями. Hsa-miR-210-3p, в частности, изучалась на предмет ее влияния на восстановление сердечной функции после инфаркта миокарда посредством повышения регуляции ангиогенеза и ингибирования апоптоза кардиомиоцитов [16].

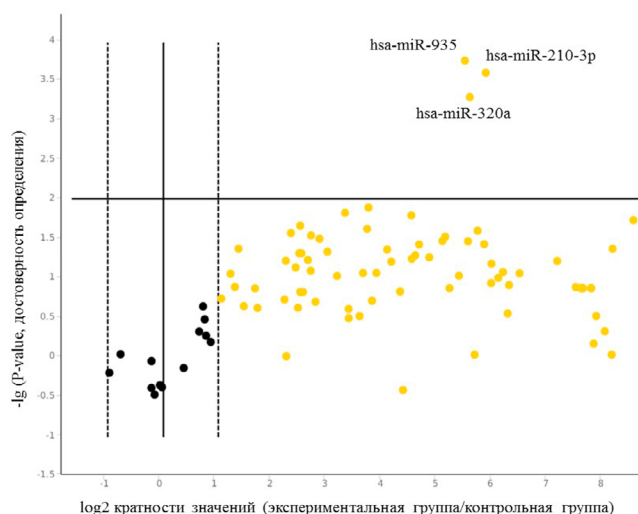


Рис. 1. Относительная нормализованная экспрессия ($\Delta\Delta Ct$) микроРНК, связанных с сигнальными путями гипоксии, в группе спортсменов по сравнению с группой добровольцев. По оси ординат отложены достоверности полученных результатов ($-\lg(p\text{-value})$). Вертикальные пунктирные линии отделяют значимые отклонения ($|\Delta\Delta Ct| > 2$, шкала \log_2) от незначимых. Горизонтальная линия отделяет результат с высокой достоверностью ($p \leq 0,01$) от результатов с низкой достоверностью

Fig. 1. Relative normalized expression ($\Delta\Delta Ct$) of miRNAs associated with hypoxia signaling pathways in a group of athletes compared with a group of volunteers. The y-axis shows the reliability of the results obtained ($-\lg(p\text{-value})$). Vertical dotted lines separate significant deviations ($|\Delta\Delta Ct| > 2$, \log_2 scale) from insignificant ones. The horizontal line separates a high confidence result ($p \leq 0.01$) from a low confidence result

Инфаркт миокарда — это некроз сердечной ткани, который возникает в результате нарушения кровоснабжения коронарных артерий, вследствие чего клетки лишаются кислорода и питательных веществ (так называемая ишемия). Длительная ишемия в итоге приводит к гибели клеток, а разрушение сердечных клеток приводит к гибели тканей, что может привести к сердечной недостаточности. Доставка miR-210-3p в ишемизированное сердце улучшает функцию сердца, возможно, за счет стимуляции высвобождения ангиогенных факторов, таких как интерлейкин-1 α (IL-1 α), фактор некроза опухоли- α (TNF- α) и лептин [17]. Однако miR-210-3p также нацелена на гены Efn3 и Ptp1b, которые эндогенно регулируют ангиогенез и апоптоз, соответственно [18–20].

Эфрин-А3 (Efn3) — это ген, который участвует в ингибировании ангиогенеза. Хотя известно, что Efn3 ингибирует образование новых кровеносных сосудов, его конкретная роль до сих пор неизвестна. Hsa-miR-210-3p подавляет Efn3 на уровне мРНК, тем самым позволяя ангиогенезу происходить в сердечной ткани после инфаркта.

Второй ген-мишень, протеинтирозинфосфатаза-1B (Ptp1b), участвует в индукции апоптоза [19–20]. Белок гена Ptp1b, как известно, регулирует апоптоз, влияя на статус фосфорилирования апоптотических белков,

таких как каспаза-3 и каспаза-8. Hsa-miR-210-3p подавляет действие белка Ptp1b, т.е. его проапоптотические функции [21]. Следовательно, подавление работы этих двух генов может способствовать улучшению функционирования сердечной ткани и за счет активации ангиогенеза и ингибирования апоптоза кардиомиоцитов после инфаркта миокарда.

Hsa-miR-320a так же относится к числу мастер-регуляторов сигнального пути гипоксии. Большая часть опубликованных об этой микроРНК данных связана с изучением микроокружения опухолей, в котором она участвует в регуляции апоптоза и ангиогенеза при возникновении гипоксии. При сахарном диабете hsa-miR-320a препятствует возникновению диабетической ретинопатии путем подавления экспрессии белка аквапорина-4 (AQP4) [22].

В работе [23] циркулирующая в плазме miR-320a предложена одним из биомаркеров для диагностики или прогноза сердечных и цереброваскулярных заболеваний. А в работе [24] ее апробировали на животных в качестве потенциального лекарственного средства для терапии ишемических повреждений спинного мозга.

Hsa-miR-320a участвует в регуляции функций эндотелия при физической нагрузке через сигнальный путь MALAT1/miR-320a [25]. Кроме того, hsa-miR-320a регулирует гликолиз в различных биологических

системах [26]. Она взаимодействует с мРНК гликолитического фермента мышц фосфофруктокиназой (PFK_m, phosphofructokinase type m), что приводит к аккумуляции лактата в тканях. Tang и соавт. показали [26], что манипулирование уровнями экспрессии miR-320a как *in vitro*, так и *in vivo* изменяет уровни PFK_m и лактата в ожидаемых направлениях.

Hsa-miR-935 практически не изучалась в связи с состоянием гипоксии, однако известно, что одной из ее мишеней является гипоксией индуцируемый фактор-1а (HIF-1а) [27], и уровень циркулирующей в плазме miR-935 снижен у пациентов с артериальной гипертензией. Также hsa-miR-935 участвует в регуляции трансляции 17 генов, ассоциированных с развитием легочной гипертензии [28]. Помимо этого, во многих публикациях обсуждается роль hsa-miR-935 в регуляции экспрессии гена SOX7, участвующего в эмбриональном развитии сердечно-сосудистой системы.

В настоящее время недостаток знаний об межличностных отличиях в профилях экспрессии циркулирующих микроРНК у здоровых людей является препятствием на пути их использования в качестве маркеров уровня физической подготовки спортсменов, антидопинговом тестировании или диагностике различных заболеваний. На рисунке 2 представлен участок диаграммы, отражающей разницу в экспрессии между группой спортсменов

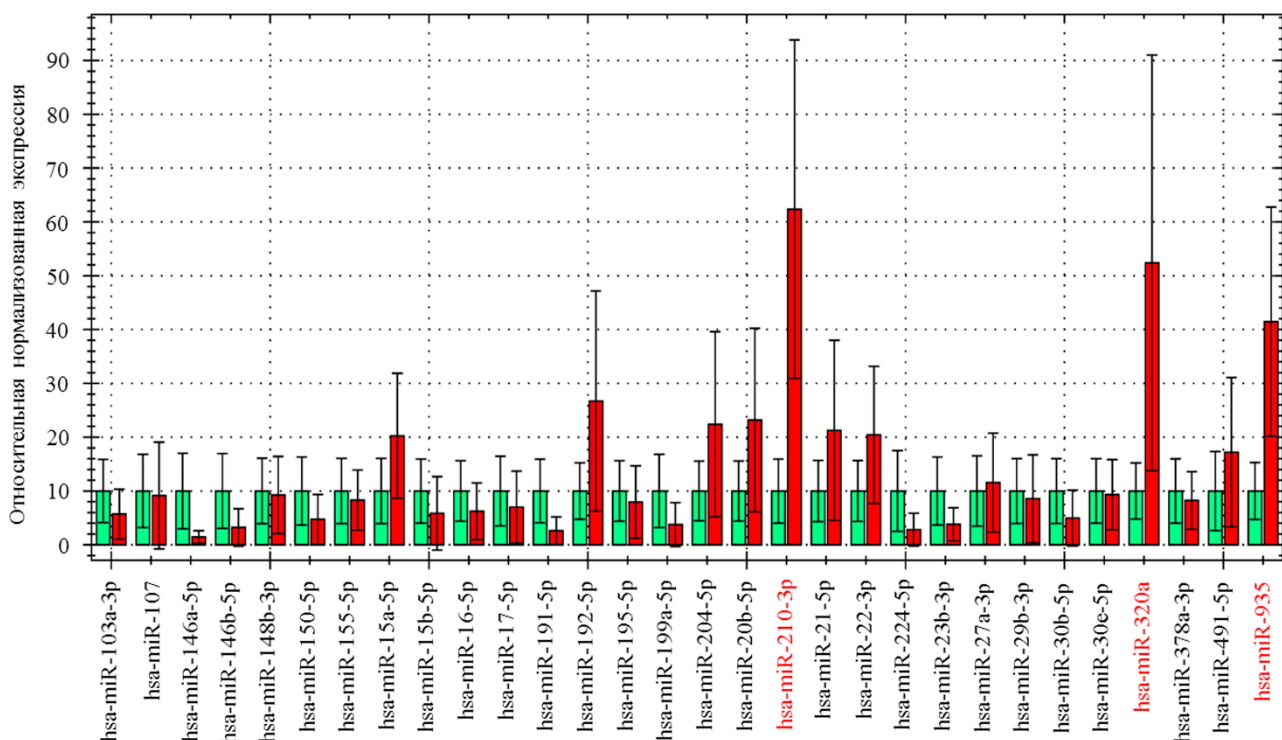


Рис. 2. Диаграмма, отражающая дифференциальную экспрессию отдельных микроРНК в экспериментальной группе (красный цвет) по сравнению с контрольной группой (зеленый цвет). МикроРНК с наиболее значительно повышенной экспрессией выделены красным цветом
Fig. 2. Diagram showing the differential expression of individual microRNAs in the experimental group (red) compared to the control group (green). MicroRNAs with the most significantly increased expression are highlighted in red

и группой добровольцев. Из диаграммы видно, что многие микроРНК панели сигнального пути гипоксии имеют значительную вариабельность экспрессии.

4. Выводы

Таким образом, нами проведены пилотные исследования по сравнению профилей экспрессии циркулирующих микроРНК плазмы крови у людей, не занимающихся спортом, и выступающих спортсменов. Выявленные нами различия в профилях циркулирующих микроРНК могут быть использованы в качестве индикаторов степени выносливости спортсменов или маркеров эффективности тренировочного процесса. В долгосрочной перспективе эти маркеры могут быть использованы для изучения компенсаторных механизмов организма в ответ на гипоксию.

При расширении выборки исследованных образцов также планируется определить потенциальные микроРНК-маркеры для их дальнейшего возможного применения в программе биологического паспорта спортсмена. Учитывая увеличивающийся интерес спортсменов к применению различных стимуляторов кроветворения и статистику ВАДА по количеству обнаруженных положительных проб за 2019 г. в видах спорта, ориентированных на выносливость [29], особый интерес представляют микроРНК, связанные с сигнальным путем гипоксии. Изменение профилей экспрессии

Вклад авторов:

Пронина Ирина Валерьевна — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка результатов исследования, написание текста и редактирование статьи.

Постников Павел Викторович — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка результатов исследования, написание текста и редактирование статьи, оформление рукописи, утверждение финальной версии статьи.

Павлов Владимир Иванович — анализ литературных данных и результатов, общее редактирование статьи.

Орджоникидзе Зураб Гивиевич — анализ литературных данных и результатов, общее редактирование статьи, помощь в организации исследований.

Список литературы / References

1. Saliminejad K., Khorram Khorshid H.R., Soleymani Fard S., Ghaffari S.H. An overview of microRNAs: Biology, functions, therapeutics, and analysis methods. *J. Cell. Physiol.* 2019;234(5):5451–5465. <https://doi.org/10.1002/jcp.27486>
2. Watier T., Sanchez A.M. Micro-RNAs, Exercise and Cellular Plasticity in Humans: The Impact of Dietary Factors and Hypoxia. *MicroRNA* 2017;6(2):110–124. <https://doi.org/10.2174/2211536606666170519133144>
3. Mounier R., Pialoux V., Schmitt L., Richalet J.-P., Robach P., Coudert J., Clottes E., Fellmann N. Effects of acute hypoxia tests on blood markers in high-level endurance athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2009;106(5):713–720. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1072-z>
4. WADA. Athlete biological passport operating guidelines [internet]. 2021. Available at: <https://www.wada-ama.org/sites/default/>

микроРНК сигнального пути гипоксии может быть связано с тренированностью спортсмена в целом и показателем его выносливости, с нагрузкой, которую он несет в настоящее время, а также с приемом запрещенных препаратов, например солей кобальта, являющихся миметиками гипоксии, и других активаторов гипоксия-индуцируемого фактора. Ввиду того что структура большинства HIF-активаторов закрыта патентами фармацевтических компаний, прямое их определение в допинг-контроле затруднено и об их применении возможно судить только по косвенным маркерам, каковыми могли бы быть микроРНК.

В дальнейшем будет проведено сравнение профилей экспрессии циркулирующих микроРНК в соревновательный и внесоревновательные периоды у спортсменов, сравнение профилей экспрессии циркулирующих микроРНК при аэробных и анаэробных нагрузках. На основании полученных данных возможно будет провести выбор конкретных микроРНК, помимо уже выявленных hsa-miR-210-3p, hsa-miR-320a, hsa-miR-935, участвующих в регуляции сигнального пути гипоксии, как возможной части программы биологического паспорта спортсмена, позволяющей отслеживать малейшие колебания параметров крови спортсмена с течением времени, или выступающих в качестве высокочувствительных маркеров приема запрещенных миметиков гипоксии.

Authors' contributions:

Irina V. Pronina — the concept and design of the study, collection and processing of the study results, article text writing, editing.

Pavel V. Postnikov — the concept and design of the study, collection and processing of the study results, article text writing, editing, article preparation, approval of the final version of the article.

Vladimir I. Pavlov — analysis of literature data and results, article general editing.

Zurab G. Ordzhonikidze — analysis of literature data and results, article general editing, assistance in research organization.

files/resources/files/guidelines_abp_v8_final.pdf (accessed 25 January 2022).

5. Çakmak H.A., Demir M. MicroRNA and Cardiovascular Diseases. *Balkan Med. J.* 2020;37(2):60–71. <https://doi.org/10.4274/balkanmedj.galenos.2020.2020.1.94>

6. Kumar S., Vijayan M., Bhatti J.S., Reddy P.H. MicroRNAs as Peripheral Biomarkers in Aging and Age-Related Diseases. *Prog. Mol. Biol. Transl. Sci.* 2017;146:47–94. <https://doi.org/10.1016/bs.pmbts.2016.12.013>

7. Szelenberger R., Kacprzak M., Saluk-Bijak J., Zielinska M., Bijak M. Plasma MicroRNA as a novel diagnostic. *Clin. Chim. Acta.* 2019;499:98–107. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2019.09.005>

8. Backes C., Meese E., Keller A. Specific miRNA Disease Biomarkers in Blood, Serum and Plasma: Challenges and Prospects. *Mol. Diagn. Ther.* 2016;20(6):509–518. <https://doi.org/10.1007/s40291-016-0221-4>

9. **Leuenberger N., Robinson N., Saugy M.** Circulating miRNAs: a new generation of anti-doping biomarkers. *Anal. Bioanal. Chem.* 2013;405(30):9617–9623. <https://doi.org/10.1007/s00216-013-7340-0>
10. **Leuenberger N., Saugy M.** Circulating microRNAs: The Future of Biomarkers in Anti-doping Field. *Adv. Exp. Med. Biol.* 2015;888:401–408. https://doi.org/10.1007/978-3-319-22671-2_20
11. **Sessa F., Salerno M., Di Mizio G., Bertozzi G., Messina G., Tomaiuolo B., et al.** Anabolic Androgenic Steroids: Searching New Molecular Biomarkers. *Front. Pharmacol.* 2018;9:1321. <https://doi.org/10.3389/fphar.2018.01321>
12. **Salamin O., De Angelis S., Tissot J.D., Saugy M., Leuenberger N.** Autologous Blood Transfusion in Sports: Emerging Biomarkers. *Transfus. Med. Rev.* 2016;30(3):109–115. <https://doi.org/10.1016/j.tmr.2016.05.007>
13. **Ponzetto F., Giraud S., Leuenberger N., Boccard J., Nicolli R., Baume N., et al.** Methods for Doping Detection. *Front. Horm. Res.* 2016;47:153–167. <https://doi.org/10.1159/000445177>
14. WADA. International Standard for Laboratories [internet]. 2021. Available at: https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/isl_2021.pdf (accessed 24 January 2022).
15. WADA. World Anti-Doping Code [internet]. 2021. Available at: https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/2021_wada_code.pdf (accessed 24 January 2022).
16. **Guan Y., Song X., Sun W., Wang Y., Liu B.** Effect of Hypoxia-Induced MicroRNA-210 Expression on Cardiovascular Disease and the Underlying Mechanism. *Oxid. Med. Cell. Longev.* 2019;2019:4727283. <https://doi.org/10.1155/2019/4727283>
17. **Huang L., Ma Q., Li Y., Li B., Zhang L.** Inhibition of microRNA-210 suppresses pro-inflammatory response and reduces acute brain injury of ischemic stroke in mice. *Exp. Neurol.* 2018;300:41–50. <https://doi.org/10.1016/j.expneurol.2017.10.024>
18. **Fasanaro P., D'Alessandra Y., Di Stefano V., Melchionna R., Romani S., Pompilio G., et al.** MicroRNA-210 modulates endothelial cell response to hypoxia and inhibits the receptor tyrosine kinase ligand Ephrin-A3. *J. Biol. Chem.* 2008;283(23):15878–15883. <https://doi.org/10.1074/jbc.M800731200>
19. **Hu S., Huang M., Li Z., Jia F., Ghosh Z., Lijkwan M.A., Fasanaro P.** MicroRNA-210 as a novel therapy for treatment of ischemic heart disease. *Circulation* 2010;122(11 Suppl):S124–S131. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.109.928424>
20. **Nakamura Y., Patrushev N., Inomata H., Mehta D., Urao N., Kim H.W., et al.** Role of protein tyrosine phosphatase 1B in vascular endothelial growth factor signaling and cell–cell adhesions in endothelial cells. *Circulation Res.* 2008;102(10):1182–1191. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.107.167080>
21. **Bao Q., Jia H., Rong A., Cao Z., Zhang Y.** MiR-210 inhibits hypoxia-induced apoptosis of smooth muscle cells via targeting MEF2C. *Int. J. Clin. Exp. Pathol.* 2019;12(5):1846–1858
22. **Chen Z., Yang Z., Li X., Wang H., Wang Y., Ding C., et al.** microRNA-320a prevent Müller cells from hypoxia injury by targeting aquaporin-4. *J. Cell. Biochem.* 2020;121(12):4711–4723. <https://doi.org/10.1002/jcb.29524>
23. **Yang X., Chen H., Chen Y., Birnbaum Y., Liang R., Ye Y., Qian J.** Circulating miRNA Expression Profiling and Target Prediction in Patients Receiving Dexmedetomidine. *Cell. Physiol. Biochem.* 2018;50(2):552–568. <https://doi.org/10.1159/000494168>
24. **Wang Y., Pang QJ, Liu JT, Wu HH, Tao DY.** Down-regulated miR-448 relieves spinal cord ischemia/reperfusion injury by up-regulating SIRT1. *Braz J Med Biol Res.* 2018 Mar 15;51(5):e7319. doi: 10.1590/1414-431X20177319.
25. **Zhao W., Yin Y., Cao H., Wang Y.** Exercise Improves Endothelial Function via the lncRNA MALAT1/miR-320a Axis in Obese Children and Adolescents. *Cardiol. Res. Pract.* 2021;2021:8840698. <https://doi.org/10.1155/2021/8840698>
26. **Tang H., Lee M., Sharpe O., Salamone L., Noonan E.J., Hoang C.D., et al.** Oxidative stress-responsive microRNA-320 regulates glycolysis in diverse biological systems. *FASEB J.* 2012;26(11):4710–4721. <https://doi.org/10.1096/fj.11-197467>
27. **Huang G., Chen J., Liu J., Zhang X., Duan H., Fang Q.** MiR-935/HIF1 α Feedback Loop Inhibits the Proliferation and Invasiveness of Glioma. *Oncotargets Ther.* 2020;13:10817–10828. <https://doi.org/10.2147/OTT.S244409>
28. **Rothman A., Restrepo H., Sarukhanov V., Evans W.N., Wienczek Jr R.G., Williams R., et al.** Assessment of microRNA and gene dysregulation in pulmonary hypertension by endoarterial biopsy. *Pulm. Circ.* 2017;7(2):455–464. <https://doi.org/10.1177/2045893217704206>
29. WADA. 2019 Anti-Doping Testing Figures [internet]. Available at: https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/2019_anti-doping_testing_figures_en.pdf (accessed 24 January 2022).

Информация об авторах:

Пронина Ирина Валерьевна, к.б.н., главный специалист отдела допингового контроля Национальной антидопинговой лаборатории (Института) Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Россия, 105005, Москва, Елизаветинский пер., 10/1; старший научный сотрудник лаборатории патогеномики и транскриптомики ФГБУ «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии», Россия, 125315, Москва, ул. Балтийская, 8. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0423-7801>; Web of Science Research ID G-3951-2014; Scopus Author ID 8161867200 (pronina@dopingtest.ru)

Постников Павел Викторович*, к.х.н., начальник отдела допингового контроля Национальной антидопинговой лаборатории (Института) Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Россия, 105005, Москва, Елизаветинский пер., 10/1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3424-0582>; РИНЦ ID 7251-9937 (postnikov@dopingtest.ru, drpavelpostnikov@gmail.com)

Павлов Владимир Иванович, д.м.н., ведущий научный сотрудник, заведующий отделением функциональной диагностики ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины департамента здравоохранения г. Москвы», Россия, 105120, Москва, ул. Земляной Вал, 53. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5131-7401>; Web of Science Research ID B-7057-2019; Scopus Author ID 57193905264; РИНЦ ID 9246-5804 (e-mail: mnpccsm@mail.ru)

Орджоникидзе Зураб Гивиевич, д.м.н., заслуженный врач РФ, главный внештатный специалист по спортивной медицине, первый заместитель директора ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения г. Москвы», Россия, 105120, Москва, ул. Земляной Вал, 53. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4623-0883> (e-mail: mnpccsm@mail.ru)

Information about the authors:

Irina V. Pronina, Ph.D. (Biology), the main specialist of Doping Control Department of the National Anti-Doping Laboratory (Institute) of Lomonosov Moscow State University, 10/1 Elizavetinsky lane, Moscow, 105005, Russia; senior scientist of pathogenomic and transcriptomic Laboratory of the Institute of General Pathology and Pathophysiology, 8 Baltiyskaya str., Moscow, 125315, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0423-7801>; Web of Science Researcher ID G-3951-2014; Scopus Author ID 8161867200 (e-mail: pronina@dopingtest.ru);

Pavel V. Postnikov*, Ph.D. (Chemistry), the Head of Doping Control Department of the National Anti-Doping Laboratory (Institute) of Lomonosov Moscow State University, 10/1 Elizavetinsky lane, Moscow, 105005, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3424-0582>, e-Library author ID 7251-9937 (e-mail: drpavelpostnikov@gmail.com, postnikov@dopingtest.ru);

Vladimir I. Pavlov, M.D., D.Sc. (Medicine), Head of the Department of Functional Diagnostics of the Moscow Centre for Research and practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department, 53 Zemlyanoy Val str., Moscow, 105120, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5131-7401>; Web of Science Research ID B-7057-2019; Scopus Author ID 57193905264; e-Library author ID 9246-5804; (mnpcsm@mail.ru)

Zurab G. Ordzhonikidze, D.Sc. (Medicine), Honored Doctor of the Russian Federation, Chief freelance specialist in sports medicine, First Deputy Director of the Moscow Centre for Research and practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department, 53 Zemlyanoy Val str., Moscow, 105120, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4623-0883> (e-mail: mnpcsm@mail.ru)

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.1>

УДК: 61:796/799

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original research



Анализ динамики и структуры заболеваемости спортсменов сборных команд Москвы по результатам углубленного медицинского обследования

В.А. Бадтиева^{1,2}, Е.А. Теняева^{1*}, Н.В. Сичинава¹, Е.А. Турова^{1,2}, Н.В. Трухачева¹, В.И. Афонина¹, И.Г. Бабеев¹, Д.А. Верещагина¹, Ю.Д. Востриков¹, О.И. Горячева¹, С.Н. Деревянко¹, А.А. Дьячкова¹, Н.А. Костина¹, Н.В. Макунин¹, А.А. Петросян¹, Э.А. Савин¹, Е.И. Суманеева¹, Ф.В. Токарев¹, Д.М. Усманов³, С.В. Югай¹, Е.А. Рожкова¹, И.Н. Артикулова¹, Н.А. Папина¹

¹ ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения г. Москвы», Москва, Россия

² ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет), Минздрава России, Москва, Россия

³ ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: анализ структуры и динамики заболеваемости спортсменов, членов спортивных сборных команд города Москвы на основании результатов углубленного медицинского обследования в период 2017–2021 годы.

Материалы и методы: проанализированы данные углубленного медицинского обследования спортсменов, проходившего на базе филиала № 1 ГАУЗ «МНПЦ МРВСМ ДЗМ», включавшего инструментальные, функциональные и лабораторные исследования. В 2017 г. обследование прошли 15 176 спортсменов, в 2018 и 2019 гг. — по 11 200, в 2020 г. — 10 080 и в 2021 г. — 11 922 спортсмена.

Результаты: исследования показали увеличение доли аменореи в рамках триады спортсменок, повышение общетерапевтической заболеваемости, болезней желудочно-кишечного тракта, среди которых доля вторичной гипербилирубинемии в 2021 г. увеличилась в три раза по сравнению с 2020 г., что, по нашему мнению, также связано с влиянием пандемии и карантинными ограничениями.

Показана высокая распространенность офтальмологической заболеваемости спортсменов и изменений со стороны сердечно-сосудистой системы. В течение 2017–2021 гг. выявлено изменение структуры кардиологической заболеваемости в виде увеличения доли нарушений сердечного ритма и гипертензивной реакции на нагрузку.

Выявлено повышение эндокринной заболеваемости спортсменов в 2021 г. за счет увеличения доли гипотиреоза и более частого выявления гипертиреоза, возможно, связанных с пандемией COVID-19, что требует дальнейших исследований.

Также отмечено повышение заболеваний кожи и мочеполовой системы у спортсменов. В период наблюдения возрастали психологические проблемы спортсменов. Существенной динамики заболеваний хирургического и травматологического профиля, болезней лор-органов не отмечено.

Заключение: результаты исследования свидетельствуют о важности регулярного полноценного обследования спортсменов, выявления различных функциональных нарушений и заболеваний для их своевременной профилактики и лечения с целью сохранения здоровья спортсменов и повышения спортивной результативности.

Ключевые слова: спортсмены, структура заболеваемости, углубленное медицинское обследование спортсменов, пандемия COVID-19, сердечно-сосудистые заболевания, недопуск к занятиям спортом

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Бадтиева В.А., Теняева Е.А., Сичинава Н.В., Турова Е.А., Трухачева Н.В., Афонина В.И., Бабеев И.Г., Верещагина Д.А., Востриков Ю.Д., Горячева О.И., Деревянко С.Н., Дьячкова А.А., Костина Н.А., Макунин Н.В., Петросян А.А., Савин Э.А., Суманеева Е.И., Токарев Ф.В., Усманов Д.М., Югай С.В., Рожкова Е.А., Артикулова И.Н., Папина Н.А. Анализ динамики и структуры заболеваемости спортсменов сборных команд Москвы по результатам углубленного медицинского обследования. Спортивная медицина: наука и практика. 2022;12(2):22–31. <https://doi.org/10.47529/22232524.2022.2.1>

Поступила в редакцию: 4.05.2022

Принята к публикации: 28.07.2022

Online first: 2.08.2022

Опубликована: 30.09.2022

*Автор, ответственный за переписку

Analysis of the dynamics and structure of morbidity of athletes of the national teams of Moscow based on the results of medical examination

Victoria A. Badtieva^{1,2}, Elena A. Tenyaeva E.A.^{1,*}, Nino V. Sichinava¹, Elena A. Turova^{1,2}, Nataliya N. Trukhacheva¹, Vera I. Afonina¹, Inna G. Babeyan¹, Daria N. Vereshagina¹, Yuri D. Vostrikov¹, Olga I. Goryacheva¹, Sergey N. Derevyanko¹, Anna A. Dyachkova¹, Nataliya A. Kostina¹, Nikolay V. Makunin¹, Andrey A. Petrosyan¹, Eldar A. Savin¹, Elena I. Sumaneeva¹, Fedor V. Tokarev¹, Damir M. Usmanov³, Sergey V. Yugai¹, Yelena A. Rozhkova¹, Irina N. Artikulova¹, Natalya A. Papina¹

¹ Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of the Moscow Department of Healthcare

² I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation

³ Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

ABSTRACT

Objective: The aim of the study was to analyze the structure and dynamics of morbidity of athletes, members of sports teams of the city of Moscow based on the results of an in-depth medical examination in the period 2017–2021.

Materials and methods: The data of the medical examination of athletes, which took place at the Moscow scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, restorative and sports medicine, including instrumental, functional and laboratory studies from 2017 to 2021, were analyzed. In 2017, 15176 athletes were examined, in 2018 and 2019, 11200, in 2020, 10080 people and in 2021–11922 athletes.

Results: The results of the study showed an increase in the proportion of amenorrhea within the triad of athletes, an increase in general therapeutic morbidity, diseases of the gastrointestinal tract, among which the proportion of secondary hyperbilirubinemia in 2021 increased 3 times compared to 2020, which, in our opinion, is also due to the impact of the pandemic and quarantine restrictions.

The high prevalence of ophthalmological morbidity of athletes and changes in the cardiovascular system is shown. During 2017–2021, a change in the structure of cardiac morbidity was revealed in the form of an increase in the proportion of cardiac arrhythmias and hypertensive response to stress.

An increase in the endocrine morbidity of athletes in 2021 was revealed due to an increase in the proportion of hypothyroidism and more frequent detection of hyperthyroidism, possibly related to the COVID-19 pandemic, which requires further research.

There was also an increase in diseases of the skin and genitourinary system in athletes. Psychological problems of athletes increased during the observation period from 2017 to 2021. There was no significant dynamics of surgical and traumatological diseases, otolaryngological pathology.

Conclusion: The results of the study indicate the importance of regular full-fledged examination of athletes, identification of various functional disorders and diseases for their timely prevention and treatment in order to preserve the health of athletes and improve athletic performance.

Keywords: athletes, medical examination of athletes, morbidity structure, COVID-19 pandemic, cardiovascular diseases, non-admission to sports

Conflict of interests: the authors declare that there is no conflict of interest.

For citation: Badtieva V.A., Tenyaeva E.A., Sichinava N.V., Turova E.A., Trukhacheva N.N., Afonina V.I., Babeyan I.G., Vereshagina D.N., Vostrikov Yu.D., Goryacheva O.I., Derevyanko S.N., Dyachkova A.A., Kostina N.A., Makunin N.V., Petrosyan A.A., Savin E.A., Sumaneeva E.I., Tokarev F.V., Usmanov D.M., Yugai S.V., Rozhkova Ye.A., Artikulova I.N., Papina N.A. Analysis of the dynamics and structure of morbidity of athletes of the national teams of Moscow based on the results of medical examination. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(2):22–31. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.1>

Received: 4 May 2022

Accepted: 28 July 2022

Online first: 2 August 2022

Published: 30 September 2022

* Corresponding author

1. Введение

Сохранение здоровья спортсменов, повышение спортивных достижений и улучшение качества их жизни является одной из важнейших задач спортивной медицины. Высокие физические и эмоциональные нагрузки, характерные для современного спорта, особенно для спорта высших достижений, могут приводить к срыву адаптационных процессов и развитию функциональных нарушений, которые в дальнейшем, при отсутствии своевременной коррекции, могут вызвать развитие различной соматической патологии.

Важнейшим инструментом реализации этой задачи является периодическая оценка здоровья с принятием аргументированного решения о возможности допуска спортсмена к тренировочной и соревновательной деятельности.

Реализация задачи сохранения здоровья спортсменов подразумевает создание условий для безопасного спорта. Собранная в настоящее время доказательная база о возможности предотвращения связанной со спортом заболеваемости и смертности у лиц, проходящих периодическую оценку состояния здоровья, позволяет

утверждать, что подобный комплекс мероприятий дает возможность выявлять факторы риска травм или болезней и, соответственно, использовать полученные клинические данные для разработки актуальных профилактических программ [1].

При анализе индивидуальных результатов обследований должна учитываться специфика вида спорта, а при возможности — и соревнований, в которых принимает участие спортсмен. Оценка должна быть ориентирована прежде всего на выявление жизнеугрожающих заболеваний и патологических состояний (в том числе, синдрома перетренированности, а также кардиального неблагополучия с риском возникновения внезапной смерти [2]).

По мнению ряда исследователей [3], структура заболеваемости спортсменов отличается от таковой у других категорий населения. На заболеваемость и ее структуру оказывает влияние объем и интенсивность тренировочных нагрузок, преобладающее развитие определенных двигательных качеств, арсенал средств и методов тренировки. Отмечают, что проявления и течение даже самых обычных заболеваний у спортсменов зависят от направленности тренировочного процесса [4]. Поэтому своевременная диагностика и лечение заболеваний у спортсменов различных видов спорта приобретают особое значение с учетом особенностей факторов, вызывающих их возникновение.

Цель исследования: анализ структуры и динамики заболеваемости спортсменов, членов спортивных сборных команд города Москвы на основании результатов углубленного медицинского обследования.

2. Материалы и методы

Проанализированы данные углубленного медицинского обследования спортсменов (УМО), проводимого

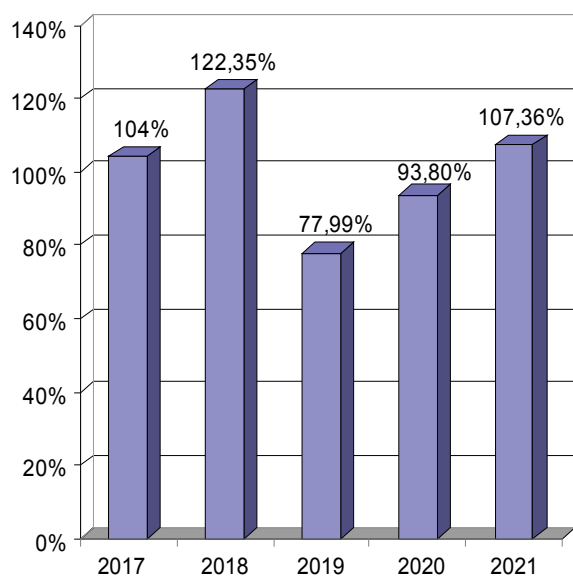


Рис. 1. Динамика заболеваемости спортсменов с 2017 по 2021 г.
Fig. 1. Dynamics of morbidity of athletes from 2017 to 2021

на базе филиала № 1 ГАУЗ «МНПЦ МРВСМ ДЗМ» с 2017 по 2021 г. В 2017 г. УМО прошли 15 176 спортсменов, в 2018 и 2019 гг. — по 11 200, в 2020 г. — 10 080 и в 2021 г. — 11 922 спортсмена. Анализ заболеваемости проводился в процентном отношении выявленной патологии к количеству прошедших обследование. Комплекс УМО в рамках приказа Минздрава России № 134н от 01.03.2016 г. [5] с 2021 г. согласно приказу Минздрава России № 1144н от 23.10.2020 «О Порядке организации оказания медицинской помощи лицам, занимающимся физической культурой и спортом» [6] включал инструментальные и функциональные обследования (ЭКГ, ЭхоКГ, велоэргометрию, спирометрию, импедансометрию, УЗИ органов брюшной полости, органов малого таза и щитовидной железы, по показаниям суточное мониторирование ЭКГ и АД), биохимическое исследование (глюкоза, холестерин, триглицериды, билирубин, кальций, магний, фосфор), гормональное исследование (тестостерон, кортизол, пролактин, ТТГ, своб. Т3, своб. Т4, клинический анализ крови, общий анализ мочи, консультации специалистов: травматолога, хирурга, уролога, гинеколога, терапевта, кардиолога, дерматолога, офтальмолога, отоларинголога, невропатолога, психотерапевта, по показаниям — эндокринолога и гастроэнтеролога).

3. Результаты исследования и их обсуждение

При сравнении заболеваемости спортсменов, прошедших углубленное медицинское обследование, выявлено, что наибольшее число различных патологий было в 2018 г. (122,3 % прошедших УМО, учитывая возможность наличия нескольких заболеваний у одного спортсмена), в 2019 г. было отмечено снижение количества заболеваний до 77,9 %, а затем с 2020 г. вновь выявлен рост заболеваний, который в 2021 г. составил 107,3 % (12838 заболеваний), что, по нашему мнению, может быть связано с пандемией COVID-19 и последующим карантином с отсутствием тренировок.

Значительный процент заболеваемости составляли болезни глаз и стоматологические заболевания. В отношении динамики офтальмологической заболеваемости прослеживается тенденция роста с 2017 по 2020 г.: с 28 до 47 %. Структура офтальмологической заболеваемости в течение всего периода наблюдения с 2017 по 2021 г. не менялась: преобладающими заболеваниями были миопия (от 50 до 56,4 %), астигматизм (от 17 до 22,3 %) и нарушение аккомодации (около 15 %), которые составили 95 % всей офтальмологической заболеваемости. Столь выраженная динамика роста офтальмологической заболеваемости спортсменов обусловлена, на наш взгляд, не столько особенностями спортивной нагрузки, сколько слишком активным использованием компьютеров и гаджетов, которое особенно увеличилось в период карантинных ограничений. С 2019 по 2021 г. увеличилось также количество спортсменов, не допущенных более к занятиям спортом: если

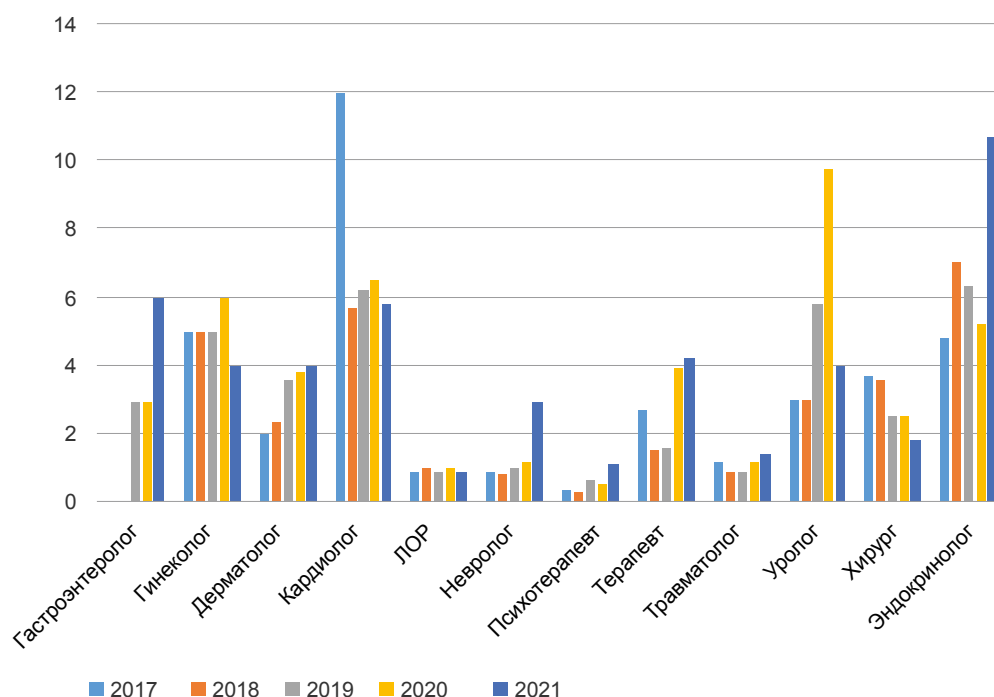


Рис. 2. Структура заболеваемости спортсменов по отчетам специалистов в 2017–2021 гг.
Fig. 2. The structure of the incidence of athletes according to the reports of specialists in 2017–2021

в 2019 г. не допущено было 2 спортсмена, в 2020 г. — 3 спортсмена, то в 2021 г. закончили свою спортивную карьеру 5 спортсменов с миопией высокой степени (миопия и периферическая дистрофия сетчатки).

Заболевания зубов и полости рта, напротив, имели тенденцию к снижению: так, в 2017 г. стоматологические заболевания выявлялись у 30 % спортсменов, тогда как в 2021 г. — у 17,2 %, что, вероятно, связано с лечебными мероприятиями у регулярно проходящих обследование спортсменов. Преобладающим заболеванием за весь период наблюдения был кариес (от 98 % всей стоматологической патологии в 2017 г. до 80 % в 2021 г.), от 1,65 % в 2017 г. до 16,78 % в 2021 г. составил периодонтит, доля пульпита составила 2,8 %.

По данным анализа заболеваемости спортсменов в Волгограде, также выявлен достаточно большой процент офтальмологической и стоматологической заболеваемости [3].

Сердечно-сосудистые заболевания находились на 3-м месте в структуре заболеваемости спортсменов. В 2017 г. кардиологическая патология была выявлена у 12 % спортсменов, в 2018 г. — у 5,7 %, в 2019 г. — у 6,2 %, в 2020 г. — у 6,4 % и в 2021 г. зарегистрировано 693 кардиологических диагноза, что составило 5,8 % от обследованных (рис. 2), то есть увеличения сердечно-сосудистой заболеваемости с 2017 по 2021 г. мы не выявили. Однако было отмечено изменение структуры сердечно-сосудистых заболеваний за период наблюдения. Так, отмечено значительное увеличение частоты встречаемости нарушений ритма сердца с 7 % от всей кардиологической патологии в 2017 г. до 39 % в 2021 г. Наибольшую долю

заболеваемости в 2017 г. составляли изменения миокарда (80 %), доля которых постепенно в течение 5 лет снизилась до 37 % в 2021 г.

Также отмечено увеличение доли спортсменов с гипертоническим типом реакции на нагрузку с 11,5 % в 2017 г. до 23 % в 2021 г. (рис. 3, 4).

Наиболее часто в 2021 г. среди сердечно-сосудистых заболеваний у спортсменов встречались нарушения ритма сердца в виде наджелудочковых или желудочковых экстрасистолий, которые составили 38,5 % кардиальной патологии, вторыми по частоте были изменения миокарда (37 %), на третьем месте среди сердечно-сосудистой патологии находилась гипертензивная реакция на нагрузку, которая была выявлена в 2017 г. у 209 спортсменов (11,6 % от кардиологической патологии), в 2021 г. — у 155 спортсменов (23,7 %) (рис. 5).

Повышение распространенности гипертензивной реакции на нагрузку у спортсменов в 2020 г. связано, по нашему мнению, с возвращением к тренировкам после карантина вследствие коронавирусной инфекции. Около 1 % кардиологической заболеваемости составляли блокады (синоатриальная, атриовентрикулярная), WPW-синдром, депрессия ST.

Несмотря на то что сердечно-сосудистые заболевания выявляются в среднем у 7,5 % спортсменов, именно они выступают в первую очередь причиной внезапной смерти. Поэтому практически все рекомендации по обследованию спортсменов включают обязательный скрининг ЭКГ и при необходимости дополнительные методы исследования (ЭхоКГ, суточное мониторирование ЭКГ и/или АД и т. д. [7, 8, 9]).

Отстранены от занятий спортом в 2017 г. были 4 спортсмена (виды спорта на выносливость) в связи с желудочковой экстрасистолой (ЖЭ) и наджелудочковой тахикардией (0,03 % от обследованных), в 2018 г. — 14 спортсменов также в связи с нарушениями ритма, атриовентрикулярной блокадой, миксоматозом митрального клапана, удлинением интервала QT и кардиомиопатией (0,12 %), в 2019 г. — 5 человек в связи с ЖЭ, депрессией сегмента ST (0,04 %), в 2020 г. также 5 спортсменов в связи с ЖЭ и депрессией сегмента ST в скоростно-силовых видах спорта (0,05 %), в 2021 г. количество недопущенных выросло практически в два раза — 14 человек и составило 0,12 %, также в связи с ЖЭ, изменениями миокарда и WPW-синдромом в скоростно-силовых и видах спорта на выносливость.

На четвертом месте в структуре заболеваний спортсменов находились болезни эндокринной системы, распространенность которых в 2017 г. составила 4,8 %, в 2018 г. — 7 %, в 2019 г. — 6,3 %, в 2020 г. — 5,2 % и в 2021 г. — 10,7 %, то есть возросла практически в два раза.

Чаще всего у спортсменов встречались признаки йоддефицита, аутоиммунный тиреоидит (АИТ), гипотиреоз, узловой зоб — заболевания щитовидной железы, составляющие около 80 % всей эндокринной патологии [10]. Значительно реже у спортсменов выявлялось ожирение, дефицит веса, сахарный диабет 1-го и 2-го типа,

гиперпролактинемия, различные нарушения углеводного и липидного обмена, гиперандрогения у девушек.

Следует отметить, что на протяжении 5 лет наблюдения произошли существенные изменения в структуре эндокринной заболеваемости (рис. 5, 6).

Так, в 2017 г. доля АИТ без гипотиреоза составила 19 %, а доля гипотиреоза — 8 %, тогда как в 2021 г. доля АИТ уменьшилась до 9 %, а доля гипотиреоза составила уже 24 %, также значительно увеличились случаи выявления гипертиреоза (у 10 человек в 2021 г., что составило 1 % в структуре заболеваемости), тогда как в предшествующие годы тиреотоксикоз выявлялся не более чем у одного спортсмена в год, что, возможно, связано с пандемией коронавирусной инфекции. Не допущены к тренировкам и соревнованиям в 2018 г. — 2 спортсмена с тиреотоксикозом на фоне диффузно-токсического зоба, в 2020 г. — 1 спортсменка в связи с выявлением папиллярного рака щитовидной железы, в 2021 г. — 3 спортсмена с подозрением на папиллярный рак, направленные на дообследование и хирургическое лечение, и 6 спортсменов с тиреотоксикозом до достижения стойкой ремиссии.

Гинекологические заболевания занимают достаточно стабильное пятое место в структуре заболеваемости спортсменов и выявляются в среднем у 5 % обследованных спортсменов. Так, с 2017 по 2019 г. они выявлялись у 5 % спортсменов, в 2020 г. — у 6 % и в 2021 г. — у 4 %

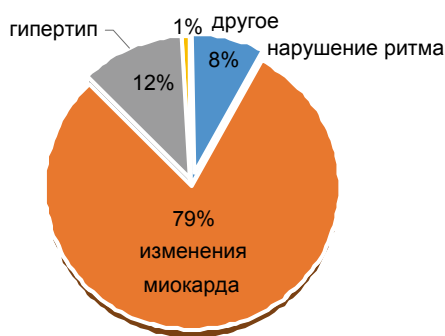


Рис. 3. Структура сердечно-сосудистых заболеваний у спортсменов в 2017 г.
Fig. 3. The structure of cardiovascular diseases in athletes in 2017

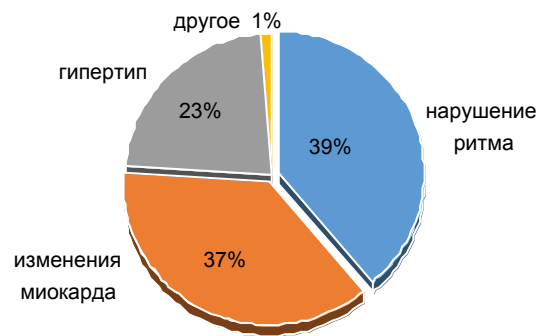


Рис. 4. Структура сердечно-сосудистых заболеваний у спортсменов в 2021 г.
Fig. 4. The structure of cardiovascular diseases in athletes in 2021

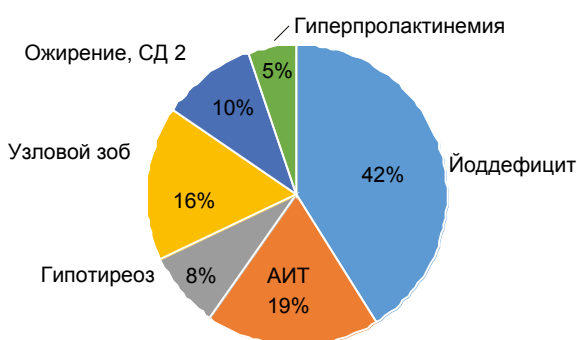


Рис. 5. Структура эндокринной патологии у спортсменов в 2017 г.
Fig. 5. The structure of endocrine pathology in athletes in 2017

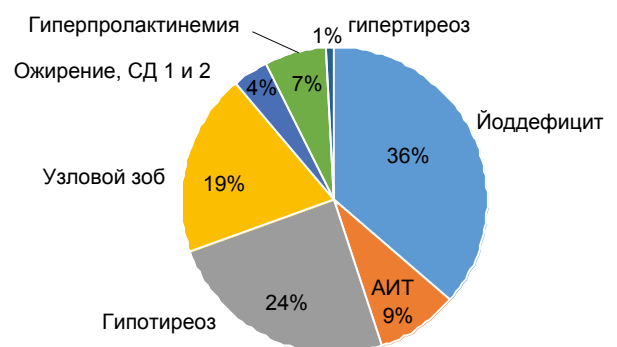


Рис. 6. Структура эндокринной патологии у спортсменов в 2021 г.
Fig. 6. The structure of endocrine pathology in athletes in 2021

обследованных (рис. 3). 76 % гинекологической заболеваемости составили кисты яичника (преимущественно фолликулярные и кисты желтого тела), фиброзно-кистозная мастопатия (ФКМ) и аменорея (чаще вторичная). Частота выявления кист яичника увеличилась с 2017 г. (25 % от выявленной патологии) до 2021 г., когда в структуре гинекологической заболеваемости кисты яичника составили 42 %. В течение 5 лет также отмечено увеличение доли ФКМ в структуре гинекологической заболеваемости с 7 % в 2017 г., до 10,5 % в 2019 г. и 16 % в 2021 г.

Третьим по частоте гинекологическим заболеванием выявлялась аменорея, чаще вторичная, в рамках триады спортсменок [11]. В 2017 г. она составила в структуре гинекологической заболеваемости 9,6 %, в дальнейшем наблюдался рост случаев заболевания, достигший в 2021 г. 14 % (рис. 3).

Согласно данным нашего анализа, общетерапевтическая (соматическая) заболеваемость возрастала с 2018 до 2021 г. (рис. 3). Так, в 2018 г. она составила 1,56 % от всех обследованных, в 2019 г. — 1,6 %, в 2020 г. — 3,96 % и в 2021 г. — 4,24 %. В структуре соматической заболеваемости спортсменов 88 % составляли железодефицитная анемия (ЖДА), лейкопения и тромбоцитоз, 12 % приходились в основном на тромбоцитопению и гиперхолестеринемию. ЖДА диагностирована у 0,6 % обследованных в 2017 г. и у 1,77 % — в 2021 г., что значительно ниже статистических показателей — от 6 до 30 % в Российской Федерации. Соотношение ведущих заболеваний терапевтического профиля с 2017 по 2021 г. практически не изменилось: ЖДА составляла от 38,8 % в 2017 г. до 41,8 % в 2021 г., лейкопения — около 30 % за весь период наблюдения с пиком 35 % в 2020 г. (возможно, в связи с коронавирусной инфекцией), тромбоцитоз — от 17 % в 2017 г. до 15 % в 2021 г.

Заболевания желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) в 2019 и 2020 гг. выявлены у 2,9 % спортсменов, в 2021 г. отмечен значительный рост болезней ЖКТ, диагностированных у 6,08 % обследованных (рис. 3). В структуре гастроэнтерологической заболеваемости ведущее место занимал синдром Жильбера, который в 2020 г. составил 72 %, тогда как в 2021 г. снизился до 50 % за счет увеличения доли вторичной гипербилирубинемии, зачастую связанной с интенсивной физической нагрузкой [12], которая в 2020 г. составила 12 % гастроэнтерологической заболеваемости, а в 2021 г. увеличилась до 32 %, дискинезия желчных путей в 2020 г. в структуре заболеваний ЖКТ составила 7 %, в 2021 г. — 4,4 %.

Кожные заболевания у спортсменов на протяжении периода наблюдения с 2017 по 2021 г. выявлялись у 2, 2,36, 3,6, 3,8, 4 % соответственно, т. е. заболеваемость постепенно повышалась (рис. 3). В структуре кожных заболеваний ведущими патологиями являлись атопический дерматит, занимающий около четверти заболеваемости, угри обыкновенные (16–32 %), вирусные бородавки и разноцветный лишай (9–11 %).

Неврологические заболевания наблюдались у спортсменов достаточно редко: от 0,9 и 0,8 % в 2017 и 2018 гг., 1 % в 2019 г., 1,2 % в 2020 г. и до 3,2 % в 2021 г. (рис. 3), однако именно заболевания нервной системы являлись, по нашим данным, одной из основных причин недопуска спортсменов к тренировкам и соревнованиям, требующим дообследования и лечения, и второй после сердечно-сосудистых заболеваний причиной абсолютного недопуска спортсменов к дальнейшему продолжению спортивной карьеры. В отношении структуры неврологической заболеваемости на первом месте находились боли внизу спины или люмбагия, которая занимала от 27 до 30 % неврологической заболеваемости, на втором месте — цервикалгия (от 21 до 25 %) и на третьем — боль в грудном отделе позвоночника (15–16 %) в 2020 и 2021 гг., и в 2017 г. — сотрясение головного мозга (5,2 %).

В 2017 г. отстранен неврологом от занятий спортом один спортсмен, занимавшийся академической греблей, в связи с рассеянным склерозом. В 2019 г. не допущены 7 спортсменов, занимавшихся боксом, самбо, греко-римской борьбой, в связи с последствиями черепно-мозговой травмы и постламинэктомическим синдромом, в 2020 г. не допущены 9 спортсменов, занимающихся художественной гимнастикой, прыжками на батуте и боксом в связи с постламинэктомическим синдромом, синдромом Арнольда — Киари, последствиями внутричерепной травмы, в 2021 г. отстранены 4 спортсмена, занимавшиеся лыжными гонками, конным спортом, тяжелой атлетикой и сумо, в связи с эпилепсией, постламинэктомическим синдромом, смещением диска.

Урологические заболевания у спортсменов в 2017–2018 гг. выявлялись в 3 %, в 2019 г. доля спортсменов, страдающих заболеваниями мочеполовой системы, увеличилась до 5,8 %, а в 2020 г. наблюдался пик заболеваемости в 9,8 %, в 2021 г. заболеваемость снизилась, однако не достигла доковидного уровня и составила 4 % от всех обследованных спортсменов. Основными заболеваниями в 2017–2019 гг. было варикоцеле, кисты почек, в 2020–2021 гг. бессимптомная гематурия, изолированная протеинурия и цистит.

Хирургическая заболеваемость за исследуемый пятилетний период снижалась с 3,7 % в 2017 г., 3,7 % в 2018 г. до 2,5 % в 2019 и 2020 гг. и 1,8 % от всех обследуемых спортсменов в 2021 г. (рис. 3). Ведущими заболеваниями до 2020 г. включительно были полипы желчного пузыря (до 23 %), варикозное расширение вен нижних конечностей (11,1 %) и камни желчного пузыря без холецистита (11 %), тогда как в 2021 г. произошло изменение структуры хирургических заболеваний и на втором месте по заболеваемости выявлялась гинекомастия (15,9 %), что, вероятно, также связано с карантинном.

Заболевания лор-органов на протяжении 2017–2021 гг. выявлялись у 0,9–1 % обследуемых спортсменов (рис. 3). В структуре заболеваемости от 13 до 14 % в разные годы занимали хронический тонзиллит

и искривление носовой перегородки, от 7 до 8,6 % в 2017–2021 г. составил острый ринит, который в 2020 г. занимал 10 % от всей отоларингологической заболеваемости.

Психологические проблемы спортсменов по данным психотерапевта в течение исследуемого периода постепенно возрастали с 0,38 % от всех обследуемых спортсменов в 2017 г. и 0,3 % в 2018 г. до 0,63 % в 2019 г., 0,5 % в 2020 г. и 1,1 % в 2021 г. Ведущими психологическими проблемами у спортсменов на протяжении 5 лет исследований являлись расстройства сна, связанные с циркадными ритмами (от 30 % в 2019 г. до 44 % в 2021 г.), максимум 49 % в структуре заболеваемости наблюдался в 2020 г., в период карантина и высокой социальной тревожности, примерно равные доли по 9 % составляли недостаток отдыха и расслабления и расстройство вегетативной нервной системы, которые в 2020 г. составили 14 % в структуре психологических нарушений.

Травматические повреждения опорно-двигательного аппарата наблюдались у 1,2 % спортсменов в 2017 и 2020 гг., у 0,9 % в 2018 и 2019 гг. и у 1,4 % в 2021 г. Ведущими заболеваниями являлись последствия травм, повреждения менисков коленного сустава, повреждения и деформации конечностей.

4. Выводы

Результаты УМО спортсменов сборных Москвы и России, проведенных на базе филиала №1 ГАУЗ «МНПЦ МРВСМ ДЗМ», свидетельствуют о важности регулярного полноценного обследования спортсменов, выявления различных функциональных нарушений и заболеваний для их своевременной профилактики и лечения с целью сохранения их здоровья и повышения спортивной результативности.

Анализ данных обследования показал высокую распространенность офтальмологической заболеваемости

Вклад авторов:

Бадтиева Виктория Асланбековна — написание текста статьи, редактирование, утверждение финальной версии статьи.

Теняева Елена Анатольевна — написание текста статьи, редактирование.

Сичинава Нино Владимировна — написание текста статьи, редактирование.

Турова Елена Арнольдовна — написание текста статьи, редактирование.

Трухачева Наталья Владимировна — написание текста статьи, редактирование.

Афонина Вера Ивановна — написание текста статьи, редактирование.

Бабейан Инна Геворковна — сбор и обработка материала.

Верещагина Дарья Анатольевна — сбор и обработка материала.

Востриков Юрий Дмитриевич — сбор и обработка материала.

Горячева Ольга Ивановна — сбор и обработка материала.

Деревянко Сергей Николаевич — сбор и обработка материала.

спортсменов, что требует своевременной коррекции и лечения и, при необходимости, отстранения спортсменов некоторых видов спорта от тренировок при угрозе развития серьезных осложнений, таких как отслойка сетчатки и риск слепоты.

Сердечно-сосудистые заболевания занимали третье место по распространенности. В течение 2017–2021 гг. выявлено изменение структуры кардиологической заболеваемости в виде увеличения доли нарушений сердечного ритма и гипертензивной реакции на нагрузку.

Выявлено повышение эндокринной заболеваемости спортсменов в 2021 г. за счет увеличения доли гипотиреоза и более частого выявления гипертиреоза, возможно, связанных с пандемией COVID-19, что требует дальнейших исследований.

Результаты исследования показали увеличение доли аменореи в рамках триады спортсменок, повышение общетерапевтической заболеваемости, болезней желудочно-кишечного тракта, среди которых доля вторичной гипербилирубинемии в 2021 г. увеличилась в три раза в сравнении с 2020 г., что, по нашему мнению, также связано с влиянием пандемии и карантинными ограничениями. Также отмечено повышение заболеваний кожи и мочеполовой системы у спортсменов. Психологические проблемы спортсменов возрастали в период наблюдения с 2017 по 2021 г. Существенной динамики заболеваний хирургического и травматологического профиля, болезней лор-органов не отмечено.

Дальнейшее изучение динамики и особенностей заболеваемости спортсменов по разным профилям врачебных специальностей позволит выявить определенные закономерности патологий, их связь с различными факторами, в частности влиянием пандемии COVID-19, для определения направления лечения, профилактики и медицинской реабилитации спортсменов.

Authors' contributions:

Victoria A. Badtieva — article text writing, editing, approval of the article final version.

Elena A. Tenyaeva — article text writing, editing.

Nino V. Sichinava — article text writing, editing.

Elena A. Turova — article text writing, editing.

Natalia V. Trukhacheva — article text writing, editing.

Vera I. Afonina — article text writing, editing.

Inna G. Babeyan — collection and processing of material.

Darya A. Vereshchagina — collection and processing of material.

Yuri D. Vostrikov — collection and processing of material.

Olga I. Goryacheva — collection and processing of material.

Sergey N. Derevyanko — collection and processing of material.

Anna A. Dyachkova — collection and processing of material.

Natalia A. Kostina — collection and processing of material.

Nikolay A. Makunin — collection and processing of material.

Andrey A. Petrosyan — collection and processing of material.

Дьячкова Анна Анатольевна — сбор и обработка материала.
Костина Наталья Александровна — сбор и обработка материала.
Макунин Николай Владимирович — сбор и обработка материала.
Петросян Андрей Артурович — сбор и обработка материала.
Савин Эльдар Андреевич — сбор и обработка материала.
Суманеева Елена Игоревна — сбор и обработка материала.
Токарев Федор Владимирович — сбор и обработка материала.
Усманов Дамир Няимович — сбор и обработка материала.
Югай Сергей Валентинович — сбор и обработка материала.
Рожкова Елена Анатольевна — сбор и обработка материала.
Артикулова Ирина Николаевна — сбор и обработка материала.
Папина Наталья Александровна — сбор и обработка материала.

Список литературы

1. Парастаев С.А., Хохлина Н.К., Дергачева Л.И., Курашвили В.А., Круглова И.В., Поляев Б.А., и др. Клинические рекомендации по допуску лиц к занятиям спортом (тренировкам и спортивным соревнованиям) в соответствии с видом спорта, спортивной дисциплиной, возрастом, полом при болезнях эндокринной системы. Клинические рекомендации. Москва: ФМБА России; 2019.
2. Mirabelli R.H., Devine M.J., Singh J., Mendosa M. The Preparticipation Physical Evaluation. *Am. Fam. Physician.* 2015;92(5):371–376.
3. Вершинин Е.Г., Гуро О.А., Гончарова А.А. Сравнительный анализ структуры заболеваемости спортсменов и лиц, занимающихся спортом, в г. Волгограде за 2010–2016 гг. Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2017;64(4):58–62. [https://doi.org/10.19163/1994-9480-2017-4\(64\)-58-62](https://doi.org/10.19163/1994-9480-2017-4(64)-58-62)
4. Люгайло С. Эффективность реализации технологии интеграции специализированных программ по физической реабилитации в процесс подготовки юных спортсменов. *Фізичне виховання, спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві.* 2015;(4):184–188.
5. Приказ Минздрава России от 01.03.2016 № 134н (ред. от 21.02.2020) «О Порядке 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» (Зарегистрировано в Минюсте России 21.06.2016 № 42578) [интернет]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/420347246>
6. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 23 октября 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 в физкультурных и спортивных мероприятиях» [интернет]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/566484141>

Eldar A. Savin — collection and processing of material.
Elena I. Sumaneeva — collection and processing of material.
Fedor V. Tokarev — collection and processing of material.
Damir N. Usmanov — collection and processing of material.
Sergey V. Yugai — collection and processing of material.
Yelena A. Rozhkova — collection and processing of material.
Irina N. Artikulova — collection and processing of material.
Natalya A. Papina — collection and processing of material.

References

1. Parastaev S.A., Khokhlina N.K., Dergacheva L.I., Kurashvili V.A., Kruglova I.V., Polyayev B.A., et al. Clinical recommendations on the admission of persons to sports (training and sports competitions) in accordance with the type of sport, sports discipline, age, gender in diseases of the endocrine system. Moscow: Federal Medical and Biological Agency (FMBA of Russia); 2019 (In Russ.).
2. Mirabelli R.H., Devine M.J., Singh J., Mendosa M. The Preparticipation Physical Evaluation. *Am. Fam. Physician.* 2015;92(5):371–376.
3. Vershinin E.G., Guro O.A., Goncharova A.A. Comparative analysis of the morbidity structure of athletes and people involved in sports in Volgograd for 2010–2016. *Journal of Volgograd State Medical University.* 2017;64(4):58–62 (In Russ.). DOI 10.19163/1994-9480-2017-4(64)-58-62
4. Lyugailo S. The effectiveness of the implementation of the technology of integration of specialized programs for physical rehabilitation in the process of training young athletes. *Fizichne vikhovannya, sport i kul'tura zdorov'ya u suchasnomu suspil'stvі = Physical Education, Sports and Health in Modern Society.* 2015;(4):184–188 (In Russ.).
5. Prikaz Minzdrava Rossii ot 01.03.2016 № 134n (red. ot 21.02.2020) “O Poryadke organizatsii okazaniya meditsinskoi pomoshchi litsam, zanimayushchimsya fizicheskoi kul'turoi i sportom (v tom chisle pri podgotovke i provedenii fizkul'turnykh meropriyatii i sportivnykh meropriyatii), vkluchaya poryadok meditsinskogo osmotra lits, zhelayushchikh proiti sportivnuyu podgotovku, zanimat'sya fizicheskoi kul'turoi i sportom v organizatsiyakh i (ili) vypolnit' normativy ispytaniy (testov) Vserossiiskogo fizkul'turno-sportivnogo kompleksa “Gotov k trudu i oborone” (Zaregistrovano v Minyuste Rossii 21.06.2016 № 42578) [internet]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/420347246> (In Russ.).
6. Prikaz Ministerstva zdavoookhraneniya RF ot 23 oktyabrya 2020 g. № 1144n “Ob utverzhdenii poryadka organizatsii okazaniya meditsinskoi pomoshchi litsam, zanimayushchimsya fizicheskoi kul'turoi i sportom (v tom chisle pri podgotovke i provedenii fizkul'turnykh meropriyatii i sportivnykh meropriyatii), vkluchaya poryadok meditsinskogo osmotra lits, zhelayushchikh proiti sportivnuyu podgotovku, zanimat'sya fizicheskoi kul'turoi i sportom v organizatsiyakh i (ili) vypolnit' normativy ispytaniy (testov) Vserossiiskogo fizkul'turno-sportivnogo kompleksa “Gotov k trudu i oborone” (GTO)” i form meditsinskikh zaklyucheniі o dopuske k uchastiyu v fizkul'turnykh i sportivnykh meropriyatiyakh” [internet]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/566484141> (In Russ.).

7. Ionescu A.M., Pitsiladis Y.P., Rozenstoka S., Bigard X., Löllgen H., Bachl N., et al. Preparticipation medical evaluation for elite athletes: EFSMA recommendations on standardised preparticipation evaluation form in European countries. *BMJ Open Sport Exerc. Med.* 2021;7(4):e001178. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2021-001178>

8. Vessella T., Zorzi A., Merlo L., Pegoraro C., Giorgiano F., Trevisanato M., et al. The Italian preparticipation evaluation programme: diagnostic yield, rate of disqualification and cost analysis. *Br. J. Sports Med.* 2020;54(4):231–237. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-100293>

9. Деев В.В., Павлов В.И., Ордзжоникдзе З.Г., Бадтиева В.А., Шарыкин А.С., Иванова Ю.М., Гвинианидзе М.В. Нарушения электрической активности миокарда у спортсменов с гипертонической реакцией на нагрузку. *Российский кардиологический журнал.* 2021;26(S6):33.

10. Турова Е.А., Теняева Е.А., Головач А.В., Артикулова И.Н. Особенности структуры и распространенности заболеваний щитовидной железы у спортсменов. *Теория и практика физической культуры.* 2020;(5):67–69.

11. Mehta J., Thompson B., Kling J.M. The female athlete triad: It takes a team. *Cleve. Clin. J. Med.* 2018;85(4):313–320. <https://doi.org/10.3949/ccjm.85a.16137>

12. Witek K., Ścisłowska J., Turowski D., Lerczak K., Lewandowska-Pachecka S., Pokrywka A. Total bilirubin in athletes, determination of reference range. *Biol. Sport.* 2017;34(1):45–48. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2017.63732>

7. Ionescu A.M., Pitsiladis Y.P., Rozenstoka S., Bigard X., Löllgen H., Bachl N., et al. Preparticipation medical evaluation for elite athletes: EFSMA recommendations on standardised preparticipation evaluation form in European countries. *BMJ Open Sport Exerc. Med.* 2021;7(4):e001178. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2021-001178>

8. Vessella T., Zorzi A., Merlo L., Pegoraro C., Giorgiano F., Trevisanato M., et al. The Italian preparticipation evaluation programme: diagnostic yield, rate of disqualification and cost analysis. *Br. J. Sports Med.* 2020;54(4):231–237. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-100293>

9. Deev V.V., Pavlov V.I., Ordzhonikidze Z.G., Badtieva V.A., Sharykin A.S., Ivanova Yu.M., Gvinianidze M.V. Disorders of the electrical activity of the myocardium in athletes with a hypertensive reaction to the load. *Rossiiskii kardiologicheskii zhurnal= Russian Journal of Cardiology.* 2021;26(S6):33 (In Russ.).

10. Turova E.A., Tenyaeva E.A., Golovach A.V., Artikulova I.N. Features of the structure and prevalence of thyroid diseases in athletes. *Teoriya i praktika fizicheskoi kul'tury= Theory and Practice of Physical Culture.* 2020;(5):67–69. (In Russ.).

11. Mehta J., Thompson B., Kling J.M. The female athlete triad: It takes a team. *Cleve. Clin. J. Med.* 2018;85(4):313–320. <https://doi.org/10.3949/ccjm.85a.16137>

12. Witek K., Ścisłowska J., Turowski D., Lerczak K., Lewandowska-Pachecka S., Pokrywka A. Total bilirubin in athletes, determination of reference range. *Biol. Sport.* 2017;34(1):45–48. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2017.63732>

Информация об авторах:

Бадтиева Виктория Асланбековна, член-корр. РАН, д.м.н., профессор, заведующая филиалом № 1 ГАУЗ «МНПЦ МРВСМ ДЗМ», руководитель отдела спортивной медицины и клинической фармакологии, 105120, Россия, Москва, ул. Земляной Вал, 53; профессор кафедры восстановительной медицины, реабилитации и курортологии ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова», 119296, Россия, Москва, Ленинский проспект, д. 62/1

Теняева Елена Анатольевна*, к.м.н., ведущий научный сотрудник отдела спортивной медицины и клинической фармакологии ГАУЗ «МНПЦ МРВСМ ДЗМ», 105120, Россия, Москва, ул. Земляной Вал, 53 (teniaeva@mail.ru)

Сичинава Нино Владимировна, д.м.н., заместитель заведующего филиалом, главный научный сотрудник отдела спортивной медицины и клинической фармакологии ГАУЗ «МНПЦ МРВСМ ДЗМ», 105120, Россия, Москва, ул. Земляной Вал, 53

Турова Елена Арнольдовна, д.м.н., профессор, заместитель директора по науке ГАУЗ «МНПЦ МРВСМ ДЗМ», 105120, Россия, Москва, ул. Земляной Вал, 53

Трухачева Наталья Владимировна, к.м.н., старший научный сотрудник отдела спортивной медицины и клинической фармакологии ГАУЗ «МНПЦ МРВСМ ДЗМ», 105120, Россия, Москва, ул. Земляной Вал, 53

Афонина Вера Ивановна, заведующая консультативно-диагностическим отделением филиала №1 ГАУЗ «МНПЦ МРВСМ ДЗМ», 105120, Россия, Москва, ул. Земляной Вал, 53

Бабьян Инна Геворковна, врач филиала №1 ГАУЗ «МНПЦ МРВСМ ДЗМ», 105120, Россия, Москва, ул. Земляной Вал, 53

Верещагина Дарья Анатольевна, врач филиала №1 ГАУЗ «МНПЦ МРВСМ ДЗМ», 105120, Россия, Москва, ул. Земляной Вал, 53

Востриков Юрий Дмитриевич, врач филиала №1 ГАУЗ «МНПЦ МРВСМ ДЗМ», 105120, Россия, Москва, ул. Земляной Вал, 53

Горячева Ольга Ивановна, врач филиала №1 ГАУЗ «МНПЦ МРВСМ ДЗМ», 105120, Россия, Москва, ул. Земляной Вал, 53

Деревянко Сергей Николаевич, к.м.н., врач филиала №1 ГАУЗ «МНПЦ МРВСМ ДЗМ», 105120, Россия, Москва, ул. Земляной Вал, 53

Дьячкова Анна Анатольевна, врач филиала №1 ГАУЗ «МНПЦ МРВСМ ДЗМ», 105120, Россия, Москва, ул. Земляной Вал, 53

Костина Наталья Александровна, врач филиала №1 ГАУЗ «МНПЦ МРВСМ ДЗМ», 105120, Россия, Москва, ул. Земляной Вал, 53

Макунин Николай Владимирович, врач филиала №1 ГАУЗ «МНПЦ МРВСМ ДЗМ», 105120, Россия, Москва, ул. Земляной Вал, 53

Петросян Андрей Артурович, врач филиала №1 ГАУЗ «МНПЦ МРВСМ ДЗМ», 105120, Россия, Москва, ул. Земляной Вал, 53

Савин Эльдар Андреевич, врач филиала №1 ГАУЗ «МНПЦ МРВСМ ДЗМ», 105120, Россия, Москва, ул. Земляной Вал, 53

Суманеева Елена Игоревна, врач филиала №1 ГАУЗ «МНПЦ МРВСМ ДЗМ», 105120, Россия, Москва, ул. Земляной Вал, 53

Токарев Федор Владимирович, врач филиала №1 ГАУЗ «МНПЦ МРВСМ ДЗМ», 105120, Россия, Москва, ул. Земляной Вал, 53

Усманов Дамир Няимович, врач спортивной медицины отдела медицинского обеспечения спортивных сборных команд и соревнований, ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», 121059, Россия, Москва, ул. Б. Дорогомилловская, 5

Югай Сергей Валентинович, врач филиала №1 ГАУЗ «МНПЦ МРВСМ ДЗМ», 105120, Россия, Москва, ул. Земляной Вал, 53

Рожкова Елена Анатольевна, д.б.н., ведущий научный сотрудник ГАУЗ «МНПЦ МРВСМ ДЗМ», 105120, Россия, Москва, Земляной вал ул., 53. ORCID: 0000-0002-2440-9244 (erozhcova@yandex.ru)

Артикулова Ирина Николаевна, к.м.н., старший научный сотрудник отдела спортивной медицины и клинической фармакологии ГАУЗ «МНПЦ МРВСМ ДЗМ», 105120, Россия, Москва, Земляной вал ул., 53. ORCID: 0000-0001-8599-1429 (artikulova@list.ru)

Папина Наталья Александровна, врач-оториноларинголог филиала №1 ГАУЗ «МНПЦ МРВСМ ДЗМ», 105120, Россия, Москва, Земляной вал ул., 53 (papinanatalia@mail.ru)

Information about the authors:

Victoria A. Badtieva — corresponding member of the RAS, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, Head of Branch No. 1 of Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of the Moscow Department of Healthcare, Head of the Department of Sports Medicine and Clinical Pharmacology, 53, Zemlyanoy Val str., Moscow, 105120, Russia; Professor of the Department of Restorative Medicine, Rehabilitation and Balneology of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, 62/1, Leninsky prospect, Moscow, 119296, Russia

Elena A. Tenyaeva* — Ph.D. (Medicine), Leading Researcher of the Department of Sports Medicine and Clinical Pharmacology, Branch No. 1 of Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of the Moscow Department of Healthcare, 53, Zemlyanoy Val str., Moscow, 105120, Russia

Nino V. Sichinava — M.D., D.Sc. (Medicine), Deputy Head of the Branch, Chief Researcher of the Department of Sports Medicine and Clinical Pharmacology of Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of the Moscow Department of Healthcare, 53, Zemlyanoy Val str., Moscow, 105120, Russia

Elena A. Turova — M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, Deputy Director of Science of Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of the Moscow Department of Healthcare, 53, Zemlyanoy Val str., Moscow, 105120, Russia

Natalia V. Trukhacheva — Ph.D. (Medicine), Senior Researcher of the Department of Sports Medicine and Clinical Pharmacology of Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of the Moscow Department of Healthcare, 53, Zemlyanoy Val str., Moscow, 105120, Russia

Vera I. Afonina — head of the consultative and diagnostic department of Branch No. 1 of Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of the Moscow Department of Healthcare, 53, Zemlyanoy Val str., Moscow, 105120, Russia

Inna G. Babeyan — doctor of Branch No. 1 of Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of the Moscow Department of Healthcare, 53, Zemlyanoy Val str., Moscow, 105120, Russia

Darya A. Vereshchagina — doctor of Branch No. 1 of Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of the Moscow Department of Healthcare, 53, Zemlyanoy Val str., Moscow, 105120, Russia

Yuri D. Vostrikov — doctor of Branch No. 1 of Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of the Moscow Department of Healthcare, 53, Zemlyanoy Val str., Moscow, 105120, Russia

Olga I. Goryacheva — doctor of Branch No. 1 of Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of the Moscow Department of Healthcare, 53, Zemlyanoy Val str., Moscow, 105120, Russia

Sergey N. Derevyanko — Ph.D. (Medicine), doctor of Branch No. 1 of Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of the Moscow Department of Healthcare, 53, Zemlyanoy Val str., Moscow, 105120, Russia

Anna A. Dyachkova — doctor of Branch No. 1 of Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of the Moscow Department of Healthcare, 53, Zemlyanoy Val str., Moscow, 105120, Russia

Natalia A. Kostina — doctor of Branch No. 1 of Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of the Moscow Department of Healthcare, 53, Zemlyanoy Val str., Moscow, 105120, Russia

Nikolay A. Makunin — doctor of Branch No. 1 of Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of the Moscow Department of Healthcare, 53, Zemlyanoy Val str., Moscow, 105120, Russia

Andrey A. Petrosyan — doctor of Branch No. 1 of Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of the Moscow Department of Healthcare, 53, Zemlyanoy Val str., Moscow, 105120, Russia

Eldar A. Savin — doctor of Branch No. 1 of Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of the Moscow Department of Healthcare, 53, Zemlyanoy Val str., Moscow, 105120, Russia

Elena I. Sumaneeva — doctor of Branch No. 1 of Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of the Moscow Department of Healthcare, 53, Zemlyanoy Val str., Moscow, 105120, Russia

Fedor V. Tokarev — doctor of Branch No. 1 of Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of the Moscow Department of Healthcare, 53, Zemlyanoy Val str., Moscow, 105120, Russia

Damir N. Usmanov — sports medicine doctor of the Federal Research and Medical Center of the Federal Medical and Biological Agency of Russia, 5, Bolshaya Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, Russia

Sergey V. Yugai — doctor of Branch No. 1 of Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of the Moscow Department of Healthcare, 53, Zemlyanoy Val str., Moscow, 105120, Russia

Yelena A. Rozhkova — D.Sc. (Biology), Leading Researcher of Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of the Moscow Department of Healthcare, 53, Zemlyanoy Val str., Moscow, 105120, Russia. ORCID: 0000-0002-2440-9244. (erozhcova@yandex.ru)

Irina N. Artikulova — M.D., Ph.D. (Medicine), Senior Researcher, Department of Sports Medicine and Clinical Pharmacology of Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of the Moscow Department of Healthcare, 53, Zemlyanoy Val str., Moscow, 105120, Russia. ORCID: 0000-0001-8599-1429 (artikulova@list.ru)

Natalya A. Papina — otorhinolaryngologist of Branch No. 1 of Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of the Moscow Department of Healthcare, 53, Zemlyanoy Val str., Moscow, 105120, Russia

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.3>

УДК: 617.3

Тип статьи: Случаи из практики / Clinical cases



Аваскулярный остеонекроз у молодой пациентки, перенесшей новую коронавирусную инфекцию

Т.В. Кирсанова¹, А.Д. Мешков^{2,*}, Т.М. Маневич², М.А. Лысенко³

¹ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова Минздрава России, Москва, Россия

² ФГАУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия

³ГБУЗ «Волгоградский областной клинический онкологический диспансер», Волгоград, Россия

РЕЗЮМЕ

Новая коронавирусная инфекция COVID-19 продолжает демонстрировать возможные осложнения уже после выздоровления. Одним из таких осложнений является аваскулярный остеонекроз, который может привести к разрушению кости и инвалидизации пациента. Случаи развития остеонекроза, ассоциированного с коронавирусной инфекцией, были зарегистрированы во время и после эпидемии атипичной пневмонии в 2003 году. По-видимому, они также характерны для инфекции COVID-19. Следует иметь в виду, что угроза развития остеонекроза сохраняется у всех пациентов, вылечившихся от инфекции COVID-19, особенно у тех, кто получал терапию глюкокортикоидами.

Мы описываем случай развития некроза кости у соматически здоровой молодой женщины без дополнительных факторов риска с нетяжелым течением COVID, которая получала коротким курсом глюкокортикоиды.

Это первый описанный случай COVID-индуцированного остеонекроза в нашей стране, хотя ввиду широкомасштабного использования глюкокортикоидов таких случаев наверняка больше. Ранняя диагностика важна для предотвращения прогрессирования заболевания, в связи с чем необходима клиническая настороженность у всех пациентов с COVID-19. Рекомендуется серьезно относиться к боли в костях и крупных суставах после перенесенной инфекции.

Ключевые слова: аваскулярный некроз кости, остеонекроз, новая коронавирусная инфекция, COVID-19

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Кирсанова Т.В., Мешков А.Д., Маневич Т.М., Лысенко М.А. Аваскулярный остеонекроз у молодой пациентки, перенесшей новую коронавирусную инфекцию. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(2):32–39. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.3>

Поступила в редакцию: 04.04.2022

Принята к публикации: 05.08.2022

Online first: 08.08.2022

Опубликована: 30.09.2022

* Автор, ответственный за переписку

Avascular osteonecrosis in a young patient with a novel coronavirus infection

Tatiana V. Kirsanova¹, Alexey D. Meshkov^{2,*}, Tatiana M. Manevich², Marina A. Lysenko³

¹«National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology named after Academician V.I. Kulakov», Moscow, Russia

²Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

³Volgograd Regional Oncological Dispensary, Volgograd, Russia

ABSTRACT

COVID-19 continues demonstrating possible complications after recovery. One of these complications is avascular osteonecrosis, which can lead to bone destruction and patient disability. Cases of the development of osteonecrosis associated with coronavirus infection were widely reported during and after the SARS epidemic in 2003. They also appear to be common in COVID-19 infection. All patients who have recovered from COVID-19 infection, especially who received glucocorticoids, are threaten of osteonecrosis development.

We describe a case of bone necrosis in a healthy young woman without additional risk factors with a mild course of COVID, who received a short course of glucocorticoids.

This is the first described case of COVID-induced osteonecrosis in our country, although due to the large-scale use of glucocorticoids, there are probably more such cases. Early diagnosis is important to prevent disease progression. Therefore, clinical alertness is necessary in all patients with COVID-19.

Keywords: avascular osteonecrosis, novel coronavirus infection, COVID-19

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

For citation: Kirsanova T.V., Meshkov A.D., Manevich T.M., Lysenko M.A. Avascular osteonecrosis in a young patient with a novel coronavirus infection. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(2):32–39. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223–2524.2022.2.3>

Received: 4 April 2022

Accepted: 5 August 2022

Online first: 8 August 2022

Published: 30 September 2022

*Corresponding author

1. Введение

COVID-19 — инфекционное заболевание, вызванное вирусом SARS-CoV-2, которое характеризуется различными клиническими проявлениями от асимптомного течения до тяжелой пневмонии с последующим развитием синдрома множественных органных дисфункций [1]. В последнее время появляются публикации об отдаленных последствиях COVID-19, которые продолжаются в течение недель или месяцев после того, как пациент уже выздоровел от новой коронавирусной инфекции, куда относят и синдром Гийена — Барре, и различные проявления кардиомиопатии, и отсроченные тромботические осложнения, и длительно сохраняющуюся сенсорную дисфункцию [2, 3]. Некоторые ученые предлагают использовать термин «длительный» или «затяжной» COVID в связи с тем, что последствия инфекции имеют непосредственное отношение к COVID и встречаются значительно чаще, чем в общей популяции. Кроме того, обилие применяемых препаратов, в том числе глюкокортикостероидов (ГКС), может стать предрасполагающим фактором для развития осложнений.

Во время эпидемии атипичной пневмонии 2003 года впервые было отмечено, что ГКС могут уменьшить воспалительную инфильтрацию легких в остром периоде, однако более длительное их применение (особенно в высоких дозах) связано с серьезными побочными эффектами [4]. В исследовании Хие и соавт. (2005) у 23,1 % (18 из 78) китайских пациентов с атипичной пневмонией развился аваскулярный остеонекроз (ОН) головки бедренной кости. Данное осложнение в основном было связано с использованием высоких доз ГКС [5]. Однако до сих пор нет единого мнения о дозировке и продолжительности приема стероидов, необходимых для развития ОН. Некоторые авторы сообщают о кумулятивной дозе преднизолона или его эквивалента 2000 мг [6], другие исследования показали, что минимальная доза, способная индуцировать развитие ОН меньше, — всего 700 мг [7], тогда как средняя доза стероидов в эквиваленте преднизолона составляла 850 мг [8]. Однако в большинстве исследований при анализе взаимосвязи между ГКС и ОН влияние других факторов игнорировалось, хотя их вклад представлялся очевидным: длительность иммобилизации, наличие остеопороза и т. д.

ОН, также известный как костный инфаркт, асептический или атравматический некроз кости, представляет собой полиэтиологический патологический процесс, характеризующийся нарушением костного кровоснабжения с последующей гибелью костных клеток и инфарктом костного мозга, приводящий к механическому разрушению кости.

Мы описываем случай развития ОН у соматически здоровой молодой женщины без дополнительных факторов риска с нетяжелым течением COVID, которая получила 817 мг эквивалентных преднизолону ГКС.

Это первый описанный случай COVID-индуцированного ОН в нашей стране, хотя ввиду широкомасштабного использования ГКС таких случаев наверняка больше. Ранняя диагностика ОН важна для предотвращения прогрессирования заболевания. Кроме того, самый частый вариант ОН поражает головку бедренной кости, когда при диагностике на ранних стадиях этого процесса возможно полностью обратить процесс. В связи с чем необходима клиническая настроенность на ОН у всех пациентов с COVID.

Пациентка Л., 43 года, без хронических заболеваний, постоянного приема препаратов, ИМТ 22,6 мг/м².

04.10.2020 г. почувствовала общее недомогание, отметила появление стоматита, в связи с чем выполнен ПЦР-тест на коронавирус, получен положительный результат. В течение трех дней отмечала повышение температуры до субфебрильных цифр, на пятые сутки — аносмия. Получала противовирусную (арбидол, ингавирин), антибактериальную (азитромицин) и антикоагулянтную (апиксабан) терапию. 16.10.2020 г. на КТ выявлено поражение легких до 25 % (при этом одышки, кашля, респираторных проявлений не было, сатурация 96 %).

На 18-е сутки появилась общая слабость, отсутствие аппетита, лихорадка до 38 °С в течение двух дней, к терапии был добавлен левофлоксацин. С 20.10.2020 г. назначен на 7 дней дексаметазон 8 мг два раза в день внутримышечно с последующим переходом на метилпреднизолон 4 мг — 14 дней.

30.10.2020 г. отметила улучшение самочувствия, однако на следующие сутки в ночное время появились резкие, мучительные боли в коленных суставах с обеих сторон, боли в большеберцовых (по всей длине) и бедренных (нижней трети) костях, так же с обеих сторон. Кетопрофен внутримышечно без эффекта. Стала невозможна опора на ноги в связи с усилением болей при попытках подъема. К утру боль регрессировала самостоятельно, в течение дня боль в суставах и костях отсутствовала, ходьба без боли. Однако ночью вновь ухудшение, улучшение утром, суммарно подобные эпизоды повторялись три раза, так же в ночное время, с такой же интенсивностью болей и продолжительностью. 4.10.2020 г. пациентка отметила появление боли и чувства «распирания» в коленных суставах, боли в большеберцовых костях при ходьбе, так же с двух сторон (по всей длине), при сгибании (приседании на стул или подъеме из положения сидя), усилилась боль ниже коленной чашечки. Стал невозможен подъем без посторонней помощи. В горизонтальном положении боли уменьшались.

Продолжала принимать антикоагулянтную терапию и нестероидные противовоспалительные препараты, однако болевой синдром сохранялся на прежнем уровне. 4.12.2020 г. выполнена магнитно-резонансная томография (МРТ) (рис. 1–3): картина инфарктов костного мозга в бедренных и большеберцовых костях, симметрично справа и слева. К этому времени похудела на 8 кг, отметила уменьшение мышечной массы ног. Назначено подробное обследование для поиска причины асептических некрозов. Рентгенография таза — без патологии, показатели денситометрии в пределах нормы, общий анализ крови, ферменты печени, паратгормон, кальций общий и ионизированный, креатинин, общий белок, белковые фракции, витамин D, липидный спектр, гликированный гемоглобин, ревматоидный фактор, антинуклеарный фактор Нер 2, антитела к кардиолипину и бета-2-гликопротеину (класса IgG и IgM), волчаночный антикоагулянт, маркеры тромбинемии без существенных отклонений, отмечалось повышение С-реактивного белка до 15 мг/л с последующей нормализацией. Общий



Рис. 1. МРТ в динамике, правая большеберцовая кость
Fig. 1. MRI in dynamics, right tibia



Рис. 2. МРТ в динамике, правая бедренная кость
Fig. 2. MRI in dynamics, right femur

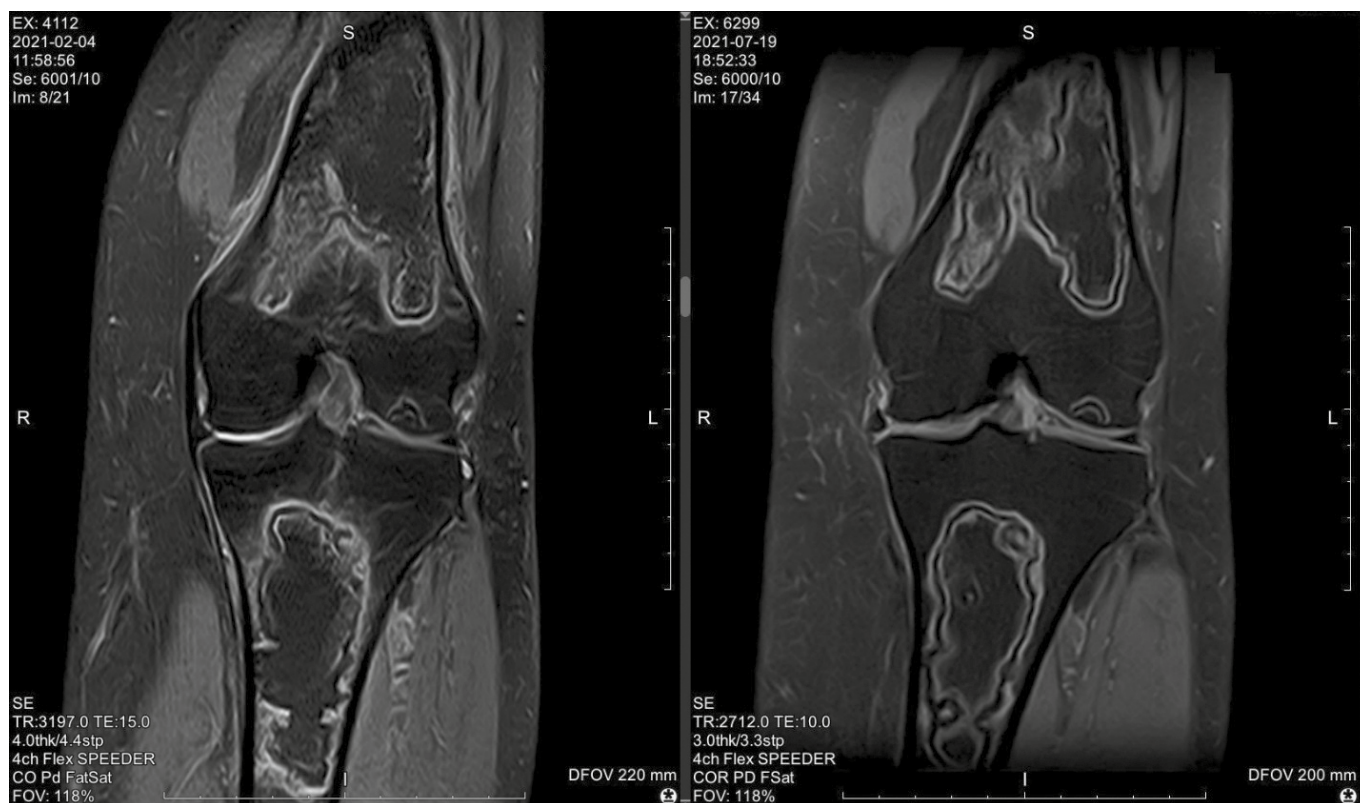


Рис. 3. МРТ в динамике, левый коленный сустав
Fig. 3. MRI in dynamics, left knee joint

анализ мочи, маркеры гепатитов В, С, ВИЧ-инфекции также в пределах нормы. Сцинтиграфия костей всего скелета с технецием — повышенное накопление радиофармпрепарата в области коленных суставов с обеих сторон; ультразвуковое исследование сосудов нижних конечностей — без патологии.

С 02.01.2021 г. начато лечение (алпростадил 40 мкг курсами, терипаратид 20 мкг в день, продолжено лечение аписабаном и препаратами витамина D₃, кальция). Боли сохранялись. При введении алпростадил в большеберцовых костях и коленных суставах ощущались «выкручивающие» боли в течение часа, затем регрессировали. В феврале 2021 г. консультация травматолога-ортопеда, рекомендованы PRP-терапия и гиалуроновая кислота в коленные суставы и связки надколенника один раз в неделю, суммарно три инъекции. Отметила постепенное уменьшение боли в области собственной связки надколенника и чувства распирания в коленных суставах. В конце марта уменьшились боли при ходьбе, вставании и приседании на стул, стала заметна положительная динамика. Добавлен общий массаж, начато посещение тренажерного зала, гипербарическая оксигенация. В начале мая боль полностью регрессировала, однако появились «простреливающие» локальные боли по всей поверхности большеберцовых костей независимо от положения тела продолжительностью 2–4 мин, до 20 раз в день. При приеме габапентина улучшение. В сентябре 2021 г. болей

в суставах, костях нет, за исключением кратковременных эпизодов «простреливающих» болей. При подъеме по лестнице — крепитация в коленных суставах, а также «неуверенность» в них, болей при спуске нет. Боль в коленных суставах появляется в положении глубокого приседа. При непродолжительных прогулках отмечает чувство тяжести в области коленных суставов. Продолжена прежняя лекарственная терапия, массаж, посещение тренажерного зала. При МРТ в динамике (рис. 1–3) отмечено уменьшение зоны перифокального отека, однако размеры зон некрозов остались прежними.

2. Обсуждение

Представленное наблюдение иллюстрирует развитие ОН у молодой и соматически здоровой пациентки, перенесшей коронавирусную инфекцию. Пациентка получала ГКС, а всесторонне обследование позволило сделать вывод о том, что это был единственный фактор риска, кроме самой коронавирусной инфекции, для развития данного осложнения. До сих пор считается, что применение ГКС является одной из наиболее частых причин развития ОН. В исследовании 1199 случаев ОН частота развития данного осложнения после приема ГКС колебалась от 21 до 37 % [9] и была частично связана с сопутствующими заболеваниями [10, 11].

Хотя патогенез ОН неизвестен, было описано несколько возможных механизмов. Один из них

характеризуется резким увеличением циркулирующих липидов, что приводит к микроэмболиям в артериях, кровоснабжающих кость [12]. Другой заключается в том, что увеличение размера и количества адипоцитов костного мозга в компартменте костномозговой полости, прилежащей к эпифизу, способствует блокированию венозного оттока [13]. Другая теория предполагает ГКС-индуцированные изменения в венозных эндотелиальных клетках, что приводит к венозному полнокровию, повышению внутрикостного давления и итоге ОН [14].

Считается, что пациенты, длительно леченные высокими дозами ГКС, по-видимому, подвергаются наибольшему риску развития ОН, но у этих пациентов часто есть и другие факторы риска. Однако ОН не возникает в результате кратковременного приема этих препаратов.

Большинство исследований показали, что у пациентов, леченных преднизолоном в дозах менее 15–20 мг/день, риск ГКС-индуцированного ОН почти отсутствовал. В популяционном исследовании, включившем почти 100 000 пациентов, однократно получивших болюс ГКС, частота ОН составила 0,13 % [15]. Однако по сравнению с пациентами, которые не получали такой болюс, относительный риск составлял 1,60 (1,34–1,84 при 95 % доверительном интервале). В небольшой группе пациентов с системной красной волчанкой и ОН, получавших более высокие дозы ГКС, у 93 % доза преднизолона превышала 40 мг/день и в 100 % — 20 мг/день [16]. Интересно, что единственным клиническим обнаружением, которое отличало пациентов с ОН от пациентов без этого осложнения, было появление признаков медикаментозного гиперкортицизма (86 % vs 15 %).

Было высказано предположение, что начальная доза ГКС может быть более важной, чем общая доза или продолжительность терапии [17].

Помимо отсутствия единого мнения о дозировке и продолжительности приема стероидов, необходимых для развития ОН, существуют разногласия относительно времени после приема ГКС до развития симптомов ОН. В литературе имеются описания развития ОН через два года после их применения [6], самый поздний случай задокументирован спустя семь лет после перенесенной атипичной пневмонии [19]. McKee и соавт. сообщают о среднем периоде, необходимом для реализации ОН, в 16,6 месяца (диапазон 6–33 месяца) [8]. Другие авторы при обсуждении сроков развития ОН после приема ГКС в «доковидную» эру также демонстрируют интервал в 6 месяцев [19, 20]. В индийской серии из четырех случаев развития ОН после перенесенной COVID-инфекции средняя продолжительность составила 58 дней (диапазон 45–67 дней) [21].

В любом случае столь раннее развитие ОН после применения относительно малых доз ГКС ставит под сомнение прямую связь с применением стероидов. В нашем случае кумулятивная доза стероидов составила 817 мг, а первые клинические признаки ОН развились

через 26 дней после диагностики новой коронавирусной инфекции и через 10 дней после инициации терапии ГКС, что противоречит данным «доковидной» литературы, которая показывает, что обычно для развития ОН после воздействия стероидов требуется от 6 месяцев до года. Возможно, при вирусной инфекции COVID-19 у пациентов выше чувствительность к развитию ОН и при меньшей кумулятивной дозе стероидов.

Как мы уже отмечали, ОН довольно часто регистрировался у пациентов с атипичной пневмонией, с частотой от 5 до 58 %, и возникал независимо от лечения кортикостероидами [22–25]. В большинстве этих случаев поражалась головка бедренной кости, хотя также описаны ОН головки плечевой, таранной и пяточной костей [23]. Однако здесь можно выделить и другую общую черту атипичной пневмонии, вызванной вирусом SARS-CoV1, и новой коронавирусной инфекции: оба этих состояния характеризуется выраженной гиперкоагуляцией. Известно, что инфекция SARS-CoV1 может индуцировать экспрессию гена TRIM55 убиквитинлигазы E3 в гладкомышечных клетках сосудов, что связано с избыточной агрегацией лейкоцитов и воспалением кровеносных сосудов [26]. Сочетание гиперкоагуляции, агрегации лейкоцитов и воспаления сосудов может нарушить кровоток в микроциркуляторном русле костей или привести к тромбозу более крупных сосудов, что будет способствовать развитию ОН.

Так называемая «сосудистая» гипотеза развития ОН получила широкое распространение еще 20 лет назад. Развитие микротромбозов как результат повреждения эндотелиальных клеток приводит к нарушению питания кости дистальнее места обструкции артерии [27]. Veure и соавт. описали развитие распространенного тромбоза бедренной артерии у 24-летнего мужчины с нетяжелым COVID-19, который в течение месяца жаловался на боли в бедре [28]. У пациента был обнаружен не только тромбоз бедренной, но и задней большеберцовой и подколенной артерии. К сожалению, пациенту не было выполнено МРТ и не исследованы костные структуры, тогда как не исключена вероятность и обнаружения ОН. Юноше была выполнена тромбэктомия и назначена антикоагулянтная терапия, в результате которой пациент выздоровел.

Известно, что SARS-CoV-2 проникает в клетки-хозяева через белок ангиотензинпревращающего фермента II, который экспрессируется эндотелиальными клетками и приводит к их активации. Также имеются описания значительного увеличения уровня фактора фон Виллебранда, которое, как предполагается, было вызвано активацией эндотелия. [29]. Varga и соавт. сообщили о «полиорганном эндотелиите» пациентов с COVID-19 при патолого-анатомическом исследовании [30]. Также целым рядом авторов описано повреждение эндотелиальных клеток с развитием генерализованной тромботической микроангиопатии [31]. Воспалительные эффекты цитокинов являются еще одним фактором,

способствующим повреждению эндотелиальных клеток и последующему тромбозу [32].

Мы полагаем, что в нашем случае именно коронавирусная инфекция стала основным и достаточным фактором риска для развития ОН у молодой здоровой женщины. Наши данные косвенно подтверждаются увеличением частоты стресс-переломов костной ткани у спортсменов во время пандемии [33, 34]. Возможно, это отчасти связано с увеличением длительности и интенсивности тренировок во время локдауна или быстрым возвращением к нагрузкам после вынужденного перерыва, однако нельзя исключить вероятность ишемии кости, развивающуюся во время и сохраняющуюся после инфекции, как основную причину такого феномена.

Целью лечения ОН является купирование или уменьшение болевого синдрома, а также замедление прогрессирования заболевания, предотвращение коллапса кости и восстановление функции суставов. Для лечения ОН доступно множество вариантов — от консервативных, медикаментозных, до хирургических, но стандартизованного протокола до сих пор не существует. Различные методы лечения, апробированные в прошлом, включая илопрост, синтетические аналоги простагландина E1 и нифедипин, не показали значительных преимуществ [35], однако обсудив возможности и шансы с пациенткой, мы все-таки инициировали терапию алпростадиллом.

Об успешном использовании бисфосфонатов для лечения ОН у взрослых впервые сообщили Agarwala и соавт. [36]. Авторы показали, что бисфосфонаты не только дают хороший клинический результат, но также замедляют прогрессирование заболевания и необходимость

хирургического вмешательства. В настоящее время бисфосфонаты считаются одним из стандартов лечения ОН. Однако замедление резорбции некротизированной кости с помощью бисфосфонатов при лечении ОН не имеет однозначных доказательств. Энтузиазм по поводу использования бисфосфонатов уменьшился сообщениями о развитии ОН челюсти на фоне терапии [37].

Кроме того, двухлетнее рандомизированное исследование, в котором пациенты с ОН получали либо бисфосфонат перорально, либо плацебо, не обнаружило значительной разницы в результатах между этими двумя группами [38]. У 21 из 32 пациентов, получавших бисфосфонаты, рентгенологически отмечено прогрессирование ОН, а метаанализ, включивший пять исследований и 329 пациентов, показал, что терапия бисфосфонатами существенно не уменьшала прогрессирование до коллапса [39].

С учетом данных литературы и нашего опыта по лечению остеопоретических переломов у пациентов, длительно принимающих ГКС, а также единичным описаниям эффективности лечения рекомбинантным человеческим паратиреоидным гормоном при стрессовых повреждениях костной ткани в спорте, мы начали с терапии терипаратидом [40, 41].

В настоящее время в связи с отсутствием большого количества данных о последующем наблюдении за пациентами важна ранняя диагностика ОН, поскольку только на ранних стадиях можно предотвратить последующий коллапс кости. Таким образом, рекомендуется серьезно относиться к боли в костях и крупных суставах после COVID-19, чтобы не пропустить ОН.

Вклад авторов:

Кирсанова Татьяна Валерьевна — сбор и обработка материала, написание текста статьи, редактирование.

Мешков Алексей Дмитриевич — сбор и обработка материала, написание текста статьи, редактирование.

Лысенко Марина Анатольевна — сбор и обработка материала, написание текста статьи.

Маневич Татьяна Михайловна — сбор и обработка материала, написание текста статьи.

Authors' contributions:

Tatiana V. Kirsanova — collection and processing of material, article text writing, editing.

Alexey D. Meshkov — collection and processing of material, article text writing, editing.

Marina A. Lysenko — collection and processing of material, article text writing.

Tatiana M. Manevich — collection and processing of material, article text writing.

Список литературы / References

1. Chalmers J.D., Crichton M.L., Goeminne P.C., Bin Cao, Humbert M., Shteinberg M., et al. Management of hospitalised adults with coronavirus disease 2019 (COVID-19): a European Respiratory Society living guideline. *Eur. Respir. J.* 2021;57(4):2100048. <https://doi.org/10.1183/13993003.00048-2021>
2. Leung T.Y.M., Chan A.Y.L., Chan E.W., Chan V.K.Y., Chui C.S.L., Cowling B.J., et al. Short- and potential long-term adverse health outcomes of COVID-19: a rapid review. *Emerg. Microbes Infect.* 2020;9(1):2190–2199. <https://doi.org/10.1080/22221751.2020.1825914>
3. Mahase E. Covid-19: What do we know about “long covid”? *BMJ* 2020;370:m2815. doi:10.1136/bmj.m2815
4. Auyeung T.W., Lee J.S.W., Lai W.K., Choi C.H., Lee H.K., Lee J.S., et al. The use of corticosteroid as treatment in SARS was as-

sociated with adverse outcomes: a retrospective cohort study. *J. Infect.* 2005;51(2):98–102. <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2004.09.008>

5. Xie L., Liu Y., Fan B., Xiao Y., Tian Q., Chen L., et al. Dynamic changes of serum SARS-coronavirus IgG, pulmonary function and radiography in patients recovering from SARS after hospital discharge. *Respir. Res.* 2005;6(1):5. <https://doi.org/10.1186/1465-9921-6-5>

6. Jones J.P. Osteonecrosis. In: Koopman W.J., ed. *Arthritis and allied conditions: a textbook of rheumatology*. 14th edn. Philadelphia, Pa: Lippincott Williams & Wilkins; 2001, pp. 2143–2164.

7. Anderton J.M., Helm R. Multiple joint osteonecrosis following short-term steroid therapy. Case report. *J. Bone Joint Surg. Am.* 1982;64:139–141. <https://doi.org/10.2106/00004623-198264010-00020>

8. McKee M.D., Waddell J.P., Kudo P.A., Schemitsch E.H., Richards R.R. Osteonecrosis of the femoral head in men follow-

ing short-course corticosteroid therapy: a report of 15 cases. *CMAJ*. 2001;164(2):205–206.

9. **Shigemura T, Nakamura J, Kishida S, Harada Y, Ohtori S, Kamikawa K, et al.** Incidence of osteonecrosis associated with corticosteroid therapy among different underlying diseases: prospective MRI study. *Rheumatology (Oxford)*. 2011;50(11):2023–2028. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/ker277>

10. **Gladman D.D., Chaudhry-Ahluwalia V., Ibañez D., et al.** Outcomes of symptomatic osteonecrosis in 95 patients with systemic lupus erythematosus. *J. Rheumatol.* 2001;28(10):2226–2229.

11. **Kamen D.L., Alele J.D.** Skeletal manifestations of systemic autoimmune diseases. *Curr. Opin. Endocrinol. Diabetes Obes.* 2010;17(6):540–545. <https://doi.org/10.1097/MED.0b013e328340533d>

12. **Jones J.P. Jr.** Fat embolism and osteonecrosis. *Orthop. Clin. North Am.* 1985;16(4):595–633.

13. **Solomon L.** Idiopathic necrosis of the femoral head: pathogenesis and treatment. *Can. J. Surg.* 1981;24(6):573–578.

14. **Nishimura T, Matsumoto T, Nishino M, Tomita K.** Histopathologic study of veins in steroid treated rabbits. *Clin. Orthop. Relat. Res* 1997;334:37–42.

15. **Dilisis M.F.** Osteonecrosis following short-term, low-dose oral corticosteroids: a population-based study of 24 million patients. *Orthopedics*. 2014;37(7):e631–e636. <https://doi.org/10.3928/01477447-20140626-54>

16. **Zizic T.M., Marcoux C., Hungerford D.S., Dansereau J.V., Stevens M.B.** Corticosteroid therapy associated with ischemic necrosis of bone in systemic lupus erythematosus. *Am. J. Med* 1985;79(5):596–604. [https://doi.org/10.1016/0002-9343\(85\)90057-9](https://doi.org/10.1016/0002-9343(85)90057-9)

17. **Abeles M., Urman J.D., Rothfield N.F.** Aseptic necrosis of bone in systemic lupus erythematosus. Relationship to corticosteroid therapy. *Arch. Intern. Med* 1978;138(5):750–754.

18. **Zhao F.C., Guo K.J., Li Z.R.** Osteonecrosis of the femoral head in SARS patients: seven years later. *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol.* 2013;23(6): 671–677. <https://doi.org/10.1007/s00590-012-1054-4>

19. **Mirzai R., Chang C., Greenspan A., Gershwin M.E.** The pathogenesis of osteonecrosis and the relationships to corticosteroids. *J. Asthma*. 1999;36(1):77–95. <https://doi.org/10.3109/02770909909065152>

20. **Assouline-Dayyan Y., Chang C., Greenspan A., Filella X., Trejo O, de la Red G., et al.** Pathogenesis and natural history of osteonecrosis. *Semin Arthritis Rheum* 2002;32(1):94–124. <https://doi.org/10.1053/sarh.2002.33724>

21. **Agarwala S.R., Vijayvargiya M., Pandey P.** Avascular necrosis as a part of 'long COVID-19'. *BMJ Case Rep*. 2021;14(7):e242101. <https://doi.org/10.1136/bcr-2021-242101>

22. **Hong N., Du X.K.** Avascular necrosis of bone in severe acute respiratory syndrome. *Clin. Radiol.* 2004;59(7):602–608. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2003>

23. **Griffith J.F.** Musculoskeletal complications of severe acute respiratory syndrome. *Semin. Musculoskelet. Radiol.* 2011;15(5):554–560. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1293500>

24. **Lau E.M.C., Chan F.W.K., Hui D.S.C., Wu A.K.L., Leung P.C.** Reduced bone mineral density in male severe acute respiratory syndrome (SARS) patients in Hong Kong. *Bone*. 2005;37(3):420–424. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2005.04.018>

25. **Disser N.P., De Micheli A.J., Schonk M.M. et al.** Musculoskeletal Consequences of COVID-19. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2020;102(14):1197–1204. <https://doi.org/10.2106/JBJS.20.00847>

26. **Gralinski L.E., Ferris M.T., Aylor D.L., Whitmore A.C., Green R., Frieman M.B., et al.** Genome wide identification of SARS-CoV susceptibility loci using the collaborative cross. *PLoS Genet*. 2015;11(10):e1005504. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1005504>

27. **Kerachian M.A., Harvey E.J., Cournoyer D., Chow T.Y.K., Séguin C.** Avascular Necrosis of the Femoral Head: Vascular Hypotheses. *Endothelium*. 2006;13(4):237–244. <https://doi.org/10.1080/10623320600904211>.

28. **Veyre F., Poulain-Veyre C., Esparcieux A., Monsarrat N., Aouifi A., Lapeze J., Chatelard P.** Femoral Arterial Thrombosis in a Young Adult after Nonsevere COVID-19. *Ann. Vasc. Surg.* 2020;69:85–88. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2020.07.013>

29. **Escher R., Breakey N., Lämmle B.** Severe COVID-19 infection associated with endothelial activation. *Thrombosis Research*. 2020;190:62. <https://doi.org/10.1016/j.thromres.2020.04.014>

30. **Varga Z., Flammer A.J., Steiger P., Haberecker M., Andermatt R., Zinkernagel A.S., et al.** Endothelial cell infection and endotheliitis in COVID-19. *Lancet*. 2020;395(10234):1417–1418. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30937-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30937-5)

31. **Ackermann M., Verleden S.E., Kuehnel M., Haverich A., Welte T., Laenger F., et al.** Pulmonary vascular endothelialitis, thrombosis, and angiogenesis in Covid-19. *N. Engl. J. Med.* 2020;383(2):120–128. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2015432>

32. **Huertas A., Montani D., Savale L., Pichon J., Tu L., Parent F., et al.** Endothelial cell dysfunction: a major player in SARS-CoV-2 infection (COVID-19)? *Eur. Respiratory Soc.* 2020;56(1):2001634. <https://doi.org/10.1183/13993003.01634-2020>

33. **Mangwani J., Boksh K., Houchen-Wolloff L., Asif A., Mangwani N.** Stress Fractures: A Growing Concern during the COVID-19 Pandemic. *Journal of Foot and Ankle Surgery (Asia Pacific)*. 2021;8(2):80–85. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10040-1157>

34. **Безуглов Э.Н., Любушкина А.В., Кирсанова Т.В.** Стрессовые повреждения костной ткани в спорте. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2021. **Bezuglov E.N., Lyubushkina A.V., Kirsanova T.V.** Stress injuries of bone tissue in sports. Moscow: GEO-TAR-Media Publ; 2021 (In Russ.).

35. **Agarwala S., Shah S., Joshi V.R.** The use of alendronate in the treatment of avascular necrosis of the femoral head: follow-up to eight years. *J. Bone Joint Surg. Br.* 2009;91(8):1013–1018. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.91B8.21518>

36. **Agarwala S., Banavali S.D., Vijayvargiya M.** Bisphosphonate combination therapy in the management of Postchemotherapy avascular necrosis of the femoral head in adolescents and young adults: a retrospective study from India. *J. Glob. Oncol* 2018;4:1–11. <https://doi.org/10.1200/JGO.17.00083>

37. **Gupta S., Gupta H., Mandhyan D., Srivastava S.** Bisphosphonates related osteonecrosis of the jaw. *Natl. J. Maxillofac Surg.* 2013;4(2):151–158. <https://doi.org/10.4103/0975-5950.127643>

38. **Chen C.H., Chang J.K., Lai K.A., Hou S.-M., Chang C.-H., Wang G.-J.** Alendronate in the prevention of collapse of the femoral head in nontraumatic osteonecrosis: a two-year multicenter, prospective, randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Arthritis Rheum.* 2012;64(5):1572–1578. <https://doi.org/10.1002/art.33498>

39. **Yuan H.F., Guo C.A., Yan Z.Q.** The use of bisphosphonate in the treatment of osteonecrosis of the femoral head: a meta-analysis of randomized control trials. *Osteoporos Int.* 2016;27(1):295–299. <https://doi.org/10.1007/s00198-015-3317-5>

40. **Aspenberg P., Johansson T.** Teriparatide improves early callus formation in distal radial fractures. *Acta Orthop.* 2010;81(2):234–236. <https://doi.org/10.3109/17453671003761946>

41. **Gende A., Thomsen T.W., Marcussen B., Hettrich C.** Delayed-Union of Acetabular Stress Fracture in Female Gymnast: Use of Teriparatide to Augment Healing. *Clin. J. Sport Med.* 2020;30(5):e163–e165. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000739>

Информация об авторах:

Кирсанова Татьяна Валерьевна, к.м.н., в.н.с. Института анестезиологии реаниматологии и трансфузиологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова Минздрава России, Россия, 117997, Москва, улица Академика Опарина, 4. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6125-590X> (+7 (926) 248-45-60; A_Tatya@mail.ru)

Мешков Алексей Дмитриевич*, к.м.н., с.н.с. лаборатории заболеваний костно-мышечной системы Российского геронтологического научно-клинического центра, ФГАОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Россия, 129226, Москва, ул. 1-я Леонова, 16. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5187-0108> (+7 (916) 174-42-04; alexymeshkov@mail.ru)

Маневич Татьяна Михайловна, к.м.н., зав. отделением гериатрической неврологии Российского геронтологического научного центра ФГАОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, 129226, Россия, Москва, ул. 1-ая Леонова, 16. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2196-1068> (+7 (903) 675-88-02; maneich_tm@rgnkc.ru)

Лысенко Марина Анатольевна, к.м.н., зав. медицинским реабилитационным отделением для взрослых с соматическими заболеваниями ГБУЗ «Волгоградский областной клинический онкологический диспансер», Россия, 400138, Волгоград, ул. им. Землячки, 78 (+7 (903) 413-60-55; lysenko-ma@vokod34.ru)

Information about the authors:

Tatiana V. Kirsanova, M.D., Ph.D., Leading Researcher of Institute of anesthesiology-resuscitation and transfusiology, National Medical Research Center of Obstetrics, Gynecology, and Perinatology named after Academician V.I. Kulakov, 4 Ac. Oparina str., Moscow, 117997, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6125-590X> (+7 (926) 248-45-60; A_Tatya@mail.ru)

Alexey D. Meshkov*, M.D., Ph.D., Senior Researcher of the Laboratory of diseases of the musculoskeletal system, Pirogov National Research Medical University, Russian Gerontology Research and Clinical Centre, 16 1-st Leonova str., Moscow, 129226, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5187-0108> (+7 (916) 174-42-04; alexymeshkov@mail.ru)

Tatiana M. Manevich, M.D., Ph.D., neurologist, Head of Neurological geriatric department of Russian Gerontology Research and Clinical Center, 16 1-st Leonova str., Moscow, 129226, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2196-1068> (+7 (903) 675-88-02; maneich_tm@rgnkc.ru)

Marina A. Lysenko, M.D., Ph.D., Head of Rehabilitation department for adults with somatic deceases, Volgograd Clinical Regional Oncology Center, 78 Zemlyachki str., Volgograd, 400138, Russia (+7 (903) 413-60-55; lysenko-ma@vokod34.ru)

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.4>

УДК 616.7

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original article



Оценка показателей гониометрии голеностопного сустава в комплексной реабилитации спортсменов с тендинопатией малоберцовых сухожилий

А.Д. Репетюк^{1,*}, Е.Е. Ачкасов¹, А.П. Середа², Н. Р. Жестянкин³

¹ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия

²ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

³ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Минздрава России, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

В исследовании отражены результаты комплексной реабилитации профессиональных спортсменов с тендинопатией малоберцовых сухожилий. Оценка эффективности проводили на основе показателей гониометрии голеностопного сустава на разных этапах реабилитационного процесса.

Цель исследования: оценить эффективность разработанной комплексной программы физической реабилитации с тендинопатией сухожилий малоберцовых сухожилий.

Материалы и методы: в исследовании участвовали 60 профессиональных спортсменов мужского пола с установленным при помощи ультразвукового исследования диагнозом «тендинопатия малоберцовых сухожилий». Все пациенты методом случайной выборки были разделены на две группы по 30 человек. Пациентам I группы помимо основных назначались специально разработанные упражнения на баланс, равновесие и проприоцептивную чувствительность на системе с биологической обратной связью Biodex Balance System (BBS) (Biodex Medical Systems, Inc. New York, USA), а также балансировочных дисках и подушках. Оценка эффективности разработанной комплексной реабилитационной программы проводили на основе сравнения результатов показателей гониометрии в обеих группах перед началом реабилитации и шесть недель спустя.

Результаты исследования и выводы: процент снижения общей амплитуды движения в голеностопном суставе, то есть ее дефицит, статистически достоверно отличался между группами. Так, на момент обследования до начала лечения у пациентов I группы дефицит общей амплитуды составил 13,2°, а у II группы — 14,0°. На 6-й неделе после начала лечения этот показатель у пациентов I группы улучшился и составил 3,8°, а у II группы — 12,2°.

Ключевые слова: спортивная травма, тендинопатия, голеностопный сустав, малоберцовые сухожилия, реабилитация

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Репетюк А.Д., Ачкасов Е.Е., Середа А.П., Жестянкин Н.Р. Оценка показателей гониометрии голеностопного сустава в комплексной реабилитации спортсменов с тендинопатией малоберцовых сухожилий. *Спортивная медицина: наука и практика.* 2022;12(2):40–45. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.4>

Поступила в редакцию: 11.04.2022

Принята к публикации: 04.08.2022

Online first: 08.08.2022

Опубликована: 30.09.2022

*Автор, ответственный за переписку

Evaluation of indicators of goniometry of the ankle joint in the complex rehabilitation of athletes with peroneal tendinopathy

Alexey D. Repetyuk^{1,*}, Evgeniy E. Achkasov¹, Andrey P. Sereda², Nikita R. Zhestyankin³

¹I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia

²Research Institute of Traumatology and Orthopedics named after R. R. Vreden, St. Petersburg, Russia.

³A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia

ABSTRACT

The study reflects the results of comprehensive rehabilitation of professional athletes with fibular tendinopathy. The effectiveness was evaluated based on the indicators of goniometry of the ankle joint at different stages of the rehabilitation process.

Objective. To evaluate the effectiveness of the developed comprehensive program of physical rehabilitation with tendinopathy of the fibular tendons.

Materials and methods. The study involved 60 professional male athletes with the diagnosis of “fibular tendinopathy” established by ultrasound examination. All patients were randomly divided into two equal groups of 30 people. Group I patients, in addition to the main ones, were assigned specially designed exercises for balance, balance and proprioceptive sensitivity on the Biodex Balance System (BBS) biofeedback system (Biodex Medical Systems, Inc. New York, USA), as well as balancing disks

Results. The percentage of reduction in the total amplitude of movement in the ankle joint, that is, its deficiency, statistically significantly differed between the groups. Thus, at the time of examination before the start of treatment, the total amplitude deficit in group I patients was 13.2°, and in group II – 14.0°. At week 6 after the start of treatment, this indicator improved in group I patients and amounted to 3.8°, and in group II – 12.2°.

Keywords: sports injury, tendinopathy, ankle joint, fibular tendons, rehabilitation

Conflict of interest: The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Repetyuk A.D., Achkasov E.E., Sereda A.P., Zhestyankin N.R. Evaluation of indicators of goniometry of the ankle joint in the complex rehabilitation of athletes with peroneal tendinopathy. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(2):40–45. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.4>

Received: 11 April 2022

Accepted: 4 August 2022

Online first: 8 August 2022

Published: 30 September 2022

* Corresponding author

1. Введение

Повреждения голеностопного сустава являются частой проблемой у спортсменов в различных видах спорта. Травмы в области латеральной лодыжки диагностируют как повреждения передней таранно-малоберцовой и пяточно-малоберцовой связок, часто упуская патологию малоберцовых сухожилий [1, 2]. В исследовании, проведенном Dombek et al., только 60% (24 из 40) расстройств малоберцовых сухожилий были точно диагностированы при первом клиническом обследовании [3]. В научной литературе вопросы патологии малоберцовых сухожилий недостаточно освещены [4]. В сухожилиях малоберцовых мышц выявили критические аваскулярные зоны, ухудшающие трофические процессы и метаболизм в сухожилии [5]. Это в сочетании с избыточной тренировочной нагрузкой приводит к развитию тендинопатии, а в случае неадекватной лечебно-реабилитационной программы — к рецидиву заболевания. В связи с этим спортсмен на длительное время может выбыть из участия в тренировках и соревнованиях [6, 7].

Одной из важных задач лечебно-реабилитационного процесса при данной патологии является увеличение амплитуды движений в голеностопном суставе до предтравматического уровня. Это обусловлено тем, что объем движений в голеностопном суставе является ключевым

для спортсмена и в случае снижения может являться существенным лимитирующим фактором для полноценного тренировочного и соревновательного процесса [8, 9].

2. Материалы и методы

В оригинальном исследовании участвовали 60 профессиональных спортсменов мужского пола с установленным при помощи ультразвукового исследования диагнозом «тендинопатия малоберцовых сухожилий». Средний возраст составил $21,0 \pm 1,4$ года. Все пациенты методом случайной выборки были разделены на две группы по 30 человек. Спортсмены обеих групп выполняли упражнения, направленные на увеличение объема движений в голеностопном суставе, улучшение микроциркуляции, позже применяли упражнения, направленные на восстановление мышечной силы, выносливости к статической и динамической нагрузкам, а также общую физическую подготовку и кардиотренировки для поддержания функционального состояния. Помимо указанных выше упражнений пациентам I группы назначались специально разработанные упражнения на баланс, равновесие и проприоцептивную чувствительность на системе с биологической обратной связью Biodex Balance System (BBS) (Biodex Medical Systems, Inc. New York, USA), а также балансировочных дисках и подушках (рис. 1). Программу



А Рис. 1. Упражнения для тренировки проприоцептивной чувствительности. А — система тренировки баланса и равновесия с биологической обратной связью Biodex. Б — тренировка голеностопного сустава на полусфере. В — тренировка голеностопных суставов на балансирующей подушке
Б Fig. 1. Exercises for training proprioceptive sensitivity. A — Biodex balance and balance training system with biofeedback. Б — training of the ankle joint on the hemisphere. В — training of the ankle joints on a balancing pad

тренировки равновесия три дня в неделю в течение двух месяцев, каждое занятие длилось примерно 20 минут. На заключительном этапе реабилитации необходимо было подготовить голеностопный сустав к спортуспецифическим нагрузкам. Все упражнения этого этапа были направлены на восстановление силы, гибкости, выносливости и координации до предтравматического уровня.

Оценку эффективности физической реабилитации проводили при помощи метода гониометрии голеностопного сустава (рис. 2). Оценивали показатели угла плантарной флексии, угла дорсальной флексии и общей амплитуды. Измерения осуществляли на поврежденной и здоровой ноге, до начала реабилитации, а также на 6-й неделе реабилитационного процесса.

3. Результаты исследования и их обсуждение

Результаты статистического анализа полученных показателей гониометрии выявили особенности их динамики и наличия достоверных различий между группами (табл.). По результатам показателя угла плантарной флексии до начала лечебно-реабилитационных мероприятий были выявлены достоверные ($p < 0,05$) различия между I и II группами (табл. 15), а среднестатистические результаты составили у пациентов I группы — $36,5 \pm 2,61^\circ$, у пациентов II группы — $35,8 \pm 3,08^\circ$. По результатам обследования на 6-й неделе также выявили статистически достоверные ($p > 0,05$) различия между пациентами I и II групп. Среднестатистические результаты у пациентов I группы составили $39,8 \pm 4,27^\circ$, у пациентов II группы — $38,1 \pm 4,12^\circ$ соответственно.

Таким образом, динамика дефицита амплитуды плантарной флексии в I группе была следующей: до начала лечения — $4,5 \pm 2,58^\circ$; на 6-й неделе $1,2 \pm 1,6^\circ$. Среди пациентов II группы дефицит плантарной флексии составил до начала лечения — $5,2 \pm 2,06^\circ$, на 6-й неделе — $2,9 \pm 1,3^\circ$.

Согласно результатам статистического анализа полученных показателей угла дорсальной флексии, не выявлено достоверной разницы ($p > 0,05$) между группами



Рис. 2. Гониометрия голеностопного сустава
Fig. 2. Ankle joint goniometry

Таблица

Динамика показателей амплитуды движений в голеностопном суставе в I и II группах

Table

Dynamics of the movements amplitude in the ankle joint in groups I and II

Показатели	Группа	Результат здоровой нижней конечности	Выполнение теста	
			1-я неделя	6-я неделя
Угол плантарной флексии, градусов	I	41 (39; 45)	36,5 ± 2,61° (35; 38)	39,8 ± 4,27* (37;42)
	II	41 (39; 43)	35,8 ± 3,08° (35; 38)	38,1 ± 4,12° (35;39)
Угол дорсальной флексии, градусов	I	15 (13; 18)	6,3 ± 2,58° (5; 7)	12,4 ± 2,11* (10; 13)
	II	15 (13; 18)	6,2 ± 2,51° (5; 7)	9,1 ± 2,7° (7; 10)
Общая амплитуда, градусов	I	56 (52; 63)	42,8° ± 3,12 (40; 45)	52,2° ± 5,8* (47; 55)
	II	56 (52; 61)	42° ± 2,8 (40; 45)	44,2° ± 4,4 (41; 49)

Примечание: * — достоверность различий между I и II на уровне < 0,05.

Note: * — significance of differences between I and II at the level < 0.05.

до начала лечения, а среднестатистические результаты составили в I группе — $6,3 \pm 2,58^\circ$, а среди пациентов II группы показатель угла дорсальной флексии был установлен на уровне $6,2 \pm 2,51^\circ$. Статистически достоверное отличие выявлено на момент заключительного обследования ($p < 0,05$), а показатель угла дорсальной флексии был установлен в I группе на уровне $12,4 \pm 2,11^\circ$, а среди пациентов II группы показатель угла дорсальной флексии был установлен на уровне $9,1 \pm 2,7^\circ$. Таким образом, динамика дефицита амплитуды дорсальной флексии в I группе была следующей: до начала лечения — $8,7 \pm 2,65^\circ$; на 6-й неделе — $5,5 \pm 1,85^\circ$. Среди пациентов II группы дефицит дорсальной флексии до начала лечения составил — $8,8 \pm 2,81^\circ$; на 6-й неделе — $6,9 \pm 2,06^\circ$.

По результатам показателя общей амплитуды на момент заключительного обследования установлена статистически достоверная разница ($p < 0,05$). В I группе до начала лечения общая амплитуда составила $42,8^\circ \pm 3,12$, на 6-й неделе — $52,2^\circ \pm 5,8$. Среди пациентов II группы зафиксированы следующие значения: $42^\circ \pm 2,8$ до начала лечения, $44,2^\circ \pm 4,4$ на 6-й неделе.

Процент снижения общей амплитуды движения в голеностопном суставе, то есть ее дефицит, статистически достоверно отличался между группами. Так, на момент обследования до начала лечения у пациентов I группы дефицит общей амплитуды составил $13,2^\circ$, а у II группы — 14° . На 6-й неделе лечения этот показатель у пациентов I группы улучшился и составил $3,8^\circ$, а у II группы — $12,2^\circ$ (график 1).

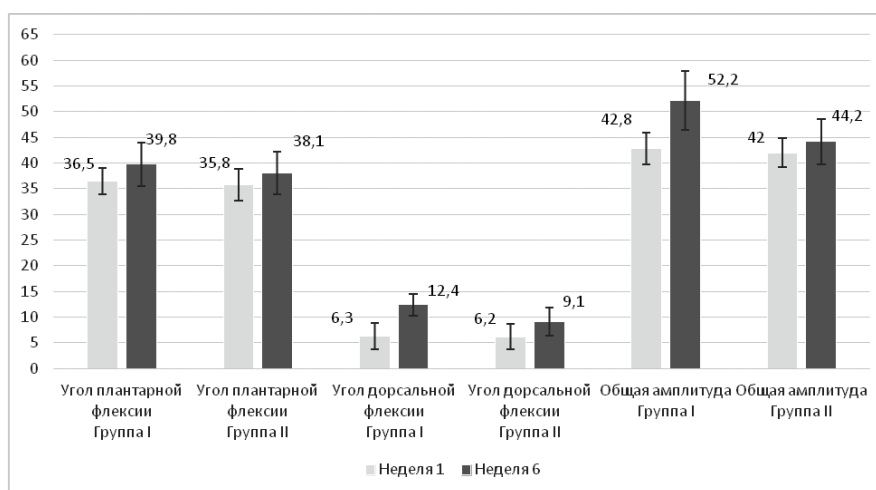


Рис. 3. Динамика показателей амплитуды движения в голеностопном суставе в I и II группах

Fig. 3. Dynamics of the ankle joint range of motion in groups I and II

4. Выводы

Результаты статистического анализа полученных показателей гониометрии выявили особенности их динамики и наличия достоверных различий между группами. Исследование эффективности комплексной

Вклад авторов:

Репетюк Алексей Дмитриевич — обзор публикаций по теме статьи, отбор, обследование и лечение пациентов, анализ и интерпретация данных, написание текста рукописи.

Ачкасов Евгений Евгеньевич — разработка дизайна исследования, научная редакция текста рукописи, утверждение рукописи для публикации.

Середа Андрей Петрович — разработка дизайна исследования, проверка критически важного содержания, утверждение рукописи для публикации.

Жестянкин Никита Романович — обзор публикаций по теме статьи.

программы физической реабилитации позволило получить следующие данные: в ходе гониометрии выявили, что показатель угла плантарной флексии имел достоверно лучшие результаты среди пациентов I группы.

Authors' contributions:

Alexey D. Repetyuk — review of publications on the topic of the article, selection, examination and treatment of patients, analysis and interpretation of data, writing the text of the manuscript.

Evgeniy E. Achkasov — development of research design, scientific editing of the text of the manuscript, approval of the manuscript for publication.

Andrey P. Sereda — development of research design, verification of critical content, approval of the manuscript for publication.

Nikita R. Zhestyankin — review of publications on the topic of the article.

Список литературы

References

- Florit D., Pedret C., Casals M., Malliaras P., Sugimoto D., Rodas G. Incidence of Tendinopathy in Team Sports in a Multidisciplinary Sports Club Over 8 Seasons. *J. Sports Sci. Med.* 2019;18(4):780–788.
- van Dijk A.D., Kerkhoffs G.M.M.J., Chiodo C., DiGiovanni C.W. Chronic disorders of the peroneal tendons: Current Concepts Review of the Literature. *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* 2019; 15;27(16):590–598. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-18-00623>
- Dombek M.F., Lamm B.M., Saltrick K., Mendicino R.W., Catanzariti A.R. Peroneal tendon tears: a retrospective review. *J. foot ankle surg.* 2003;42(5):250–258. [https://doi.org/10.1016/s1067-2516\(03\)00314-4](https://doi.org/10.1016/s1067-2516(03)00314-4)
- Ачкасов Е.Е., Середа А.П., Репетюк А.Д. Повреждения сухожилий малоберцовых мышц у спортсменов (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России.* 2016;22(4):146–154. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2016-22-4-146-154>
- Petersen W., Bobka T., Stein V., Tillmann B. Blood supply of the peroneal tendons: injection and immunohistochemical studies of cadaver tendons. *Acta orthop. Scand.* 2000;71(2):168–174. <https://doi.org/10.1080/000164700317413148>
- Franco M.F., Madaleno F.O., de Paula T.M.N., Ferreira T.V., Pinto R.Z., Resende R.A. Prevalence of overuse injuries in athletes from individual and team sports: A systematic review with meta-analysis and GRADE recommendations. *Braz. j. phys. ther.* 2021;25(5):500–513. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2021.04.013>
- Куршев В.В., Литвиненко А.С., Безуглов Э.Н., Репетюк А.Д., Патрина Е.В. Реабилитация спортсменов с заболеваниями и травмами опорно-двигательного аппарата. *Хирургическая практика.* 2015;(3):71–77.
- van Dijk P.A., Miller D., Calder J., DiGiovanni C.W., Kennedy J.G., Kerkhoffs G.M., et al. The ESSKA-AFAS international consensus statement on peroneal tendon pathologies. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2018;26(10):3096–3107. <https://doi.org/10.1007/s00167-018-4971-x>
- Репетюк А.Д., Ачкасов Е.Е., Середа А.П. Оценка комплексной программы физической реабилитации при повреждениях сухожилий малоберцовых мышц у спортсменов. *Теория и практика физической культуры.* 2022;(1):79–81.

- Florit D., Pedret C., Casals M., Malliaras P., Sugimoto D., Rodas G. Incidence of Tendinopathy in Team Sports in a Multidisciplinary Sports Club Over 8 Seasons. *J. Sports Sci. Med.* 2019;18(4):780–788.
- van Dijk A.D., Kerkhoffs G.M.M.J., Chiodo C., DiGiovanni C.W. Chronic disorders of the peroneal tendons: Current Concepts Review of the Literature. *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* 2019; 15;27(16):590–598. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-18-00623>
- Dombek M.F., Lamm B.M., Saltrick K., Mendicino R.W., Catanzariti A.R. Peroneal tendon tears: a retrospective review. *J. foot ankle surg.* 2003;42(5):250–258. [https://doi.org/10.1016/s1067-2516\(03\)00314-4](https://doi.org/10.1016/s1067-2516(03)00314-4)
- Achkasov E.E., Sereda A.P., Repetyuk A.D. Peroneal Tendon Lesions in Athletes (review). *Travmatologiya i ortopediya Rossii = Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2016;22(4):146–154 (In Russ.). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2016-22-4-146-154>
- Petersen W., Bobka T., Stein V., Tillmann B. Blood supply of the peroneal tendons: injection and immunohistochemical studies of cadaver tendons. *Acta orthop. Scand.* 2000;71(2):168–174. <https://doi.org/10.1080/000164700317413148>
- Franco M.F., Madaleno F.O., de Paula T.M.N., Ferreira T.V., Pinto R.Z., Resende R.A. Prevalence of overuse injuries in athletes from individual and team sports: A systematic review with meta-analysis and GRADE recommendations. *Braz. j. phys. ther.* 2021;25(5):500–513. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2021.04.013>
- Kurshev V.V., Litvinenko A.S., Bezuglov E.N., Repetyuk A.D., Patrina E.V. Rehabilitation of athletes with diseases and injuries of the musculoskeletal system. *Khirurgicheskaya praktika = Surgical practice.* 2015;(3):71–77 (In Russ.).
- van Dijk P.A., Miller D., Calder J., DiGiovanni C.W., Kennedy J.G., Kerkhoffs G.M., et al. The ESSKA-AFAS international consensus statement on peroneal tendon pathologies. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2018;26(10):3096–3107. <https://doi.org/10.1007/s00167-018-4971-x>
- Repetyuk A.D., Achkasov E.E., Sereda A.P. Combined physical rehabilitation model for peroneal tendon injuries in sports: benefits analysis. *Teoriya i praktika fizicheskoi kul'tury = Theory and practice of physical culture.* 2022;(1):79–81 (In Russ.).

Информация об авторах:

Репетюк Алексей Дмитриевич*, ассистент кафедры спортивной медицины и медицинской реабилитации ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119991, Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2 (replex@mail.ru)

Ачкасов Евгений Евгеньевич, профессор, доктор медицинских наук, заведующий кафедрой спортивной медицины и медицинской реабилитации ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119991, Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9964-5199> (2215.g23@rambler.ru)

Серда Андрей Петрович, доктор медицинских наук, заместитель директора ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена» Минздрава России, Россия, 195427, Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, 8. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7500-9219>

Жестянкин Никита Романович, студент ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Минздрава России, Россия, 127473, Москва, ул. Делегатская, 20, стр. 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8733-2504> (nikita221100@mail.ru)

Information about the authors:

Alexey D. Repetyuk*, assistant of the department of the Department of Sports Medicine and Medical Rehabilitation of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of Russia, 8 Trubetskaya str., Moscow, 119991, Russia (replex@mail.ru)

Evgeniy E. Achkasov, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor of the Department of Sports Medicine and Medical Rehabilitation of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of Russia, 8 Trubetskaya str., Moscow, 119991, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9964-51994> (2215.g23@rambler.ru)

Andrey P. Sereda, M.D., D.Sc. (Medicine), Deputy Director of Research Institute of Traumatology and Orthopedics named after R. R. Vreden, 8 Akademika Baykova str., St. Petersburg, 195427, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7500-9219>

Nikita R. Zhestyankin, student of the A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, 20/1 Delegatskaya str., Moscow, 127473, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8733-2504> (nikita221100@mail.ru)

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.9>

УДК: 617.3

Тип статьи: Обзор литературы / Review



Проблемы семиотики заболеваний ахиллова сухожилия в клиническом и образовательном аспектах

*Е.П. Сорокин**, *А.П. Середя*, *Е.А. Пашкова*, *Н.С. Коновальчук*, *В.А. Фомичев*, *Д.В. Чугаев*,
К.А. Демьянова, *Д.А. Шулепов*

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Заболевания ахиллова сухожилия и тканей, его окружающих, представляют собой большую группу гетерогенных по этиологии и патогенезу патологических состояний, которые достаточно часто встречаются у пациентов различных возрастных групп. Многообразие данной группы ортопедических заболеваний и недостаточная освещенность этой проблемы в специализированной литературе приводит к путанице в терминологии, что влечет за собой некорректное представление о сущности существующей у пациента проблемы и ошибки в лечении таких больных.

Проведен контент-анализ современной отечественной и зарубежной литературы для обобщения знаний и формирования универсальной номенклатуры изучаемых патологических состояний для дальнейшего корректного понимания проблемы и создания классификации заболеваний и повреждений ахиллова сухожилия.

Ключевые слова: ахиллово сухожилие, болезнь Хагlundа

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Для цитирования: Сорокин Е.П., Середя А.П., Пашкова Е.А., Коновальчук Н.С., Фомичев В.А., Чугаев Д.В., Демьянова К.А., Шулепов Д.А. Проблемы семиотики заболеваний ахиллова сухожилия в клиническом и образовательном аспектах. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(2):46–59. <https://doi.org/10.47529/22232524.2022.2.9>

Поступила в редакцию: 28.04.2022

Принята к публикации: 01.08.2022

Online first: 21.08.2022

Опубликована: 30.09.2022

*Автор, ответственный за переписку

Problems of semiotics of diseases of the Achilles tendon in clinical and educational aspects

*Evgenii P. Sorokin**, *Andrey P. Sereda*, *Ekaterina A. Pashkova*, *Nikita S. Konovalchuk*, *Viktor A. Fomichev*,
Dmitrii V. Chugaev, *Ksenia A. Demyanova*, *Dmitrii A. Shulepov*

Research Institute of Traumatology and Orthopedics named after R. R. Vreden, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

Achilles tendon disorders are represented by a big group of heterogenous in etiology and pathogenesis conditions, that are quite frequent in patients of various age groups. The diversity of this group of orthopedic disorders and the insufficient information provided on this topic in specialized literature leads to confusion in terminology, which, in turn, leads to misunderstanding the essence of patient's problem and to mistakes in treatment of such patients.

We carried out a content-analysis of contemporary Russian and foreign literature to summarize the existing knowledge and to create the universal nomenclature of the studied pathological conditions for further correct understanding of the problem and creation of classification of disorders and injuries of Achilles tendon.

Keywords: Achilles tendon, Haglund's disease

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

For citation: Sorokin E.P., Sereda A.P., Pashkova E.A., Konovalchuk N.S., Fomichev V.A., Chugaev D.V., Demyanova K.A., Shulepov D.A. Problems of semiotics of diseases of the Achilles tendon in clinical and educational aspects. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(2):46–59. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.9>

Received: 28 April 2022

Accepted: 1 August 2022

Online first: 21 August 2022

Published: 30 September 2022

* **Corresponding author**

Заболевания ахиллова сухожилия представляют собой большую группу гетерогенных по этиологии и патогенезу патологических состояний, которые достаточно часто встречаются у пациентов различных возрастных групп. Однако многообразие данной группы ортопедических заболеваний и недостаточная освещенность этой проблемы в специализированной литературе приводит к путанице в терминологии, что влечет за собой некорректное представление о сущности существующей у пациента проблемы и ошибки в лечении таких больных.

Цель исследования: контент-анализ современной отечественной и зарубежной литературы для обобщения знаний и формирования универсальной номенклатуры изучаемых патологических состояний для дальнейшего корректного понимания проблемы и создания классификации заболеваний и повреждений ахиллова сухожилия.

При осуществлении контент-анализа данной проблемы запрос в интернет-поисковике со словосочетанием «заболевания ахиллова сухожилия» дает более 20 миллионов ссылок, но большинство из них переводят на сайты частных лечебных учреждений, содержание которых никем не проверяется. Данные информационные статьи создаются, как правило, не врачами, а администраторами, транслирующими части текста с других подобных ресурсов. От этого путаница в терминологии заболеваний ахиллова сухожилия становится еще больше, а ценность подобной информации сводится к нулю.

Так, на сайте журнала «Травматология и ортопедия России» на запрос «ахиллово сухожилие» выдается всего 40 результатов (табл. 1).

При этом всего две публикации непосредственно про синдром Хаглунда, а остальные лишь косвенно посвящены болезням ахиллова сухожилия.

Продолжая информационный поиск, мы проанализировали наиболее известные учебники и монографии, принятые в нашей стране на вооружение при обучении клинических ординаторов и как пособия для врачей.

При изучении данных источников было выявлено, что заболевания ахиллова сухожилия не посвящена ни одна из отдельных тем в учебниках по травматологии и ортопедии, а в некоторых из монографий нет даже упоминания о данной группе патологий. Полученные нами данные представлены в таблице 2.

Таким образом, анализ наиболее популярных и известных отечественных пособий для врачей и монографий, показал, что заболевания ахиллова

сухожилия — тема, по сути, не описанная, и редкие упоминания о данной патологии не объясняют ни причины, ни патогенез подобных заболеваний, не говоря уже о лечении. При этом в большинстве зарубежных учебных пособий выделяются для заболеваний ахиллова сухожилия отдельные главы, осуществляя глубокий анализ патогенеза, клиники и лечения данной патологии (табл. 3).

При схожем запросе в базе данных PubMed было получено 2057 зарубежных публикаций, а также выявлен значительный рост количества статей с максимумом в последние четыре года.

Все вышесказанное подчеркивает тот факт, что заболевания, связанные с ахилловым сухожилием, получали и получают гораздо меньшую освещенность в отечественной литературе, что несомненно является серьезной проблемой.

Как упоминалось выше, чаще всего проблемы нетравматического характера, связанные с ахилловым сухожилием, ассоциируют с одним заболеванием — синдромом Хаглунда, иногда абсолютно неправильно отождествляя ее с болезнью Шинца (остеохондропатией пяточного бугра), игнорируя поражения ахиллова сухожилия, имеющие абсолютно иную природу.

Стоит отметить, что проведенный нами анализ зарубежных литературных источников также показал отсутствие консенсуса по единой номенклатуре и стратегии лечения данных заболеваний.

1. Развитие терминологии заболеваний ахиллова сухожилия, исторические аспекты

Впервые термин «ахиллово сухожилие» был предложен голландским хирургом Philip Verheyen в 1693 году. До того как он назвал его именем древнегреческого героя, оно называлось «большим сухожилием Гиппократова» (*tendo magnus of Hippocrates*). Первым, кто описал нетравматическое заболевание ахиллова сухожилия, был E. Raynal в 1883 году, который назвал его «перитендинозным целлюлитом ахиллова сухожилия» (фр. *Cellulite peritendineuse du tendon d'Achille*) [16]. Но первым, кто использовал термин «тендинит» стал А. Шанц (A. Shanz). Он сделал это в 1905 году, когда описывал воспаление ахиллова сухожилия, которому предшествовало хроническое травматическое растяжение последнего, у пациента после занятий скалолазанием. Он назвал его травматическим тендинитом ахиллова сухожилия (*tendinitis Achillea traumatica*) [17], предполагая, что воспалительный процесс расположен в толще сухожилия, а не в месте его прикрепления к пяточной

Таблица 1

Поисковый запрос «ахиллово сухожилие» на сайте журнала «Травматология и ортопедия России»

Table 1

Search query "Achilles tendon" on the journal website "Traumatology and Orthopedics of Russia"

№ вып.	Название	Контекст	Роль ахиллова сухожилия в статье
№ 3 (2015)	ОСОБЕННОСТИ ЛЕЧЕНИЯ ЗАДНЕГО ИМПИДЖМЕНТ-СИНДРОМА ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА У АРТИСТОВ БАЛЕТА И СПОРТСМЕНОВ	«...возникновением болевых ощущений в задних отделах голеностопного сустава под ахилловым сухожилием, усиливающимися...»	Анатомический ориентир
№ 4 (2012)	ОБОСНОВАНИЕ НОВОГО СПОСОБА ЗАКРЫТОЙ РЕПОЗИЦИИ ПЕРЕЛОМОВ ПЯТОЧНОЙ КОСТИ	«...Развернуть ее или репонировать, вводя шило со стороны ахиллова сухожилия, проблематично, тем более что...»	Анатомический ориентир
№ 4 (2015)	ВНУТРИКОСТНЫЙ ОСТЕОСИНТЕЗ КАК НОВАЯ ОПЦИЯ В ЛЕЧЕНИИ ПЕРЕЛОМОВ ПЯТОЧНОЙ КОСТИ	«...латеральному краю ахиллова сухожилия в месте его прикрепления к пяточной кости под соответствующий...»	Анатомический ориентир
№ 2 (2013)	СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ИМПРЕССИОННЫМИ ПЕРЕЛОМАМИ ПЯТОЧНОЙ КОСТИ	«...в который кпереди от ахиллова сухожилия через прокол кожи вводили острие однозубого крючка. В ряде...»	Анатомический ориентир
Том 23, № 2 (2017)	ЛЕЧЕНИЕ НЕСОСТОЯТЕЛЬНОСТИ РАЗГИБАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПРИ ПЕРВИЧНОМ И РЕВИЗИОННОМ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИИ КОЛЕННОГО СУСТАВА	«...периоде [11]. L. S. Crossett с соавторами, использовав свежемороженый аллотрансплантат ахиллова...»	Графт
№ 1 (2016)	ТРАВМАТИЧЕСКИЙ ВЫВИХ СУХОЖИЛИЯ ЗАДНЕЙ БОЛЬШЕБЕРЦОВОЙ МЫШЦЫ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И СЛУЧАЙ ИЗ ПРАКТИКИ)	«...использованием скользящего аппарата ахиллова сухожилия — в двух [2, 16], восстановление мягкотканых структур...»	Графт
№ 1 (2015)	СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ХИРУРГИЧЕСКОМУ ЛЕЧЕНИЮ ХРОНИЧЕСКОЙ ЗАДНЕЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ КОЛЕННОГО СУСТАВА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	«...использовать порцию ахиллова сухожилия, сухожилий большеберцовой и малоберцовой мышц. J. L. Hudgens с...»	Графт
№ 2 (2015)	РАЗРЫВЫ БОЛЬШОЙ ГРУДНОЙ МЫШЦЫ И ЕЕ СУХОЖИЛИЯ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И НАШ ОПЫТ ЛЕЧЕНИЯ	«...может быть показано использование аутотрансплантата из ахиллова сухожилия [21], аллотрансплантата из...»	Графт
№ 4 (2012)	ОПЕРАТИВНОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПАРАЛИТИЧЕСКОЙ ЭКВИНУСНОЙ ДЕФОРМАЦИИ СТОПЫ ТЯЖЕЛОЙ СТЕПЕНИ У ВЗРОСЛЫХ (СЛУЧАЙ ИЗ КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ)	«...сокращение ахиллова сухожилия, что приводит к смещению вверх заднего отдела стопы. Максимальное...»	Деформация стопы
№ 1 (2014)	ЛЕЧЕНИЕ КОСОЛАПОСТИ У ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ВОЗРАСТА С АРТРОГРИПОЗОМ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ПОНСЕТИ: ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ	«...тенотомии ахиллова сухожилия по методике Понсети, нами применялась ранняя ахиллотомия, которая...»	Деформация стопы
№ 3 (2012)	ТАРАННО-ЛАДЬБЕВИДНЫЙ АРТРОДЕЗ В СОЧЕТАНИИ С МЕДИАЛИЗИРУЮЩЕЙ ОСТЕОТОМИЕЙ ПЯТОЧНОЙ КОСТИ В ЛЕЧЕНИИ ПЛОСКО-ВАЛЬГУСНОЙ ДЕФОРМАЦИИ СТОПЫ	«...ахиллова сухожилия и подошвенной фасции приводили к «замыканию» фрагментов [7, 9]. Для фиксации пяточной...»	Деформация стопы
№ 2 (2016)	СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ХИРУРГИЧЕСКОМУ ЛЕЧЕНИЮ НЕЙРООСТЕОАРТРОПАТИИ ШАРКО (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	«...ахиллова сухожилия и эквинусной деформации стопы...»	Деформация стопы

№ вып.	Название	Контекст	Роль ахиллова сухожилия в статье
№ 2 (2011)	СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ХИРУРГИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ ПЛОСКОВАЛЬГУСНОЙ ДЕФОРМАЦИИ СТОП У ПАЦИЕНТОВ С ДОБАВОЧНОЙ OS TIBIALE EXTERNUM	«... Чрескожное удлинение ахиллова сухожилия насечками было проведено у 10 больных. У 4 пациентов при...»	Деформация стопы
№ 2 (2011)	КОМПЛЕКСНОЕ ЛЕЧЕНИЕ ДЕТЕЙ СТАРШЕЙ ВОЗРАСТНОЙ ГРУППЫ С ВРОЖДЕННОЙ КОСОЛАПОСТЬЮ	«...выполняется удлинение сухожилий внутренней группы мышц, а при необходимости и ахиллова сухожилия...»	Деформация стопы
№ 3 (2011)	КОНСЕРВАТИВНОЕ ЛЕЧЕНИЕ ВРОЖДЕННОЙ КОСОЛАПОСТИ: АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ	«...исправления деформации гипсовыми повязками, удлинения ахиллова сухожилия (закрытая тенотомия) и закрепления...»	Деформация стопы
Том 23, № 2 (2017)	ПЛОСКО-ВАЛЬГУСНАЯ ДЕФОРМАЦИЯ СТОП У ВЗРОСЛЫХ (ОБЗОР ИНОСТРАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ)	«...подтаранного сустава и местом прикрепления ахиллова сухожилия, тем самым увеличивая динамическую...»	Деформация стопы
Том 23, № 1 (2017)	АНАЛИЗ И ПЛАНИРОВАНИЕ КОРРЕКЦИИ ДЕФОРМАЦИЙ ЗАДНЕГО ОТДЕЛА СТОПЫ В САГИТТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ	«...апофиза — место прикрепления ахиллова сухожилия (точки e, f) — соединяли линией и в середине полученного...»	Деформация стопы
№ 4 (2015)	КЛИНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА РИГИДНЫХ ФОРМ ПЛАНО-ВАЛЬГУСНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ СТОП У ДЕТЕЙ	«...39 ригидность стопы была обусловлена укорочением ахиллова сухожилия, у 11 ограничение...»	Деформация стопы
№ 3 (2012)	МЕТОД ДОБЬСА В ЛЕЧЕНИИ ДЕТЕЙ С ТЯЖЕЛЫМИ ВРОЖДЕННЫМИ ПЛОСКО-ВАЛЬГУСНЫМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ СТОП	«...Производили реинсерцию сухожилия передней большеберцовой мышцы на шейке таранной кости. Ахиллово сухожилие...»	Деформация стопы
№ 3 (2011)	ПАТОЛОГИЯ ПОЗЫ И ДЕФОРМАЦИИ СТОП У ДЕТЕЙ С ЦЕРЕБРАЛЬНЫМ ПАРАЛИЧОМ	«...мышцы голени и ахиллова сухожилия. Характерными особенностями экстензионного паттерна является...»	Деформация стопы
№ 4 (2012)	ЛЕЧЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ У ДЕТЕЙ РАННЕГО ВОЗРАСТА С АРТРОГРИПОЗОМ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	«...артрогрипотической косолапости в результате тяги короткого и напряженного ахиллова сухожилия пятка находится в ...»	Деформация стопы
Том 22, № 4 (2016)	ПОВРЕЖДЕНИЯ СУХОЖИЛИЙ МАЛОБЕРЦОВЫХ МЫШЦ У СПОРТСМЕНОВ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	«...longus; PV — сухожилие короткой малоберцовой мышцы/tendon of peroneus brevis; AT — Ахиллово сухожилие...»	Заболевания (косвенно)
№ 2 (2013)	ПЕРКУТАННАЯ ТРАНСПЕДИКУЛЯРНАЯ ФИКСАЦИЯ ПОЗВОНОЧНИКА В УСЛОВИЯХ ЛОКАЛЬНОЙ АНЕСТЕЗИИ	«...и ахилловы рефлексы ослаблены. Развитие у большой рецидива роста опухоли в области резекции...»	Неврологический симптом
№ 4 (2013)	ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ДИАСТЕМАТОМИЕЛИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАВИГАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ (КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ)	«...сухожильные рефлексы верхних конечностей живые D ≥ S, нижних конечностей — средней живости D ≥ S. Ахилловы сухожилия у них...»	Неврологический симптом
№ 3 (2010)	СПОСОБ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ПОВТОРНЫМИ РАЗРЫВАМИ АХИЛЛОВА СУХОЖИЛИЯ	«...разрывами ахиллова сухожилия было проведено прикладное топографо-анатомическое исследование на 12...»	Разрыв
№ 4 (2010)	ПРИМЕНЕНИЕ Z-ОБРАЗНОГО ДОСТУПА ПРИ ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ РАЗРЫВОВ АХИЛЛОВА СУХОЖИЛИЯ	«...Авторами разработан и апробирован рациональный Z-образный доступ к ахиллову сухожилию с учетом...»	Разрыв
№ 2 (2012)	ЛЕЧЕНИЕ ЗАСТАРЕЛЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ПЯТОЧНОГО (АХИЛЛОВА) СУХОЖИЛИЯ	«...поводу застарелого повреждения ахиллова сухожилия. Правильный диагноз во всех случаях был поставлен не...»	Разрыв

Продолжение Табл. 1
 Table 1 continuation

№ вып.	Название	Контекст	Роль ахиллова сухожилия в статье
<u>Том 24, № 2 (2018)</u>	ЗАСТАРЕЛЫЕ РАЗРЫВЫ АХИЛЛОВА СУХОЖИЛИЯ — КАК ИХ ЛЕЧИТЬ И ВОЗМОЖНО ЛИ СПОНТАННОЕ СРАЩЕНИЕ? РЕЗУЛЬТАТЫ УКОРАЧИВАЮЩЕЙ ТЕНОПЛАСТИКИ	«...Статья посвящена случаям спонтанного сращения ахиллова сухожилия с элонгацией. При этом состоянии...»	Разрыв
<u>№ 2 (2013)</u>	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ РЕКОНСТРУКТИВНО-ПЛАСТИЧЕСКОЙ МИКРОХИРУРГИИ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С ПАТОЛОГИЕЙ ОБЛАСТИ ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА	«...дефектов ахиллова сухожилия (12 или 15,2 % случаев), что потребовало проведения соответствующих...»	Разрыв
<u>Том 24, № 1 (2018)</u>	НАШ ПОДХОД К ОПЕРАТИВНОМУ ЛЕЧЕНИЮ ЗАСТАРЕЛЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ АХИЛЛОВА СУХОЖИЛИЯ. СУЩЕСТВУЕТ ЛИ ПРОСТОЕ РЕШЕНИЕ?	«...Актуальность. Основную долю пациентов с подкожным разрывом ахиллова сухожилия составляют люди...»	Разрывы
<u>№ 4 (2012)</u>	СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИЙ РЕКОНСТРУКТИВНО-ПЛАСТИЧЕСКОЙ МИКРОХИРУРГИИ В СИСТЕМЕ ЛЕЧЕНИЯ БОЛЬНЫХ С ПАТОЛОГИЕЙ КРУПНЫХ СУСТАВОВ И ОКОЛОСУСТАВНЫХ СТРУКТУР КОНЕЧНОСТЕЙ	«...восстановлению ахиллова сухожилия...»	Разрывы
<u>Том 24, № 2 (2018)</u>	КОММЕНТАРИЙ К СТАТЬЕ Д. В. ЧУГАЕВА С СОАВТОРАМИ «НАШ ПОДХОД К ОПЕРАТИВНОМУ ЛЕЧЕНИЮ ЗАСТАРЕЛЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ АХИЛЛОВА СУХОЖИЛИЯ. СУЩЕСТВУЕТ ЛИ ПРОСТОЕ РЕШЕНИЕ?»	Здесь ахиллово сухожилие имеется лишь в контексте комментариев к статье	Редакционная статья
<u>№ 2 (2012)</u>	ЛИННИК СТАНИСЛАВ АНТОНОВИЧ. К 60-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ	«...диссертацию «Лечение повреждений ахиллова сухожилия», а в 1989 г. — докторскую диссертацию...»	Редакционная статья
<u>№ 2 (2012)</u>	МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА «АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ТРАВМАТОЛОГИИ И ОРТОПЕДИИ»		Редакционная статья
<u>№ 4 (2012)</u>	УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ «ТРАВМАТОЛОГИЯ И ОРТОПЕДИЯ РОССИИ» В 2012 ГОДУ	«... ахиллова) сухожилия — П, 34 Кузнецов И. А., Фомин Н. Ф., Шулепов Д. А. Топографо-анатомические подходы к...»	Редакционная статья
<u>№ 1 (2015)</u>	УСТРАНЕНИЕ ДЕФОРМИРУЮЩИХ РУБЦОВ НА ГОЛЕНИ И В ОБЛАСТИ АХИЛЛОВА СУХОЖИЛИЯ У ДЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКСПАНДЕРНОЙ ДЕРМОТЕНЗИИ	«...задачей в связи со значительной функциональной нагрузкой на сегмент и поверхностным расположением ахиллова ...»	Укорочение ахиллова сухожилия
<u>№ 1 (2012)</u>	ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ВТОРИЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ У ДЕТЕЙ С РУБЦОВЫМИ ПОСЛЕДСТВИЯМИ ОЖОГОВ, ПРИНЦИПЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ	«...удлиняли укороченные сухожилия и ахиллово сухожилие. После возможной редрессации стопы накладывали...»	Укорочение ахиллова сухожилия
<u>№ 3 (2013)</u>	ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К УСТРАНЕНИЮ СГИБАТЕЛЬНОЙ КОНТРАКТУРЫ КОЛЕННОГО СУСТАВА У БОЛЬНЫХ ДЦП	«...мышцы при пяточной стопе, которая почти всегда является следствием неадекватного удлинения ахиллова ...»	Укорочение ахиллова сухожилия

№ вып.	Название	Контекст	Роль ахиллова сухожилия в статье
№ 1 (2014)	СИНДРОМ ХАГЛУНДА: ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА И СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР	«...пяточной области. Он состоит из ретрокальканеального бурсита и импинджмент-тенопатии ахиллова сухожилия из ...»	Хаглунд
№ 1 (2013)	РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ БОЛЕЗНИ ХАГЛУНДА	«...Гипертрофический кожный рубец –5 Повреждение/отек ахиллова сухожилия –5 Результат Хороший 31–40 Удовлетворительный...»	Хаглунд

Таблица 2

Упоминания о заболеваниях ахиллова сухожилия в отечественных учебниках по травматологии и ортопедии

Table 2

References to the Achilles tendon diseases in Russian textbooks on traumatology and orthopedics

Название учебника, монографии	Авторы	Год выпуска	Упоминание о заболеваниях ахиллова сухожилия	Используемая терминология
Травматология и ортопедия. Учебник для студентов медицинских вузов [1]	Корнилов Н. В.	2005	нет	нет
Учебник травматологии ортопедии [2]	Крупко И. Л.	1963	нет	нет
Оперативная ортопедия. Руководство для врачей [3]	Мовшович И. А.	1994	нет	нет
Травматология и ортопедия. Руководство для врачей [4]	Шапошников Ю. Г.	1997	нет	нет
Травматология и ортопедия. Руководство для врачей в 4 томах [5]	Корнилов Н. В.	2006	нет	нет
Атлас операций при травмах опорно-двигательного аппарата [6]	Ревенко Т. А., Гурьев В. Н., Шестерня Н. А.	1987	нет	нет
Многотомное руководство по ортопедии и травматологии [7]	Новаченко Н. П., Волков М. В., Рэдудеску А.	1967	Да	Остеохондропатия пяточной кости, ахиллодиния
Хирургия стопы. Издание второе, переработанное и дополненное [8]	Черкес-Заде Д. И., Каменев Ю. Ф.	2002	Да	Ахиллобурсит, паратенонит, ахиллотендинит, ахиллопяточный бурсит
Ахиллово сухожилие [9]	Грицюк А. А., Середа А. П.		Да	нет

кости, что само по себе противоречило представлениям того времени о патогенезе данного заболевания [18, 19].

Активное развитие ортопедической науки в XX столетии и в настоящее время не могло не повлиять на проблему изучения патологии заднего отдела стопы, в частности гетерогенной группы заболеваний ахиллова сухожилия. Структурируя полученные в ходе анализа литературы данные, в нозологии данных болезней

можно выделить несколько топографических и патоморфологических групп.

Для облегчения повествования разделим весь спектр патологии Ахиллова сухожилия на проблемы верхней части, средней порции и самой нижней, в области прикрепления (энтезиса) (табл. 4). При этом специфических заболеваний в области перехода мышцы в сухожилие, то есть в верхней его части, нет.

Таблица 3

Упоминания о заболеваниях ахиллова сухожилия в зарубежных учебниках

Table 3

References to the Achilles tendon diseases in foreign textbooks

Название учебника, монографии	Авторы	Год выпуска	Упоминание о заболеваниях ахиллова сухожилия	Используемая терминология
Mann's Surgery of the Foot and Ankle [10]	Michael Coughlin, Charles Saltzman, Robert B. Anderson	2007	есть	Tendinosis Haglund deformity Calcific tendonitis
McGlamry's Comprehensive Textbook of Foot and Ankle Surgery [11]	Joe Southerland, David Alder, Jeffrey Boberg, Mike Downey, Aprajita Nakra, Linnie Rabjohn, Linnie V. Rabjohn	2012	есть	Achilles Tendon Disorders
Orthopaedic Knowledge Update: Foot and Ankle [12]	Loretta B. Chou	2018	есть	Achilles tendon disorders
Foot and Ankle Disorders [13]	Jung Hong-geun	2016	есть	Achilles tendinopathy
Foot and Ankle Sports Medicine [14]	David W. Altchek	2012	есть	Achilles pathology
Ankle Arthroscopy [15]	C. Niek van Dijk	2014	есть	Retrocalcaneal bursitis

2. Патология средней порции ахиллова сухожилия

В течение XX века терминология для обозначения заболеваний области ахиллова сухожилия менялась несколько раз. В основе смены терминов в большинстве случаев лежал критический и современный для своего времени анализ данной патологии с различных точек зрения. Первой исторически стала классификация П. Р. Липскомба (P. R. Limpscomb), которую он предложил в 1950 году, основываясь на локализации воспалительного процесса. Он выделял «паратенидинит» — воспаление волокон сухожилия без вовлечения оболочки и «теносиновит» — воспаление волокон сухожилия с вовлечением оболочки. Также он использовал термин «перитендинит» для обозначения обоих патологических состояний [20].

Таблица 4

Локализация заболеваний ахиллова сухожилия

Table 4

Localization of the Achilles tendon diseases

Верхняя часть	Редко встречающаяся патология «голень теннисиста»
Средняя порция ахиллова сухожилия	Тендопатия
	Паратенопатия острая
	Паратенопатия хроническая
	Смешанные проблемы
Нижняя часть	Синдром Хаглунда
	Инсерционный тендинит
	Бурситы
	Смешанные проблемы

Далее, в 1976 году, Л. Перуджа (L. Perugia) представил классификацию, основывающуюся на гистологических находках при морфологическом изучении ахиллова сухожилия [21]. Таким образом, он дифференцировал изолированный перитендинит, перитендинит, вызванный тендинозом, и изолированный тендиноз. Перитендинит обозначался им как воспалительный процесс в оболочке сухожилия без вовлечения самого сухожилия. Перитендинит, вызванный тендинозом, включал в себя воспалительный ответ оболочки на дегенеративные изменения в ткани сухожилия. Чистый тендиноз характеризовался только дегенеративными изменениями в самом сухожилии [22], часто ассоциируясь с фокусами остео-хрящевой метаплазии. Позднее, в 1976 году, Пудду (G. Puddu) опубликовал свои дополнения к этой классификации, пояснив, что тендиноз подразумевает дегенеративные изменения ткани сухожилия, без клинических и гистологических признаков воспаления в ткани сухожилия [21, 23].

Но с течением времени в научной литературе не утихали дискуссии, посвященные анатомическим и клиническим аспектам терминологии данной группы заболеваний как более употребимых в аспекте практической лечебной деятельности. Так, в 1992 году Клэйн и Бакстер (M. R. Clain, D. E. Baxter) впервые предложили разделить понятие «тендинит» ахиллова сухожилия на инсерционный (расположенный в области его прикрепления к пяточной кости) и неинсерционный [24].

В 1998 году Н. Маффули (N. Maffuli) предложил свои структурные изменения в существующие классификации, стараясь систематизировать все накопленные за это время термины, касающиеся патологии, связанной

с хронической чрезмерной перегрузкой ахиллова сухожилия (25). Он рекомендовал использовать термины «тендиноз», «паратендинит» и «тендинит» только после проведения биопсии, поскольку эти понятия подразумевают в первую очередь гистологически подтвержденный воспалительный процесс с вовлечением специфических клеток. Он предлагал использовать термин «частичный разрыв» лишь при острой травме части волокон самого сухожилия, а также ставил под вопрос целесообразность использования этого термина как такового. «Ахиллодиния» в его понимании является исключительно описательным термином, который указывает на боль в области ахиллова сухожилия без уточнения ее локализации. Н. Маффули также предложил называть клинический синдром, включающий боль, отек (локальный или диффузный) и нарушение функции ахиллова сухожилия, термином «тендинопатия» [5]. По его классификации следовало различать тендинопатию, паратендинопатию и паратендонопатию в зависимости от уровня вовлеченных в процесс тканей. И хотя данная публикация Н. Маффули в значительной мере уменьшила путаницу в клинической терминологии и была хорошо принята западными врачами, она все-таки не стала универсальной и споры продолжались. Здесь следует отметить, что в отечественной литературе нами не было обнаружено цитирований статьи Н. Маффули ни в СССР, ни в литературе, изданной в современной России.

3. Тендинопатия средней порции ахиллова сухожилия

Этот термин обозначает клинический синдром, характеризующийся комбинацией болевого синдрома, отека и нарушения функции сухожилия. Отек может быть как локальным, так и распространенным. Как правило, болезненный участок находится в 2–7 см от точки прикрепления сухожилия к пятке, это место в западной литературе так же описывается как «тело ахиллова сухожилия» [25]. Необходимо отметить, что в русскоязычной литературе и анатомической номенклатуре нет четкого описания частей ахиллова сухожилия, что, в свою очередь, также мешает врачам в клинической практике прийти к консенсусу о нозологической терминологии.

Н. Маффули отмечает, что термин «тендинопатия» более полно описывает данный процесс, в отличие от термина «тендиноз», который основывается на гистопатологическом наличии дегенеративных изменений в ткани сухожилия, не всегда сопровождающейся клиническими проявлениями и вовлечением клеток воспаления [26]. Следует также сказать, что непосредственной причиной тендинопатии не всегда являются дегенеративные изменения, пусковым фактором могут стать нарушения в процессах регенерации на фоне постоянных неадекватных нагрузок на сухожилие. При этом сухожилие имеет признаки процесса заживления, но по каким-то причинам процесс не может завершиться.

4. Паратендопатия ахиллова сухожилия

Необходимо также рассмотреть ситуацию, при которой происходит воспалительное и/или дегенеративное поражение тонких мембран, окружающих ахиллово сухожилие. Это заболевание в современной литературе рекомендуется обозначать термином «паратендинопатия», оно может протекать как острый, так и как хронический процесс. Основными симптомами данного состояния являются боль и локальный отек вокруг средней части ахиллова сухожилия, возникающие при физической нагрузке.

Гистологически острая паратендопатия характеризуется отеком и гиперемией паратенона с инфильтрацией клетками воспаления, иногда с продуцированием фибринозного экссудата, заполняющего пространство между оболочкой и самим сухожилием, вызывая крепитацию при движении и пальпации [31].

При хроническом воспалительном процессе в паратеноне основным симптомом является боль при физической нагрузке, а крепитация и локальный отек часто отсутствуют. Гистологически паратенон утолщается из-за фибринозного экссудата, пролиферации фибробластов, формирующих спайки между сухожилием, его оболочкой и прилегающей фасцией, что, в свою очередь, затрудняет нормальное скольжение сухожилия [22–27, 33].

5. Патология области прикрепления ахиллова сухожилия (нижней части)

Как было сказано ранее, термин «инсерционные тендиниты» появился лишь в 1992 году, и терминология, описывающая повреждения в этой зоне ахиллова сухожилия, к этому моменту претерпела значительную трансформацию. Так, Альберт (E. Albert) был первым, кто использовал термин «ахиллодиния» в 1893 году, однако в чем именно состоит суть этой патологии, описано не было (18). В 1895 году, Рослер (Rossler) определил, что причиной ахиллодинии является воспалительный процесс, возникающий в бурсе, расположенной между местом прикрепления ахиллова сухожилия и задневерхним краем бугристости пяточной кости [19]. По мнению Патрика Хаглунда (Patrick Haglund), термин «ахиллодиния» был слишком общий, поэтому он предложил разделить пациентов на три группы: пациентов с «оссифицирующим ахиллотендинитом» (Achillotendinitis ossificant), пациентов с «ахиллярным бурситом» (Bursitis Achillea) и детей с эпифизитами пяточной кости [28, 29]. При описании ахиллярного бурсита он дифференцировал поражения одной из двух сухожильных сумок: между пяточной костью и кожей (задненижняя ахиллярная bursa) и между пяточной костью и ахилловым сухожилием (передневерхняя ахиллярная bursa). По его мнению, поверхностный бурсит развивался вследствие ношения неправильной обуви, а глубокий бурсит — это следствие острой или хронической травматизации ахиллова сухожилия. Задненижний бурсит, по его мнению, не имел клинической актуальности, а передневерхний, связанный со сдавлением бурсы между ахилловым сухожилием и костью,

имеет значимые клинические симптомы и проявления. Эта патология, по мнению Патрика Хаглунда, может быть излечена путем хирургической резекции костного фрагмента пяточной кости, если консервативное лечение, проводимое до этого, было безуспешным.

В 1954 году Дикинсон (P. H. Dickinson) впервые использовал термин *rump bump* («шишка от туфли»), описав им увеличение заднелатерального края пяточного бугра (в области прикрепления ахиллова сухожилия) и возникновение бурсита при ношении обуви с высоким каблуком [30]. При неэффективности консервативного лечения у таких пациентов также выполнялась хирургическая резекция заднелатерального края пяточного бугра с хорошим клиническим результатом [31].

До 1982 года воспаление ретрокальканеальной сумки (обозначенной Хаглундом как передневерхняя ахиллярная bursa), явившееся следствием ее сдавления между ахилловым сухожилием и пяточной костью, называлось в европейской практике ретрокальканеальным бурситом (*retrocalcaneal bursitis*). И именно в этом году рентгенолог Павлов (H. Pavlov) впервые использовал термин «синдром Хаглунда», описав его как одну из наиболее частых причин болевого синдрома в заднем отделе пяточной области, характеризующуюся болезненным отеком мягких тканей в области прикрепления ахиллова сухожилия. Анализируя рентгенограммы пяточной кости в боковой проекции, он описал наличие задневерхнего выступа пяточной кости, рентгенологических признаков ретрокальканеарного бурсита, утолщения ахиллова сухожилия и увеличения объема мягких тканей в области прикрепления сухожилия. Это первая публикация, в которой упоминается имя Хаглунда [32].

Позднее M. Vega (Vega) ввел термин «деформация Хаглунда», описывая болезненный отек в области ахиллова сухожилия с видимым выступом в верхнелатеральной части пяточной области. По его мнению, поверхностная и ретрокальканеарная bursa реагировали на этот увеличенный участок кости развитием в них воспаления [33]. В 1993 году к этому списку была добавлена и «синдром Хаглунда» [34], хотя ранее в литературе она неоднократно была описана как остеохондропатия добавочной ладьевидной кости (*os tibiale externum*) [35]. В нашей же стране наиболее распространен термин «болезнь Хаглунда», но он, как правило, отражает в себе все возможные виды патологии в области ахиллова сухожилия. Этот термин является своего рода «мусорной корзиной», куда сбрасываются все диагнозы без подробного их описания [36].

Селла (E. J. Sella) еще в 1997 году указывал на то, что использование трех этих терминов вызывает очень много путаницы и предложил более точные и конкретные определения болезни Хаглунда, синдрому Хаглунда и деформации Хаглунда, разделив эти понятия. Так, болезнью Хаглунда он предложил по-прежнему называть остеохондропатию добавочной ладьевидной кости; деформацией Хаглунда — деформацию задневерхнего

и латерального края пяточной кости, которая может быть выявлена рентгенологически, но не всегда вызывает болевой синдром; а термином «синдром Хаглунда» — болевой синдром в этой области, независимо от того, есть ли деформация пяточной кости и где локализован воспалительный процесс (поверхностная или глубокая bursa или непосредственно сухожилие) [37]. Однако предложение Селла приняли далеко не все, и во многих публикациях по-прежнему встречаются самые различные трактовки этих терминов.

В 1998 году международный комитет по анатомической номенклатуре (FICAT) опубликовал «Анатомическую Терминологию» (“Terminologia Anatomica”), в которой ретрокальканеарная bursa была названа бурсой пяточного сухожилия (*bursa tendinis calcanei*), а поверхностная пяточная bursa — подкожной пяточной бурсой (*bursa subcutanea calcanea*), что позволило разграничить развивающиеся в них патологические изменения и усовершенствовать клинико-анатомические аспекты диагностики заболеваний ахиллова сухожилия в зоне его дистальной фиксации [38].

6. Современные представления о номенклатуре заболеваний ахиллова сухожилия

В 2011 году нидерландский профессор Ник ван Дайк (C. N. van Dijk) с группой соавторов попытался создать систему терминов, которые бы максимально полно отражали как анатомическую локализацию, так и симптомы, клинические аспекты и гистопатологию заболеваний ахиллова сухожилия, стараясь, чтобы терминология была емкой, но при этом нейтральной, четкой и простой [39]. Данная классификация достаточно быстро набирает популярность, что подчеркивается ростом ее цитируемости центральными журналами в системе PubMed.

Эта номенклатура включает в себя 5 нозологических форм (табл. 5).

7. Инсерционная тендинопатия ахиллова сухожилия (энтезопатия)

Эта патология локализуется строго в месте фиксации ахиллова сухожилия к пяточной кости, часто с образованием остеофитов в толще самого сухожилия. Пациенты предъявляют жалобы на боль, скованность и иногда локальный отек в этой области. При обследовании пациента выявляется болезненность в месте прикрепления сухожилия, в некоторый случаях можно пальпаторно обнаружить массивный остеофит в мягких тканях. Гистологически определяется костная перестройка в месте перехода сухожилия в кость и иногда частичные разрывы волокон сухожилия в этой зоне [40].

8. Ретрокальканеарный бурсит

Воспаление сухожильной сумки, располагающейся между передненижней поверхностью ахиллова сухожилия и задней частью пяточной кости, приводит к появлению болезненного отека с медиальной и латеральной

Таблица 5

Клиническая терминология болезней ахиллова сухожилия, основанная на локализации, симптомах и гистологических находках

Table 5

Clinical terminology of Achilles tendon diseases based on location, symptoms and histological findings

Термин	Локализация	Симптомы	Клиника	Гистопатология
Тендинопатия средней порции ахиллова сухожилия (Mid-portion Achilles tendinopathy)	2–7 см от прикрепления ахиллова сухожилия к пяточной кости	Комбинация боли, отека и нарушения функции	Диффузный или локальный отек	Тендиноз, включающий дегенеративные изменения в сухожилии без клинических и гистологических признаков воспаления
Паратендопатия (острая)	Вокруг средней порции ахиллова сухожилия	Отек и гиперемия	Пальпируемая крепитация, отек	Отек и гиперемия паратенона с инфильтрацией клетками воспаления, возможно с фибринозным экссудатом, заполняющим пространство между сухожилием и его оболочкой
Паратендопатия (хроническая)	Вокруг средней порции ахиллова сухожилия	Боль при движениях	Крепитация и отек менее выражены	Паратенон утолщен вследствие фибринозного экссудата, выраженная пролиферация фибробластов, формирующих тяжи, соединяющие сухожилие, его оболочку и фасцию
Инсерционная тендинопатия ахиллова сухожилия	Место прикрепления ахиллова сухожилия к пяточной кости с образованием костных разрастаний на пяточной кости в структуре самого сухожилия	Боль, скованность, иногда отечность	Болезненность при пальпации прикрепления сухожилия в его средней части, отек пальпируем, как и сами костные выросты	Оссификация в месте перехода кости в сухожилие и местами разрывы структуры сухожилия вокруг костных разрастаний
Ретрокальканеарный бурсит	Сумка между передней поверхностью ахиллова сухожилия и задневерхним краем пяточной кости	Болезненная припухлость чуть выше пяточной кости	Болезненный отечность мягких тканей, медиально и латерально от сухожилия на уровне задневерхнего края пяточной кости	Стенки сумки имеют хрящевую структуру, а также дегенеративные изменения и кальцификацию с гипертрофией и скоплением жидкости в полости сумки. Как вариант бурса может иметь воспалительные явления, в том числе инфекционные
Поверхностный пяточный бурсит	Сумка между пяточной костью или ахилловым сухожилием и кожей	Визуально видное объемное мягкотканное разрастание позади пяточной кости (часто имеет место при ношении обуви с твердым задником)	Визуально видное, болезненное образование с измененным цветом кожи, чаще всего локализуется на заднелатеральной части пяточной кости, реже на задней и заднемедиальной	Вновь появившаяся адвентициальная бурса, появившаяся вследствие трения. Когда воспалена — гипертрофичные синовиальные ткани и жидкость

сторон от ахиллова сухожилия строго на уровне верхнезадней части пяточной кости. Достаточно часто задневерхний выступ пяточной кости можно визуализировать на рентгенограмме стопы в боковой проекции. Гистологически процесс характеризуется тем, что в стенках бурсы появляются дегенеративные изменения и/или очаги кальцификации с гипертрофией синовиальной оболочки и накоплением жидкости непосредственно в сумке [41]. Другой причиной возникновения этой патологии может стать системная артропатия или инфекция.

9. Поверхностный пяточный бурсит

Воспаление бурсы, находящейся между кожей и пяточной костью или ахилловым сухожилием, приводит к достаточно выраженному, плотному при пальпации отеку и изменению цвета кожи. Чаще всего этот процесс локализуется на заднелатеральной части пяточной кости, имеет связь с ношением обуви с твердым задником, при этом в большинстве случаев ахиллово сухожилие не участвует в патологическом процессе. При трении в этой бурсе начинает гипертрофироваться

синовиальная оболочка и повышается продукция синовиальной жидкости.

Надо отметить, что нередко можно встретить комбинации из вышеперечисленных патологий. Наиболее частыми из них является сочетание тендинопатии и паратендинопатии, а также комбинация ретрокальканеарного бурсита и инсерционной тендинопатии.

В настоящее время не существует единого унифицированного подхода к проблеме заболеваний ахиллова сухожилия, а отсутствие какой-либо

Вклад авторов:

Сорокин Евгений Петрович — идея, поиск научной литературы по теме, обобщение и анализ.

Середа Андрей Петрович — идея, поиск научной литературы по теме, обобщение и анализ.

Пашкова Екатерина Анатольевна — идея, поиск научной литературы по теме, обобщение и анализ.

Коновальчук Никита Сергеевич — идея, поиск научной литературы по теме, обобщение и анализ.

Фомичев Виктор Андреевич — поиск научной литературы по теме.

Чугаев Дмитрий Валерьевич — поиск научной литературы по теме.

Демьянова Ксения Андреевна — поиск научной литературы по теме.

Шулепов Дмитрий Александрович — поиск научной литературы по теме.

Список литературы

1. **Корнилов Н.В.** Травматология и ортопедия. СПб.: Гиппократ; 2005.
2. **Крупко И.Л.** Учебник травматологии и ортопедии. Ленинград: Издательство Военно-Медицинской академии им. С.М. Кирова; 1963.
3. **Мовшович И.А.** Оперативная ортопедия. Москва: Медицина; 1994.
4. **Шапошников Ю.Г.** Травматология и ортопедия. Руководство для врачей. Москва: Медицина; 1997.
5. **Корнилов Н.В., Грязнухин Э.Г.** Травматология и ортопедия. СПб.: Гиппократ; 2006.
6. **Ревенко Т.А., Гурьев В.Н., Шестерня Н.А.** Операции при травмах опорно-двигательного аппарата. Москва: Медицина; 1987.
7. **Новаченко Н.П.** Руководство по ортопедии и травматологии. Москва: Медицина; 1967.
8. **Черкес-Заде Д.И., Каменев Ю.Ф.** Хирургия стопы. Москва: Медицина; 2002.
9. **Грицюк А.А., Середа А.П.** Ахиллово сухожилие. Москва: Российская академия естественных наук; 2010.
10. **Coughlin M., Saltzman C., Anderson R., eds.** Mann's Surgery of the Foot and Ankle. 9th ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2007.
11. **McGlamry E.D., Southerland J.T.** McGlamry's Comprehensive Textbook of Foot and Ankle Surgery. 4th ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2012.
12. **Chou L.B., ed.** Orthopaedic Knowledge Update: Foot and Ankle. Wolters Kluwer Health; 2018.

информации в русскоязычной литературе приводит к путанице в терминологии, а соответственно к неправильной диагностике и лечению. Также это приводит к тому, что многие ортопеды предлагают свои классификации и решения, которые не являются идеальными и общепотребимыми. В данной ситуации заимствование иностранных терминов и классификаций может помочь унифицировать подходы к лечению больных, а в целом привести к интеграции российской науки в общемировую среду.

Authors' contributions:

Evgenii P. Sorokin — idea, searching for scientific literature on the topic, generalization and analysis.

Andrey P. Sereda — idea, searching for scientific literature on the topic, generalization and analysis.

Ekaterina A. Pashkova — idea, searching for scientific literature on the topic, generalization and analysis.

Nikita S. Konovalchuk — idea, searching for scientific literature on the topic, generalization and analysis.

Viktor A. Fomichev — searching for scientific literature on the topic.

Dmitrii V. Chugaev — searching for scientific literature on the topic.

Ksenia A. Demyanova — searching for scientific literature on the topic.

Dmitrii A. Shulepov — searching for scientific literature on the topic.

References

1. **Kornilov N.V.** Traumatology and orthopedics. St. Petersburg: Gippokrat Publ., 2005 (In Russ.).
2. **Krupko I.L.** Textbook of traumatology and orthopedics. Leningrad: Publishing House of the Military Medical Order of Lenin Academy. S.M. Kirov; 1963 (In Russ.).
3. **Movshovich I.A.** Orthopedic surgery. Moscow: Medicina Publ.; 1994 (In Russ.).
4. **Shaposhnikov Y.G.** Traumatology and orthopedics. Moscow: Medicina Publ.; 1997 (In Russ.).
5. **Kornilov N.V., Gryaznuhin E.G.** Traumatology and orthopedics. St. Petersburg: Gippokrat Publ.; 2006 (In Russ.).
6. **Revenko T.A., Guryev V.N., Shesternya N.A.** Operations for injuries of the musculoskeletal system. Moscow: Medicina Publ.; 1987 (In Russ.).
7. **Novachenko N.P.** Textbook of orthopedics and traumatology. Moscow: Medicina Publ.; 1967 (In Russ.).
8. **Cherkes-Zade D.I., Kamenev Y.F.** Foot surgery. Moscow: Medicina Publ.; 2002 (In Russ.).
9. **Gricyuk A.A., Sereda A.P.** Achilles tendon. Moscow: Russian Academy of Natural Sciences; 2010 (In Russ.).
10. **Coughlin M., Saltzman C., Anderson R., eds.** Mann's Surgery of the Foot and Ankle. 9th ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2007.
11. **McGlamry E.D., Southerland J.T.** McGlamry's Comprehensive Textbook of Foot and Ankle Surgery. 4th ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2012.
12. **Chou L.B., ed.** Orthopaedic Knowledge Update: Foot and Ankle. Wolters Kluwer Health; 2018.

13. **Jung H.-G.**, ed. Foot and Ankle Disorders. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2016. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-54493-4>
14. **Altchek D.W.**, ed. Foot and Ankle Sports Medicine. Lippincott Williams & Wilkins; 2012.
15. **van Dijk C.N.** Ankle Arthroscopy. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2014. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-35989-7>
16. **Raynal E.** Cellulite peritendineuse du tendon d'Achille. Arch. Gen. Med. 1883;11:677-689.
17. **Schanz A.** Eine typische Erkrankung der Achillessehne. Zentralbl. Chir. 1905;32:1289-1291 (In German).
18. **Albert E.** Achillodynie. Wien. Med. Press. 1893;34:41-43.
19. **Rossler A.** Zur Kenntniss der Achillodynie. Deutsch Ztschr f Chir. 1895;52:274-291 (In German).
20. **Lipscomb P.R.** Tendons: nonsuppurative tenosynovitis and paratendinitis. Instr. Course Lect. 1950;7:254-261.
21. **Perugia L., Ippolito E., Postacchini F.** A new approach to the pathology, clinical features and treatment of stress tendinopathy of the Achilles tendon. Ital. J. Orthop. Traumatol. 1976;2(1):5-21.
22. **Родоманова Л.А., Кочиш А.Ю., Романов Д.В., Валетова С.В.** Способ хирургического лечения пациентов с повторными разрывами Ахиллова сухожилия. Травматология и ортопедия России. 2010;(3):126-130. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2010-0-3-126-130>
23. **Puddu G., Ippolito E., Postacchini F.** A classification of Achilles tendon disease. Am. J. Sports Med. 1976;4(4):145-150. <https://doi.org/10.1177/036354657600400404>
24. **Clain M.R., Baxter D.E.** Achilles tendinitis. Foot Ankle. 1992;13(8):482-487. <https://doi.org/10.1177/107110079201300810>
25. **Maffulli N., Khan K.M., Puddu G.** Overuse tendon conditions: time to change a confusing terminology. Arthroscopy. 1998;14(8):840-843. [https://doi.org/10.1016/s0749-8063\(98\)70021-0](https://doi.org/10.1016/s0749-8063(98)70021-0)
26. **Haglund P.** Beitrag zur Klinik der Achillessehne. Zeitschr. Orthop. Chir. 1928;49:49-58.
27. **Painter C.F.** Inflammation of the post-calcaneal bursa associated with exostosis. J. Bone Joint Surg. Am. 1898;11(s1):169-180.
28. **Dickinson P.H., Coutts M.B., Woodward E.P., Handler D.** Tendo Achillis bursitis. Report of twenty-one cases. J. Bone Joint Surg. Am. 1966;48(1):77-81.
29. **Карданов А.А., Буали Н.М., Русанова В.В., Непомнящий И.С.** Результаты хирургического лечения болезни Хаглунда. Травматология и ортопедия России. 2013;(1):67-71. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2013--1-67-71>
30. **Pavlov H., Heneghan M.A., Hersh A., Goldman A.B., Vigorita V.** The Haglund syndrome: initial and differential diagnosis. Radiology. 1982;144(1):83-88. <https://doi.org/10.1148/radiology.144.1.7089270>
31. **Vega M.R., Cavolo D.J., Green R.M., Cohen R.S.** Haglund's deformity. J. Am. Podiatr. Med. Assoc. 1984;74(3):129-135. <https://doi.org/10.7547/87507315-74-3-129>
32. **Biyani A., Jones D.A.** Results of excision of calcaneal prominence. Acta Orthop. Belg. 1993;59(1):45-49.
33. **Le T.A., Joseph P.M.** Common exostectomies of the rear-foot. Clin. Podiatr. Med. Surg. 1991;8(3):601-623.
34. **Серёда А.П., Белякова А.М.** Классификация синдрома (деформации) Хаглунда. Травматология и ортопедия России. 2019;25(2):83-98. DoI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-83-98
35. **Sella E.J., Caminear D.S., McLarney E.A.** Haglund's syndrome. J. Foot Ankle Surg. 1997;37(2):110-114. [https://doi.org/10.1016/s1067-2516\(98\)80089-6](https://doi.org/10.1016/s1067-2516(98)80089-6)
13. **ung H.-G.**, ed. Foot and Ankle Disorders. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2016. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-54493-4>
14. **Altchek D.W.**, ed. Foot and Ankle Sports Medicine. Lippincott Williams & Wilkins; 2012.
15. **van Dijk C.N.** Ankle Arthroscopy. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2014. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-35989-7>
16. **Raynal E.** Cellulite peritendineuse du tendon d'Achille. Arch. Gen. Med. 1883;11:677-689.
17. **Schanz A.** Eine typische Erkrankung der Achillessehne. Zentralbl. Chir. 1905;32:1289-1291 (In German).
18. **Albert E.** Achillodynie. Wien. Med. Press. 1893;34:41-43.
19. **Rossler A.** Zur Kenntniss der Achillodynie. Deutsch Ztschr f Chir. 1895;52:274-291 (In German).
20. **Lipscomb P.R.** Tendons: nonsuppurative tenosynovitis and paratendinitis. Instr. Course Lect. 1950;7:254-261.
21. **Perugia L., Ippolito E., Postacchini F.** A new approach to the pathology, clinical features and treatment of stress tendinopathy of the Achilles tendon. Ital. J. Orthop. Traumatol. 1976;2(1):5-21.
22. **Rodomanova L.A., Kochish A.Y., Romanov D.V., Valetova S.V.** Method of surgical treatment of patients with recurrent Achilles tendon ruptures. Traumatology and Orthopedics of Russia. 2010;(3):126-130 (In Russ.). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2010-0-3-126-130>
23. **Puddu G., Ippolito E., Postacchini F.** A classification of Achilles tendon disease. Am. J. Sports Med. 1976;4(4):145-150. <https://doi.org/10.1177/036354657600400404>
24. **Clain M.R., Baxter D.E.** Achilles tendinitis. Foot Ankle. 1992;13(8):482-487. <https://doi.org/10.1177/107110079201300810>
25. **Maffulli N., Khan K.M., Puddu G.** Overuse tendon conditions: time to change a confusing terminology. Arthroscopy. 1998;14(8):840-843. [https://doi.org/10.1016/s0749-8063\(98\)70021-0](https://doi.org/10.1016/s0749-8063(98)70021-0)
26. **Haglund P.** Beitrag zur Klinik der Achillessehne. Zeitschr. Orthop. Chir. 1928;49:49-58.
27. **Painter C.F.** Inflammation of the post-calcaneal bursa associated with exostosis. J. Bone Joint Surg. Am. 1898;11(s1):169-180.
28. **Dickinson P.H., Coutts M.B., Woodward E.P., Handler D.** Tendo Achillis bursitis. Report of twenty-one cases. J. Bone Joint Surg. Am. 1966;48(1):77-81.
29. **Kardanov A.A., Bualy N.M., Rusanova V.V., Nepomyaschiy I.S.** Results of surgical treatment of haglund's disease. Traumatology and Orthopedics of Russia. 2013;(1):67-71 (In Russ.). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2013--1-67-71>
30. **Pavlov H., Heneghan M.A., Hersh A., Goldman A.B., Vigorita V.** The Haglund syndrome: initial and differential diagnosis. Radiology. 1982;144(1):83-88. <https://doi.org/10.1148/radiology.144.1.7089270>
31. **Vega M.R., Cavolo D.J., Green R.M., Cohen R.S.** Haglund's deformity. J. Am. Podiatr. Med. Assoc. 1984;74(3):129-135. <https://doi.org/10.7547/87507315-74-3-129>
32. **Biyani A., Jones D.A.** Results of excision of calcaneal prominence. Acta Orthop. Belg. 1993;59(1):45-49.
33. **Le T.A., Joseph P.M.** Common exostectomies of the rear-foot. Clin. Podiatr. Med. Surg. 1991;8(3):601-623.
34. **Sereda A.P., Belyakova A.M.** [classification for Haglund's Syndrome (Deformity)]. Travmatologiya i ortopediya Rossii [Traumatology and orthopedics of Russia]. 2019;25(2):83-98. (In Russian). DoI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-83-98
35. **Sella E.J., Caminear D.S., McLarney E.A.** Haglund's syndrome. J. Foot Ankle Surg. 1997;37(2):110-114. [https://doi.org/10.1016/s1067-2516\(98\)80089-6](https://doi.org/10.1016/s1067-2516(98)80089-6)

36. **Whitmore I.** Terminologia anatomica: new terminology for the new anatomist. *Anat. Rec.* 1999;257(2):50–53. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0185\(19990415\)257:2<50::AID-AR4>3.0.CO;2-W](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0185(19990415)257:2<50::AID-AR4>3.0.CO;2-W)

37. **van Dijk C.N., van Sterkenburg M.N., Wiegerinck J.I., Karlsson J., Maffulli N.** Terminology for Achilles tendon related disorders. *Knee Surg. Sports. Traumatol. Arthrosc.* 2011;19(5):835–841. <https://doi.org/10.1007/s00167-010-1374-z>

38. **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.

39. **Paavola M., Järvinen T.A.H.** Paratendinopathy. *Foot Ankle Clin.* 2005;10(2):279–292. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2005.01.008>

40. **Rufai A., Ralphs J.R., Benjamin M.** Structure and histopathology of the insertional region of the human Achilles tendon. *J. Orthop. Res.* 1995;13(4):585–593. <https://doi.org/10.1002/jor.1100130414>

41. **Stephens M.M.** Haglund's deformity and retrocalcaneal bursitis. *Orthop. Clin. North Am.* 1994;25(1):41–46.

36. **Whitmore I.** Terminologia anatomica: new terminology for the new anatomist. *Anat. Rec.* 1999;257(2):50–53. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0185\(19990415\)257:2<50::AID-AR4>3.0.CO;2-W](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0185(19990415)257:2<50::AID-AR4>3.0.CO;2-W)

37. **van Dijk C.N., van Sterkenburg M.N., Wiegerinck J.I., Karlsson J., Maffulli N.** Terminology for Achilles tendon related disorders. *Knee Surg. Sports. Traumatol. Arthrosc.* 2011;19(5):835–841. <https://doi.org/10.1007/s00167-010-1374-z>

38. **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.

39. **Paavola M., Järvinen T.A.H.** Paratendinopathy. *Foot Ankle Clin.* 2005;10(2):279–292. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2005.01.008>

40. **Rufai A., Ralphs J.R., Benjamin M.** Structure and histopathology of the insertional region of the human Achilles tendon. *J. Orthop. Res.* 1995;13(4):585–593. <https://doi.org/10.1002/jor.1100130414>

41. **Stephens M.M.** Haglund's deformity and retrocalcaneal bursitis. *Orthop. Clin. North Am.* 1994;25(1):41–46.

Информация об авторах:

Сорокин Евгений Петрович*, к.м.н., врач — травматолог-ортопед, заведующий отделением № 15, научный сотрудник, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Россия, 195427, Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, 8. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9948-9015> (sorokinortoped@gmail.com)

Середа Андрей Петрович, д.м.н., заместитель директора по инновациям и развитию, профессор кафедры травматологии и ортопедии, Академия постдипломного образования, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Россия, 195427, Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, 8. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7500-9219> (drsereda@gmail.com)

Пашкова Екатерина Анатольевна, аспирант, врач — травматолог-ортопед, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Россия, 195427, Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, 8. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3198-9985> (caterinapashkova@yandex.ru)

Коновальчук Никита Сергеевич, к.м.н., врач — травматолог-ортопед, лаборант-исследователь, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Россия, 195427, Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, 8. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2762-816X> (konovalchuk91@gmail.com)

Фомичев Виктор Андреевич, врач — травматолог-ортопед, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Россия, 195427, Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, 8. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0864-0171> (fomichef@mail.ru)

Чугаев Дмитрий Валерьевич, к.м.н., научный сотрудник, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Россия, 195427, Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, 8. ORCID: 0000-0001-5127-5088 (dr.chugaev@gmail.com)

Демьянова Ксения Андреевна, ординатор, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Россия, 195427, Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, 8. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2239-2792> (ksunyablack@yandex.ru)

Шулепов Дмитрий Александрович — к.м.н., врач — травматолог-ортопед, мл. научный сотрудник, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Россия, 195427, Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, 8. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6297-0710> (Dr.shulepov@gmail.com)

Information about the authors:

Evgenii P. Sorokin*, M.D., Ph.D. (Medicine), Orthopedic Surgeon, Chief of Department 15, Research Institute of Traumatology and Orthopedics named after R.R. Vreden, 8 Akademika Baikova str., St. Petersburg, 195427, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9948-9015> (sorokinortoped@gmail.com)

Andrey P. Sereda, M.D., D.Sc. (Medicine), Orthopedic Surgeon, Research Institute of Traumatology and Orthopedics named after R.R. Vreden, 8 Akademika Baikova str., St. Petersburg, 195427, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7500-9219> (drsereda@gmail.com)

Ekaterina A. Pashkova, M.D., postgraduate student, Orthopedic Surgeon, Research Institute of Traumatology and Orthopedics named after R.R. Vreden, 8 Akademika Baikova str., St. Petersburg, 195427, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3198-9985> (caterinapashkova@yandex.ru)

Nikita S. Konovalchuk, M.D., Ph.D. (Medicine), Orthopedic Surgeon, Researcher, Research Institute of Traumatology and Orthopedics named after R.R. Vreden, 8 Akademika Baikova str., St. Petersburg, 195427, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2762-816X> (konovalchuk91@gmail.com)

Viktor A. Fomichev, M.D., Orthopedic Surgeon, Research Institute of Traumatology and Orthopedics named after R.R. Vreden, 8 Akademika Baikova str., St. Petersburg, 195427, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0864-0171> (fomichef@mail.ru)

Dmitrii V. Chugaev, M.D., Ph.D. (Medicine), Orthopedic Surgeon, Chief of Department 15, Research Institute of Traumatology and Orthopedics named after R.R. Vreden, 8 Akademika Baykova str., St. Petersburg, 195427, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5127-5088> (dr.chugaev@gmail.com)

Ksenia A. Demyanova, resident student, Research Institute of Traumatology and Orthopedics named after R.R. Vreden, 8 Akademika Baykova str., St. Petersburg, 195427, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2239-2792> (ksunyablack@yandex.ru)

Dmitrii A. Shulepov, M.D., Ph.D. (Medicine), Orthopedic Surgeon, Researcher, Research Institute of Traumatology and Orthopedics named after R.R. Vreden, 8 Akademika Baykova str., St. Petersburg, 195427, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6297-0710> (Dr.shulepov@gmail.com)

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.2>

УДК: 612.3

Тип статьи: Обзор литературы / Review



Влияние микронутриентов на показатели зрительных функций у спортсменов: ретроспективный анализ актуальных статей

И.Б. Медведев, Ш.А. Алиева*, М.В. Гусаков, Н.И. Медведева, Н.Н. Дергачёва

ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Глаза, как и другие органы человека, испытывают существенный дефицит питательных веществ при чрезмерных нагрузках, что может резко отразиться на показателях зрительных функций и, соответственно, качестве жизни и тренировок спортсмена.

В данной статье определена зависимость между состоянием органа зрения и спортивными результатами. Также представлен обзор последних научных исследований, касающихся влияния биологически значимых микронутриентов на функции зрительного анализатора, с примерами продуктов, способствующих улучшению зрительных функций.

Ключевые слова: орган зрения, острота зрения, витамины, микронутриенты, каротиноиды, спортсмены

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Медведев И.Б., Алиева Ш.А., Гусаков М.В., Медведева Н.И., Дергачёва Н.Н. Влияние микронутриентов на показатели зрительных функций у спортсменов: ретроспективный анализ актуальных статей. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(2):60–66. <https://doi.org/10.47529/22232524.2022.2.2>

Поступила в редакцию: 15.07.2022

Принята к публикации: 15.09.2022

Online first: 16.09.2022

Опубликована: 30.09.2022

* Автор, ответственный за переписку

The impact of micronutrients on athletes' vision: a retrospective analysis of relevant articles

Igor B. Medvedev¹, Shirin A. Alieva^{1,*}, Michail V. Gusakov¹, Natalia I. Medvedeva¹, Nadezhda N. Dergacheva¹

¹Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

ABSTRACT

The eyes, like other human organs, are deficient in nutrients during over-training, which can affect visual acuity and, accordingly, the quality of training.

This article defines the importance of the organ of vision for sports results. It also provides an overview of the latest scientific research on the impact of biologically significant micronutrients on the functions of the visual analyzer with examples of products that help improve visual functions.

Keywords: organ of vision, visual acuity, nutrients, vitamins, carotenoids, athletes

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

For citation: Medvedev I.B., Alieva S.A., Gusakov M.V., Medvedeva N.I., Dergacheva N.N. The impact of micronutrients on athletes' vision: a retrospective analysis of relevant articles. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(2):60–66. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.2>

Received: 15 July 2022

Accepted: 15 September 2022

Online first: 16 September 2022

Published: 30 September 2022

*Corresponding author

На сегодня роль органа зрения в выступлениях спортсменов остается крайне недооцененной. Зрение наряду со скоростью и силой — критически важное составляющее успеха спортивных соревнований. Острота зрения, способность действовать и отвечать на объекты в поле зрения оказывают непосредственное влияние на результаты.

Основные показатели зрительных функций, наиболее важные для спортсмена:

острота зрения — при снижении данного показателя спортсмен может не воспринимать некоторые элементы (например, траекторию вращения мяча);

контрастность — способность разделять объекты, имеющие различные цвета (например, темный круг на фоне белой мишени в биатлоне);

способность в короткие сроки возобновлять адекватную зрительную функцию после вспышек света или бликов (например, при игре на стадионе с большим количеством яркого искусственного освещения);

скорость обработки зрительной информации, которая включает в себя время, затрачиваемое на восприятие органом зрения, перенос информации в головной мозг и формирование соответствующей ответной реакции. Данный показатель может быть уменьшен с помощью специальных тренировок;

состояние слезной пленки на поверхности глаза — под воздействием таких внешних факторов, как сильный ветер, яркое освещение, сухой воздух в помещении, возможно появление чувства сухости, песка в глазах, что может вызвать ощущение дискомфорта у спортсмена и снижение результативности.

Одним из первостепенных шагов в улучшении зрительной функции является нормализация питания спортсмена. К примеру, благоприятным эффектом обладают витамины А, С и Е, цинк, селен и лютеин, которые обеспечивают защиту от возрастных изменений кристаллина хрусталика и структур сетчатки (катаракта и ВМД). Продукты, содержащие омега-3 жирные кислоты, предотвращают появление синдрома сухого глаза, а такие нутриенты, как лютеин, зеаксантин, бета-каротин, защищают сетчатку от воздействия солнечного излучения.

В данной работе представляем анализ научных статей, в которых было изучено влияние отдельных витаминов и микроэлементов на зрительные функции (и снижение риска отдельных патологий), а также подбираем оптимальные суточные дозы для реализации максимальных эффектов нутриентов.

1. Витамин С

На базе Оклендского университета группа молодых ученых (Lim и соавт.) провела исследование о влиянии витамина С на патогенез формирования катаракты, а также детально, опираясь на научные исследования, улучшила понимание механизмов, участвующих в доставке и поглощении антиоксидантов хрусталиком [1].

В целом благоприятное влияние витамина С на профилактику развития катаракты не было доказано в связи с большим количеством изменчивых переменных в исследованиях, но были отмечены важные особенности аскорбиновой кислоты, влияющие на протекцию глаза.

Во-первых, следует сказать, что концентрация витамина С в водянистой влаге, стекловидном теле и хрусталике превышает его концентрацию в плазме крови в 20–70 раз. Предполагается, что окислительный стресс, вызванный ультрафиолетовым излучением, нивелируется под действием витамина С, который также участвует в обмене витамина Е и глутатиона, тем самым потенцируя антиоксидантный эффект.

Во-вторых, в отличие от большинства живых существ, люди не способны синтезировать витамин С эндогенно. У человека превращение l-гулоно-γ-лактона в витамин С с участием фермента гулонолактоноксидазы нефункционально из-за накопления некоторых мутаций, влияющих на этот фермент. В связи с этим важным аспектом является обеспечение потребления продуктов, содержащих аскорбиновую кислоту в должном количестве.

Необходимо понимать, что при развитии патологических состояний или потреблении в высоких дозах витамин С в присутствии окислительно-активных ионов (например, железо или медь) может действовать как прооксидант, способствуя образованию гидроксирадикалов, что приводит к значительному окислительному повреждению [2]. Это означает, что витамин С, являясь антиоксидантом в физиологических условиях, может выполнять роль прооксиданта в патологических условиях. Поэтому перед приемом добавок необходима консультация врача.

2. Витамин Е

Результаты проведенных исследований не показали прямой зависимости между уровнем витамина Е в крови и риском развития возрастной катаракты или глаукомы. На сегодня роль токоферола в отношении профилактики вышеуказанных заболеваний остается до конца не изученной и нуждается в дальнейшем тщательном рассмотрении [3, 4].

3. Витамин D

В условиях постоянного воздействия агрессивных факторов окружающей среды (снег, ветер, УФ-излучение, высокие и низкие температуры, высокоинтенсивное искусственное освещение) на глазную поверхность у спортсменов важным остается вопрос поддержания целостности и нормального функционирования слезной пленки.

Витамин D — это жирорастворимый витамин, который человек получает с продуктами питания или через синтез в кожных покровах после воздействия солнечного света.

Витамин D играет иммуномодулирующую роль, подавляя ответы как Th1-, так и Th2-лимфоцитов. Кроме

того, он регулирует клеточную пролиферацию, дифференцировку и апоптоз, тем самым усиливая барьерные функции эпителия роговицы. Стимулируя производство поверхностно-активных веществ, он способствует формированию липидного компонента слезной пленки, тем самым стабилизируя состояние глазной поверхности [5]. Наконец, он модулирует системную абсорбцию кальция, которая играет решающую роль в поддержании секреции жидкости как в слюнных, так и в слезных железах [6]. Сывороточные уровни витамина D показали значимые корреляции с продукцией слезы, стабильностью слезной пленки и выраженностью симптомов синдрома сухого глаза (ССГ) [7].

Исходя из этих предположений, витамин D был определен как потенциальное средство терапии ССГ. Yang и соавт. в своем исследовании определили значительное сокращение степени выраженности симптомов сухого глаза, улучшение показателей пробы Норна и Ширмера после 2 месяцев приема добавок витамина D [8]. Кроме того, было установлено, что эффект слезозаместительной терапии зависит от уровня этого витамина в сыворотке крови и дополнительный прием в качестве добавки вызывает пропорциональное повышение ее эффективности [9].

4. Витамин А

Витамин А включает в себя ретинол (биологически активная форма), полученный из продуктов животного происхождения, и каротиноиды, из растений. Витамин А необходим для поддержания функций слизистых, процесса фототрансдукции сетчатки, метаболизма костей, репродуктивной функции и иммунной системы. В частности, витамин А участвует в метаболизме, росте и дифференцировке эпителия глазной поверхности [10].

Ранним клиническим проявлением дефицита витамина А является никталопия («куриная слепота»). На первых стадиях дефицита зрительные функции обычно нормализуются после введения дополнительной терапии [11]. Однако у пациентов с длительным дефицитом могут развиваться такие осложнения, как ороговение конъюнктивы (ксерофтальмия), эпителиопатия роговицы и изъязвление [12].

Согласно проведенным исследованиям, применение трансретиноевой кислоты привело к заметному повышению регенераторной способности поврежденного эпителия роговицы и конъюнктивы [13,14]. Это связано с обращением вспять процесса плоскоклеточной метаплазии, что задокументировано цитологией слепков конъюнктивы [13]. Кроме того, недавнее клиническое исследование показало, что кратковременное добавление в рацион витамина А у пациентов с ССГ улучшает качество слезы [15].

5. Макулярные каротиноиды: зеаксантин и лютеин

Зеаксантин и лютеин выполняют антиоксидантную функцию в сетчатке: защищают от повреждения

свободными радикалами и способствуют сохранению центрального зрения. Данные соединения поступают в организм с продуктами питания (красный перец, шпинат, листовая капуста Кале, базилик, паприка, желток яйца куриного), а зеаксантин также может быть синтезирован из лютеина.

Использование зеаксантина и лютеина для улучшения элементов зрительной функции имеет доказательную базу. Так, в исследовании Stuart P. Richer и соавт. было установлено, что употребление зеаксантина в течение 12 месяцев привело к повышению остроты зрения на 1,5 строчки. В других группах, принимавших лютеин и комбинацию зеаксантина и лютеина, — повышение остроты зрения произошло лишь на 1 строчку [16].

В исследовании Dong-Wouk Park и соавт. была доказана положительная корреляция между потреблением зеаксантина и контрастной чувствительностью в темноте. Также зеаксантин показал свою эффективность в отношении снижения раздражения от яркого света и бликов. Данную положительную корреляцию пронаблюдали и в группе пациентов, принимавших лютеин, который показал большую эффективность в сравнении с зеаксантином [17]. Полученные данные указывают на особую значимость макулярных каротиноидов для спортсменов, выступающих на открытых аренах с прямым воздействием УФ-излучения, множеством бликов, на воде, снегу и закрытых площадках с ярким высокоинтенсивным искусственным освещением. Высокая чувствительность к бликам и длительное восстановление зрительных функций после их воздействия приводят к росту числа ошибок, вероятности получить травму и снижению результативности спортсмена.

Сегодня невозможно представить жизнь без использования смартфонов. Именно поэтому стоит упомянуть исследование, касающееся пользы макулярных каротиноидов для людей, активно использующих телефон. При употреблении комбинации зеаксантина и лютеина в дозировке 24 мг/день были выявлены следующие эффекты: снижение субъективных жалоб на головные боли и блики в глазах после длительного использования смартфона, а также улучшение качества сна [18].

Отдельного упоминания заслуживает роль лютеина в профилактике и улучшения течения таких заболеваний глаза, как ВМД и катаракта. Например, в исследовании итальянских ученых CARMIS была выявлена следующая закономерность: в группе пациентов с ВМД, употреблявших лютеин в дозе 10 мг/день в течение года, наблюдалось снижение дисфункции в центральной сетчатке (по результатам мультифокальной электроретинограммы), а также повышение остроты зрения [19].

При изучении вопроса о подборе наиболее эффективной дозировки макулярного каротиноида были рассмотрены три исследования, в результатах которых наблюдалась следующая закономерность: ежедневное употребление 20 мг лютеина не оказывало большего

эффекта на зрительные функции в сравнении с группой, употреблявшей 10 мг/день [20, 21, 22].

6. Омега-3 и -6 жирные кислоты

Омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты (ЖК) являются фундаментальными структурными компонентами клеточных мембран, а также предшественниками синтеза многочисленных биологически активных веществ. Основные омега-3 ЖК включают короткоцепочечную альфа-линолевою кислоту (АЛК) и длинноцепочечную эйкозапентаеновую кислоту (ЭПК), докозапентаеновую кислоту (ДПК) и докозагексаеновую кислоту (ДГК). В то время как короткоцепочечные омега-3 ЖК получают из растительных источников, длинноцепочечные омега-3 ЖК получают из жирной рыбы и могут быть синтезированы путем удлинения короткоцепочечных ЖК. Биологическая активность полиненасыщенных жиров зависит также от соотношения потребления омега-6 и омега-3.

Недавние исследования, которые позволили понять внутренние механизмы разрешения воспаления, указали на роль резольвинов и протектинов, полученных из омега-3 ЖК, препятствующих инфильтрации лейкоцитов и усиливающих очистительную функцию макрофагов [23].

Резольвины продемонстрировали противовоспалительную активность на эпителиальных клетках роговицы человека *in vitro*. Кроме того, липооксигеназы роговицы синтезируют нейропротектин D1, производный от ДГК липидный медиатор с противовоспалительной, эпителиотрофической и нейропротекторной активностью [24].

Эффект добавок, содержащих омега-3 ЖК, может варьироваться в зависимости от подтипов ССГ. Например, у пациентов с дисфункцией мейбомиевых желез (ДМЖ) их эффективность может зависеть не только от противовоспалительной активности, но и от влияния на липидный состав.

В культивируемых эпителиальных клетках мейбомиевой железы человека воздействие омега-3 и омега-6 ЖК влияет на качество и количество внутриклеточных липидов [25].

В настоящее время изучается использование глазных капель, содержащих полиненасыщенные жирные кислоты. Исследование, оценивающее эффективность местного АЛК на мышинной модели с синдромом сухого глаза (ССГ), зафиксировало положительный эффект со снижением экспрессии CD11b+ клеток роговицы, IL-1α, TNF-α и конъюнктивального IL-1α, TNF-α, IFN-γ, IL-2, IL-6 и IL-10 [26].

Кроме того, местное введение линолевой кислоты, как было показано, повышает стабильность и распространение липидного слоя слезной пленки за счет повышения ее эластичности и сжимаемости [27]. Недавнее рандомизированное контролируемое исследование продемонстрировало более высокую эффективность

заменителя слезы, содержащего льняное масло и трегалозу, по сравнению с аналоговым заменителем без этих двух ингредиентов в улучшении признаков и симптомов ССГ [28].

7. Цинк

Цинк содержится в пигментном эпителии сетчатки (ПЭС) в составе антиоксидантного фермента — супероксиддисмутазы-1 (СОД1) и меланина [29].

Данный микроэлемент не синтезируется в организме человека, поэтому его необходимо получать экзогенно из пищи (к примеру, желток куриных яиц, морепродукты) или добавок.

Стоит упомянуть роль цинка в снижении риска развития осложнений возрастной макулярной дегенерации (ВМД): наблюдалось уменьшение неоваскулярных проявлений у пациентов с ВМД при суточном употреблении микроэлемента в объеме 9,6 мг [30].

8. Суточные дозы микроэлементов и примеры продуктов, улучшающих зрительные функции

Основываясь на данных метаанализов [19, 31], нами были выведены следующие суточные дозы для витаминов и микроэлементов, благодаря которым происходит снижение риска развития заболеваний глаз и поддержание оптимальных значений показателей органа зрения (см. табл. 1).

Необходимость использования витамина С, Е и цинка в дозах, превышающих значения, указанные нами, с целью достижения более выраженного позитивного эффекта требует дальнейшего изучения.

Коллектив авторов считает опасным увеличение макулярных каротиноидов выше указанной суточной дозировки, так как имеются статистические данные о риске развития рака легких при употреблении каротиноидов в высоких дозах [32].

Основываясь на представленных требованиях, в таблице 2 приведен примерный перечень продуктов, способствующих повышению уровня антиоксидантных витаминов и микроэлементов в организме, улучшению зрительных функций и снижению развития катаракты и ВМД у спортсменов [33].

Таблица 1

Суточные дозы для витаминов, поддерживающих физиологическое состояние органа зрения

Table 1

Daily vitamins doses that support the physiological state of the organ of vision

Микроэлемент	Суточная доза
Витамин С	114–120 мг
Витамин Е	13 мг
Макулярные каротиноиды	8–10 мг
Цинк	9,6–10 мг

Таблица 2

Примерный перечень продуктов, способствующих повышению уровня антиоксидантных витаминов и микроэлементов в организме, улучшению зрительных функции и снижению развития катаракты и ВМД у спортсменов

Table 2

An indicative products list that help to increase the level of antioxidant vitamins and trace elements in the body, improve visual function and reduce the development of cataracts and age-related macular degeneration in athletes

Название продукта	Содержание витамина С на 100 г продукта, мг	Содержание витамина Е на 100 г продукта, мг	Содержание каротина на 100 г продукта, мг	Содержание цинка на 100 г продукта, мг
Красный перец	250	0,67	2	0,44
Шпинат	55	2,5	4,5	0,53
Листовая капуста коллард	35,3	2,26	2	0,21
Лосось	1	1,8	-	1,5
Морковь	5	0,4	12	0,4
Батаг	23	2	0,3	0,3
Говядина, вырезка	-	0,57	-	3,24
Нут	4	0,82	0,09	2,86
Яичный желток куриный	-	2	0,21	3,11

Для улучшения личных результатов спортсменов требуется комплексный подход. Помимо стандартных тренировок в своем виде спорта необходимо работать над такими показателями, как острота зрения, скорость ответной реакции на визуальный раздражитель, контрастность и т. д.

В данной статье приведены результаты научных исследований, в которых отражена эффективность витаминов и микроэлементов в отношении достижения

максимальных показателей зрительных функций, снижения рисков развития глазных заболеваний. Также были определены приблизительные суточные дозы необходимых для спортсменов витаминов и приведены примеры продуктов с их высоким содержанием.

Все это подтверждает необходимость развития нового направления в спортивной медицине — спортивной офтальмологии с целью достижения высоких результатов, профилактики развития глазных заболеваний.

Вклад авторов:

Медведев Игорь Борисович — редактирование, утверждение финальной версии статьи.

Алиева Ширин Алиевна — сбор и обработка материала, написание текста статьи.

Гусаков Михаил Владимирович — сбор и обработка материала, написание текста статьи.

Медведева Наталья Игоревна — написание текста статьи, редактирование.

Дергачёва Надежда Николаевна — сбор и обработка материала, написание текста статьи.

Authors' contributions:

Igor B. Medvedev — editing, approval of the article final version.

Shirin A. Alieva — collection and processing of material, article text writing.

Mikhail V. Gusakov — collection and processing of material, article text writing.

Natalya I. Medvedeva — article text writing, editing.

Nadezhda N. Dergacheva — collection and processing of material, article text writing.

Список литературы / References

1. **Lim J. C., Arredondo M. C., Braakhuis J. A., Donaldson P.J.** Vitamin C and the Lens: New Insights into Delaying the Onset of Cataract. *Nutrients*. 2020;12(10):31–42. <https://doi.org/10.3390/nu12103142>
2. **Koppenol W.H. Hider R.H.** Iron and Redox Cycling. Do's and Don'ts. *Free Radic. Biol. Med.* 2019;133:3–10. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2018.09.022>
3. **Tanito M.** Reported evidence of vitamin E protection against cataract and glaucoma. *Free Radic. Biol. Med.* 2021;177(12):100–119. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2021.10.027>
4. **McNeil J. J., Robman L. G., Tikellis M.I., Sinclair C.A.** Vitamin E supplementation and cataract. *Ophthalmology*. 2004;111(1):75–84. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2003.04.009>

5. **Pellegrini M., Senni C., Bernabei F., Cicero A.F.G., Vagge A.** The Role of Nutrition and Nutritional Supplements in Ocular Surface Diseases. *Nutrients*. 2020;12(4): 952. <https://doi.org/10.3390/nu12040952>

6. **Hou Y.-C., Huang J.-Y., Yeh P.-T.** A randomized, double-blind, placebo-controlled study of oral antioxidant supplement therapy in patients with dry eye syndrome. *Clin. Ophthalmol.* 2016;10:813–820. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S106455>

7. **Jin K.W., Ro J.W., Shin Y.J., Hyon J.Y., Wee W.R.** Correlation of vitamin D levels with tear film stability and secretion in patients with dry eye syndrome. *Acta Ophthalmol.* 2016;95(3):230–235. <https://doi.org/10.1111/aos.13241>

8. **Yang C.-H., Albietz J., Harkin D.G., Kimlin M.G., Schmid K.L.** Impact of oral vitamin D supplementation on the ocular surface in people with dry eye and/or low serum vita-

min D. *Cont. Lens Anterior Eye*. 2017;41(1):69–76. <https://doi.org/10.1016/j.clae.2017.09.007>

9. **Hwang J.S., Hwang J.S., Lee Y.P., Shin Y.J.** Vitamin D Enhances the Efficacy of Topical Artificial Tears in Patients with Dry Eye Disease. *Cornea*. 2019;38(3):304–310. <https://doi.org/10.1097/ICO.0000000000001822>

10. **Tei M., Spurr-Michaud S.J., Tisdale A.S., Gipson I.K.** Vitamin A deficiency alters the expression of mucin genes by the rat ocular surface epithelium. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci*. 2000;41(1):82–88.

11. **Spits Y., De Laey J.-J., Leroy B.P.** Rapid recovery of night blindness due to obesity surgery after vitamin A repletion therapy. *Br. J. Ophthalmol*. 2004;88(4):583–585. <https://doi.org/10.1136/bjo.2003.022459>

12. **Lee W.B., Hamilton S.M., Harris J.P., Schwab I.R.** Ocular Complications of Hypovitaminosis A after Bariatric Surgery. *Ophthalmology*. 2005;112(6):1031–1034. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2004.12.045>

13. **Tseng S.C., Maumenee A.E., Stark W.J., Maumenee I.H., Jensen A.D., Green W.R., Kenyon K.R.** Topical Retinoid Treatment for Various Dry-eye Disorders. *Ophthalmology*. 1985;92(6):717–727. [https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(85\)33968-4](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(85)33968-4)

14. **Ohashi Y., Watanabe H., Kinoshita S., Hosotani H., Umemoto M.** Vitamin A Eyedrops for Superior Limbic Keratoconjunctivitis. *Am. J. Ophthalmol*. 1988;105(5):523–527. [https://doi.org/10.1016/0002-9394\(88\)90245-0](https://doi.org/10.1016/0002-9394(88)90245-0)

15. **Alanazi S.A., El-Hiti G.A., Al-Baloud A.A., Alfarhan M.I., Al-Shahrani A.** Effects of short-term oral vitamin A supplementation on the ocular tear film in patients with dry eye. *Clinical Ophthalmology*. 2019;13:599–604. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S198349>

16. **Richer P. S., Stiles W., Graham-Hoffman K., Levin M., Ruskin D.** Randomized, double-blind, placebo-controlled study of zeaxanthin and visual function in patients with atrophic age-related macular degeneration. *Optometry*. 2011;82(11):667–680. <https://doi.org/10.1016/j.optm.2011.08.008>

17. **Richer S., Park D.-W., Epstein R., Wrobel J. S., Thomas C.** Macular Re-pigmentation Enhances Driving Vision in Elderly Adult Males with Macular Degeneration. *Clin. Exp. Ophthalmol*. 2012;3(3):217–222. <https://doi.org/10.4172/2155-9570.1000217>

18. **Stringham J.M., Stringham N.T., O'Brien K. J.** Macular Carotenoid Supplementation Improves Visual Performance, Sleep Quality, and Adverse Physical Symptoms in Those with High Screen Time Exposure. *Foods*. 2017;6(7):47. <https://doi.org/10.3390/foods6070047>

19. **Parisi V., Tedeschi M., Gallinaro G., Varano M., Saviano S.** Carotenoids and antioxidants in age-related maculopathy italian study: multifocal electroretinogram modifications after 1 year. *Ophthalmology*. 2008;115(2):324–333. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2007.05.029>

20. **Stringham J.M., Stringham N.T.** Serum and retinal responses to three different doses of macular carotenoids over 12 weeks of supplementation. *Exp. eye res*. 2016;151:1–8. <https://doi.org/10.1016/j.exer.2016.07.005>

21. **Dawczynski J., Jentsch S., Schweitzer D., Hammer M., Lang G. E., Strobel J.** Long term effects of lutein, zeaxanthin and

omega-3-LCPUFAs supplementation on optical density of macular pigment in AMD patients: the LUTEGA study. *Graefes arch. clin. exp. ophthalmol*. 2013;251(12):2711–2723. <https://doi.org/10.1007/s00417-013-2376-6>

22. **Huang Y.-M., Dou H.-L., Huang F.-F., Xu X.-R., Zou Z.-Y.** Effect of supplemental lutein and zeaxanthin on serum, macular pigmentation, and visual performance in patients with early age-related macular degeneration. *Biomed. Res. Int.* 2015;2015: 564738. <https://doi.org/10.1155/2015/564738>

23. **Serhan C.N.** Novel Lipid Mediators and Resolution Mechanisms in Acute Inflammation. *Am. J. Ophthalmol*. 2010;177(4):1576–1591. <https://doi.org/10.2353/ajpath.2010.100322>

24. **Gronert K., Maheshwari N., Khan N., Hassan I.R., Dunn M.** A role for the mouse 12/15-lipoxygenase pathway in promoting epithelial wound healing and host defense. *J. biol. chem*. 2005;280(15):15267–15278. <https://doi.org/10.1074/jbc.M410638200>

25. **Liu Y., Kam W.R., Sullivan D.A.** Influence of Omega 3 and 6 Fatty Acids on Human Meibomian Gland Epithelial Cells. *Cornea*. 2016;35(8):1122–1126. <https://doi.org/10.1097/ICO.0000000000000874>

26. **Rashid S., Jin Y., Ecoiffier T., Barabino S., Schaumberg D.A.** Topical Omega-3 and Omega-6 Fatty Acids for Treatment of Dry Eye. *Arch. ophthalmol*. 2008;126(2):219–225. <https://doi.org/10.1001/archophthalmol.2007.61>

27. **Mudgil P.** Evaluation of use of essential fatty acids in topical ophthalmic preparations for dry eye. *The ocular surface*. 2020;18:74–79. <https://doi.org/10.1016/j.jtos.2019.10.001>

28. **Downie L.E., Hom M.M., Berdy G.J., El-Harazi S., Vrachert A.** An artificial tear containing flaxseed oil for treating dry eye disease: A randomized controlled trial. *Ocul. Surf*. 2020;18(1):148–157. <https://doi.org/10.1016/j.jtos.2019.11.004>

29. **Borovanský J.** Zinc in pigmented cells and structures, interactions and possible roles. *Sborník lékař ský*. 1994;95(4): 309–320.

30. **Fletcher A.E.** Free radicals, antioxidants and eye diseases: evidence from epidemiological studies on cataract and age-related macular degeneration. *Ophthalmic Res*. 2010;44(3):191–198. <https://doi.org/10.1159/000316476>

31. **Albanes D., Heinonen O.P., Huttunen J.K., Taylor P.R., Virtamo J.** Effects of alpha-tocopherol and beta-carotene supplements on cancer incidence in the Alpha-Tocopherol Beta-Carotene Cancer Prevention Study. *Am. J. Clin. Nutr*. 1995;62(6 Suppl):1427–1430. <https://doi.org/10.1093/ajcn/62.6.1427S>

32. **Omenn G.S., Thornquist M.D., Balmes J., Cullen M.R., Glass A.** Risk factors for lung cancer and for intervention effects in CARET, the Beta-Carotene and Retinol Efficacy Trial. *J. Natl. Cancer Inst*. 1996;88(21):1550–1559. <https://doi.org/10.1093/jnci/88.21.1550>

33. **Скурихин И.М., Тутельян В.А., ред.** Химический состав российских пищевых продуктов: справочник. Москва: ДеЛи принт; 2002.

34. **Skurikhina I.M., Tutel'yan V.A., eds.** Chemical composition of Russian food products: a reference book. Moscow: DeLi print Publ.; 2002 (In Russ.).

Информация об авторах:

Медведев Игорь Борисович, д.м.н., ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра офтальмологии ФДПО. Россия, 117997, г. Москва, ул. Островитянова, 1. SPIN-код: 5779-2406, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8111-0919> (7280033@mail.ru)

Алиева Ширин Алиевна*, студент 6-го курса, ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра офтальмологии ФДПО. Россия, 117997, г. Москва, ул. Островитянова, 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1453-0163> (shirin.aliewa@yandex.ru)

Гусаков Михаил Владимирович, студент 5-го курса, ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра офтальмологии ФДПО. Россия, 117997, г. Москва, ул. Островитянова, 1. SPIN-код: 8949-9300, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4447-5919> (gmiklv@gmail.com)

Медведева Наталья Игоревна, к.м.н., ассистент, ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра реабилитации, спортивной медицины и физической культуры педиатрического факультета. Россия, 117997, г. Москва, ул. Островитянова, 1. SPIN-код: 1949-5793, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9190-4632> (smirnula@yandex.ru)

Дергачева Надежда Николаевна, ассистент, ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра офтальмологии ФДПО. Россия, 117997, г. Москва, ул. Островитянова, 1. SPIN-код: 4932-0400, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3441-9072> (deb20052005@yandex.ru)

Information about the authors:

Igor B. Medvedev, M.D., Ph.D. (Medicine), Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov Medical University), Department of Ophthalmology. 1 Ostrovityanova str., Moscow, 117997, Russia. SPIN: 5779-2406, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8111-0919> (7280033@mail.ru)

Shirin A. Alieva*, 6th year student, Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov Medical University), Department of Ophthalmology. 1 Ostrovityanova str., Moscow, 117997, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1453-0163> (shirin.aliewa@yandex.ru)

Mikhail V. Gusakov, 5th year student, Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov Medical University), Department of Ophthalmology. 1 Ostrovityanova str., Moscow, 117997, Russia. SPIN: 8949-9300, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4447-5919> (gmiklv@gmail.com)

Natalya I. Medvedeva, Ph.D. (Medicine), Assistant, Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov Medical University), Department of Sports Medicine and Physical Culture, Faculty of pediatrics. 1 Ostrovityanova str., Moscow, 117997, Russia. SPIN: 1949-5793, ORCID: <https://orcid.org/00000002-9190-4632> (smirnula@yandex.ru)

Nadezhda N. Dergacheva, Assistant, Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov Medical University), Department of Ophthalmology. 1 Ostrovityanova str., Moscow, 117997, Russia. SPIN: 4932-0400, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3441-9072> (deb20052005@yandex.ru)

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.5>

УДК 612.821:612.766.1

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original article



Вариабельность сердечного ритма при скоростно-силовой нагрузке спортсменов после гиповентиляционной тренировки

Ю. Е. Вагин*, С.Я. Классина, Н.А. Фудин

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина», Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: изучить вариабельность сердечного ритма спортсменов при гиповентиляционной тренировке, обеспечивающей увеличение результата скоростно-силовой нагрузки.

Материалы и методы: спортсмены выполняли скоростно-силовую нагрузку руками на тренажере на фоне максимальной произвольной задержки дыхания до и после гиповентиляционной тренировки. Измеряли длительность задержки дыхания, количество силовых движений, параметры вариабельности сердечного ритма и электромиографии.

Результаты: после гиповентиляционной тренировки спортсменов в покое усилились парасимпатические влияния на сердечный ритм, что привело к увеличению общей мощности спектра сердечного ритма с 3201 ± 520 до 4047 ± 585 ms^2 , мощности низкой частоты спектра сердечного ритма — с 1458 ± 216 до 2055 ± 392 ms^2 и стандартного отклонения длительности смежных сердечных циклов — с 45 ± 5 до 52 ± 4 мс. При нагрузке на фоне максимальной произвольной задержки дыхания симпатические влияния усилились. Чем дольше была максимальная произвольная задержка дыхания, тем больше силовых движений совершали спортсмены.

Заключение: гиповентиляционные тренировки изменяли вагосимпатический баланс организма спортсменов, увеличивая их работоспособность и гипоксическую устойчивость.

Ключевые слова: задержка дыхания, гиповентиляционные тренировки, скоростно-силовая нагрузка

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Вагин Ю.Е., Классина С.Я., Фудин Н.А. Вариабельность сердечного ритма при скоростно-силовой нагрузке спортсменов после гиповентиляционной тренировки. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(2):67–72. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.5>

Поступила в редакцию: 04.12.2021

Принята к публикации: 15.07.2022

Online first: 01.08.2022

Опубликована: 30.09.2022

* Автор, ответственный за переписку

Heart rate variability during speed-strength load of athletes after hypoventilation training

Yuriy E. Vaguine*, Svetlana Ya. Klassina, Nikolay A. Fudin

P. K. Anokhin Research Institute of Normal Physiology, Moscow, Russia

ABSTRACT

Objective: to study the variability of the heart rate of athletes during hypoventilation training, which provides an increase in the result of speed-strength load.

Materials and methods: Athletes performed speed-strength load with their hands on a training apparatus against the background of maximum voluntary breath holding before and after hypoventilation training. The duration of breath holding, the number of power movements, parameters of heart rate variability and electromyography were measured.

Results: After hypoventilation training of athletes at rest, parasympathetic influences on the heart rate increased, which led to an increase in the total power of the heart rate spectrum from 3201 ± 520 to 4047 ± 585 ms^2 , the power of the low frequency of the heart rate spectrum from 1458 ± 216 to 2055 ± 392 ms^2 and the standard deviation of the duration of adjacent cardiac cycles from 45 ± 5 to 52 ± 4 ms. Sympathetic influences increased during exercise against the background of maximum voluntary breath holding. The longer maximum voluntary breath holding was, the more power movements the athletes performed.

Conclusion: Hypoventilation training changed the vagosympathetic balance of the athletes' body, increasing their performance and hypoxic resistance.

Keywords: breath holding, hypoventilation training, speed-power load

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

For citation: Vaguine Yu.E., Klassina S.Ya., Fudin N.A. Heart rate variability during speed-strength load of athletes after hypoventilation training. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(2):67–72. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.5>

Received: 4 December 2021

Accepted: 15 July 2022

Online first: 1 August 2022

Published: 30 September 2022

*Corresponding author

1. Введение

Одновременное применение в спорте физических и гиповентиляционных тренировок увеличивает гипоксическую устойчивость и работоспособность спортсменов при циклических физических нагрузках [1, 2]. Однако остаются неизученными функциональные изменения у спортсменов при скоростно-силовых нагрузках после курса гиповентиляционного дыхания.

Целью исследования было изучение возможности увеличения с помощью гиповентиляционной тренировки работоспособности спортсменов при скоростно-силовой нагрузке на фоне максимальной произвольной задержки внешнего дыхания и анализ вариабельности сердечного ритма спортсменов, связанной с увеличением устойчивости спортсменов к вентиляторной и двигательной гипоксии.

2. Материалы и методы

Протокол исследования был одобрен комитетом по биомедицинской этике ФГБНУ «НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина» и выполнен в соответствии с рекомендациями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации [3].

Контингент обследуемых спортсменов. Было обследовано 13 спортсменов, занимающихся физической культурой и спортом в рамках вузовской программы, в возрасте 18–22 лет. Все спортсмены не имели врачебных противопоказаний к физическим упражнениям и произвольным задержкам дыхания. Все спортсмены были проинформированы о последовательности действий при исследовании и дали письменное согласие на участие в исследовании.

Дизайн исследования. Исследование состояло из нескольких этапов. Перед началом исследования у спортсменов в положении сидя регистрировали артериальное давление, уровень сатурации артериальной крови кислородом и субъективное самочувствие по вопроснику Sam. Электрокардиограмму (ЭКГ) регистрировали во 2-м стандартном отведении в течение 5 минут на компьютерном электрокардиографе «Поли-Спектр-8» фирмы «Нейрософт» с последующим анализом вариабельности сердечного ритма. Для определения исходной гипоксической устойчивости у спортсменов измеряли длительность максимальной произвольной задержки дыхания (ЗД).

Далее спортсмены выполняли силовые упражнения на многофункциональном силовом тренажере

SportEliteSE-3000–45 на фоне максимальной произвольной ЗД. Спортсмены в положении сидя брали руками рукоятки тренажера и с усилием сводили эти рукоятки перед собой, сгибая руки в локтевых суставах и вытягивая груз 7,5 кг. Затем они пассивно разводили согнутые в локтях руки в стороны. Такие движения руками используют в спорте для увеличения силы больших грудных мышц, трапециевидных мышц спины и дельтовидных мышц плеч. Спортсмены должны были выполнить максимальное количество движений руками за время максимальной произвольной ЗД. Предел физиологической возможности спортсменов выполнять физическую нагрузку зависел от их способности длительно задерживать дыхание и времени утомления мышц при работе руками.

Силовые движения руками на фоне максимальной произвольной ЗД выполняли трехкратно с десятиминутными перерывами. Длительность максимальной произвольной ЗД и количество силовых движений руками регистрировали суммарно за три раза физической нагрузки на фоне максимальной произвольной ЗД. Во время выполнения движений руками регистрировали электромиограмму (ЭМГ) передней части правой дельтовидной мышцы при помощи компьютерного электромиографа «Синапс» фирмы «Нейротех» с последующим измерением частоты колебаний суммарной ЭМГ за последнюю минуту движений рук спортсменов [4]. После окончания силовой нагрузки повторно регистрировали и вычисляли исследуемые физиологические параметры.

Затем спортсменов обучали гиповентиляционному ритму дыхания в покое в положении сидя. Дыхание было спокойным и ритмичным с длительностью вдоха 1,2 с, выдоха 1,5 с и удлиненной паузой после выдоха в течение 5–10 с. Затем спортсмены самостоятельно проводили такую тренировку по 30 минут три раза в день. Длительность гиповентиляционной тренировки была от 7 до 28 дней, в среднем $13,9 \pm 1,8$ дня. После каждой тренировки спортсмены самостоятельно измеряли длительность максимальной произвольной ЗД и фиксировали результат в дневнике, обращая внимание на увеличение длительности ЗД. Исследователи проверяли длительность ЗД один раз в неделю, оценивая эффективность гиповентиляционной тренировки, и в случае необходимости давали дополнительные указания обследуемым. Гиповентиляционные тренировки спортсменов сочетали с занятиями физической культурой и спортом

в течение двух часов два раза в неделю в рамках вузовской программы.

После окончания гиповентиляционной тренировки у спортсменов регистрировали и вычисляли исследуемые физиологические параметры до и после трехкратной физической нагрузки и количество силовых движений руками на фоне максимальной произвольной ЗД при нагрузке, а также длительность этой ЗД.

Анализ variability сердечного ритма. После окончания исследования с помощью компьютерной программы «Нейрософт» вычисляли параметры variability сердечного ритма [5], которые позволяли оценить вагосимпатический баланс в организме [6]. При временном анализе сердечного ритма анализировали стандартное отклонение длительности смежных сердечных циклов (*SDNN*). Установлено, что значения *SDNN* характеризуют меру разброса длительностей смежных сердечных циклов. Величина *SDNN* отражает весь спектр циклических компонентов, ответственных за variability сердечного ритма. Величина *SDNN* прямо зависит от тонуса парасимпатической нервной системы и обратно — от тонуса симпатической нервной системы [7]. При спектральном анализе сердечного ритма вычисляли общую мощность спектра сердечного ритма (*TF*) и мощность низкой частоты спектра сердечного ритма (*LF*). Установлено, что величина *TF* отражает суммарную активность вегетативных воздействий на сердечный ритм. Величина *TF* однонаправленно изменяется с величиной *SDNN*, и увеличение величины *TF* связано с увеличением тонуса парасимпатической нервной системы [7, 8]. Величина *LF* зависит в основном от тонуса парасимпатической и частично симпатической нервной системы [8].

Статистический анализ. Полученные результаты обрабатывали с помощью параметрического пакета программы Statistica 10 компании Microsoft. В каждой группе спортсменов вычисляли средние арифметические величины и среднее квадратичное отклонение ($M \pm \sigma$) для каждого исследуемого параметра. Различия между средними величинами параметров оценивали по *t*-критерию Стьюдента, и они были при статистической значимости $p < 0,05$. Наличие корреляционной связи между параметрами двух вариационных рядов определяли по значению коэффициента линейной корреляции (r). Статистически значимая корреляционная связь была при значениях r больше вычисляемой критической величины r , зависящей от количества пар величин двух вариационных рядов.

3. Результаты исследования и их обсуждение

Длительность ЗД и работоспособность. После гиповентиляционной тренировки у спортсменов длительность максимальной произвольной ЗД увеличилась в покое на 88 ± 21 %. Увеличение максимальной произвольной длительности ЗД после гиповентиляционной тренировки имело прямую корреляционную

зависимость ($r = 0,71$) от величины ЗД до тренировки при статистически значимых величинах коэффициента корреляции $r > 0,55$. Следовательно, исходная гипоксическая устойчивость спортсменов определяла увеличение максимальной произвольной ЗД после гиповентиляционной тренировки. При физической нагрузке длительности максимальной произвольной ЗД увеличилась на 27 ± 8 %.

После гиповентиляционной тренировки у спортсменов также увеличилось количество силовых движений на фоне максимальной произвольной ЗД на 31 ± 12 %. Чем длительнее была максимальная произвольная ЗД, тем больше силовых движений совершали спортсмены (рис. 1). Количество силовых движений спортсменов также зависело ($r = 0,73$) от количества этих движений до тренировки при статистически значимых величинах коэффициента корреляции $r > 0,55$. Следовательно, исходные показатели гипоксической устойчивости и физической подготовки спортсменов прямо влияли на количество силовых движений при максимальной произвольной ЗД после гиповентиляционной тренировки.

TF, LF и SDNN. Исследователи variability сердечного ритма считают, что изменения величин *TF* и *SDNN* связаны с одинаковыми физиологическими процессами в организме [7, 8]. Есть предположение, что сходная динамика изменений может быть и у величины *LF* в некоторых функциональных состояниях организма [8]. Исходя из этих данных литературы, перед анализом этих параметров у спортсменов в ходе нашего исследования мы вычислили значения коэффициентов корреляции между этими параметрами во всех исследованных нами функциональных состояниях спортсменов. Оказалось, что имеется прямая корреляционная связь

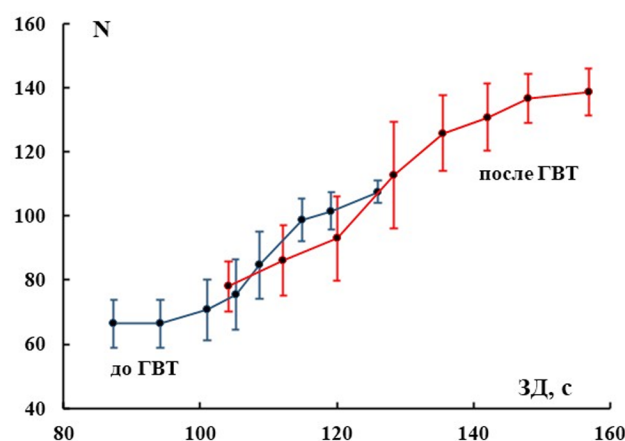


Рис. 1. Зависимость количества (N) силовых движений на фоне максимальной произвольной задержки дыхания (ЗД) у спортсменов от длительности ЗД при нагрузке до и после гиповентиляционной тренировки (ГВТ)

Fig. 1. Dependence of the number (N) of power movements against the background of the maximum voluntary breath holding (ЗД) in athletes on the duration of the ЗД under load before and after hypoventilation training

между величинами этих параметров. Коэффициент корреляции r между TF и $SDNN$ был равен 0,88, между LF и $SDNN$ — 0,7 и между TF и LF — 0,76 при статистически значимых величинах коэффициента корреляции больше $r > 0,28$.

До гиповентиляционной тренировки спортсменов в состоянии покоя величина TF была 3201 ± 520 мс², что соответствовало нормальной величине TF 3466 ± 1018 мс², характерной для здоровых людей в состоянии физического и эмоционального покоя, и суммарная активность вегетативных воздействий на сердечный ритм спортсменов была в пределах физиологической нормы [5]. Физическая нагрузка на фоне максимальной произвольной ЗД существенно не изменила величину TF , которая стала 3563 ± 968 мс².

После гиповентиляционной тренировки спортсменов в состоянии покоя величина TF статистически значительно увеличилась до 4047 ± 585 мс² (рис. 2). Одновременно увеличилась величина $SDNN$ с 45 ± 5 до 52 ± 4 мс. Увеличение величин TF и $SDNN$ произошло из-за уменьшения симпатических и увеличения парасимпатических влияний на сердечный ритм [7, 8] спортсменов в покое в результате гиповентиляционной тренировки.

После гиповентиляционной тренировки спортсменов физическая нагрузка на фоне максимальной произвольной ЗД привела к статистически значимому уменьшению величины TF до 2271 ± 399 мс² (рис. 2) и величины $SDNN$ до 39 ± 4 мс. При этом симпатические воздействия

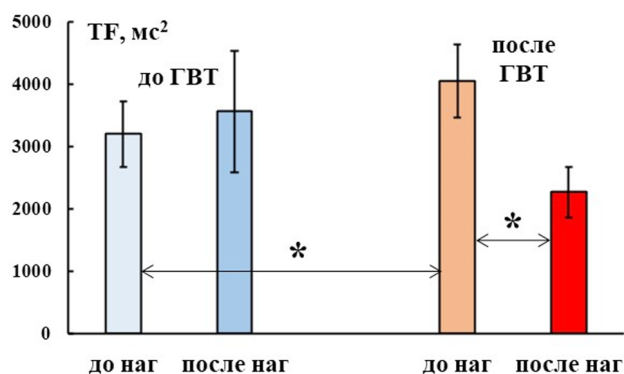


Рис. 2. Динамика величины общей мощности спектра сердечного ритма (TF , мс²) у спортсменов до и после гиповентиляционной тренировки (ГВТ) до и после физической нагрузки (наг) на фоне максимальной произвольной задержки дыхания

Примечание: * — статистически значимое отличие TF до нагрузки до и после ГВТ и до и после нагрузки после ГВТ при $p < 0,05$.
Fig. 2. Dynamics of the total power of the heart rate spectrum (TF , мс²) in athletes before and after hypoventilation training (до ГВТ, после ГВТ) before and after exercise (до наг, после наг) against the background of maximum voluntary breath holding

Note: * — statistically significant difference in TF before exercise before and after hypoventilation training and before and after exercise after hypoventilation training at $p < 0.05$.

на сердечный ритм усилились [7, 8], что характерно для действия физической нагрузки на вегетативный тонус организма тренированных спортсменов [2].

До гиповентиляционной тренировки спортсменов в состоянии покоя величина LF была 1458 ± 216 мс², что соответствовало нормальному значению величины LF 1170 ± 416 мс² для здоровых людей [5], и суммарная активность вегетативных воздействий на сердечный ритм спортсменов, оцениваемой по величине LF , была нормальной. Физическая нагрузка спортсменов на фоне максимальной произвольной ЗД существенно не изменила величину LF , которая стала 1233 ± 242 мс².

После гиповентиляционной тренировки спортсменов в состоянии покоя величина LF статистически значительно увеличилась до 2055 ± 392 мс² (рис. 3), что указывало на увеличение парасимпатических влияний на сердечный ритм [8]. При физической нагрузке на фоне максимальной произвольной ЗД величина LF статистически значительно уменьшилась до 772 ± 124 мс² (рис. 3). Это указывало на усиление симпатических воздействий на сердечный ритм [8], что способствовало увеличению работоспособности спортсменов при нагрузке [2].

Другие физиологические параметры. После гиповентиляционной тренировки частота колебаний суммарной ЭМГ увеличилась с 2986 ± 313 до 3088 ± 390 раз/мин, что было обусловлено увеличением частоты импульсов, которые проводятся к мышцам по эфферентным соматическим нервам от мотонейронов спинного мозга [4,

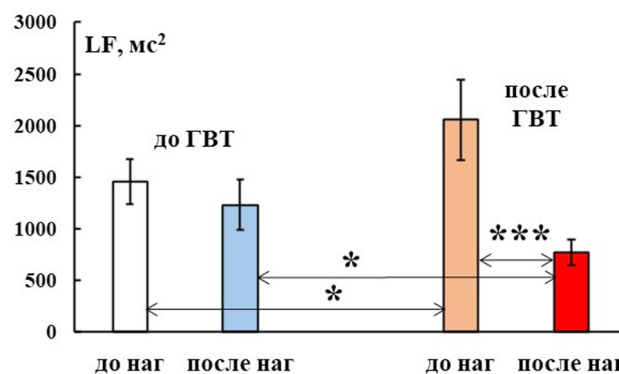


Рис. 3. Динамика мощности низкой частоты спектра сердечного ритма (LF , мс²) у спортсменов до и после гиповентиляционной тренировки (ГВТ) до и после физической нагрузки (наг) на фоне максимальной произвольной задержки дыхания

Примечание: * — статистически значимое отличие LF до нагрузки до и после ГВТ и после нагрузки до и после ГВТ при $p < 0,05$. *** — статистически значимое отличие LF до и после нагрузки после ГВТ при $p < 0,001$.

Fig. 3. Dynamics of the power of the low frequency of the heart rate spectrum (LF , мс²) in athletes before and after hypoventilation training (до ГВТ, после ГВТ) before and after exercise (до наг, после наг) against the background of maximum voluntary breath holding.

Note: * — statistically significant difference in LF before exercise before and after hypoventilation training and after exercise before and after hypoventilation training at $p < 0.05$. *** — statistically significant difference in LF before and after exercise after hypoventilation training at $p < 0.001$.

9]. Другие регистрируемые параметры (артериальное давление, сатурация артериальной крови кислородом, субъективное самочувствие) статистически не изменились, что указывало на отсутствие существенных изменений общего состояния спортсменов после гиповентиляционной тренировки.

4. Заключение

Гиповентиляционные тренировки увеличили вентиляционную и двигательную устойчивость спортсменов к гипоксии, а также повысили их работоспособность при скоростно-силовой нагрузке на фоне максимальной произвольной ЗД. Тренировка привела к увеличению парасимпатических влияний на сердечный ритм

Вклад авторов:

Вагин Юрий Евгеньевич — проведение исследования, сбор и анализ информации, написание текста статьи, редактирование.

Классина Светлана Яковлевна — проведение исследования, сбор и анализ информации.

Фудин Николай Андреевич — руководство исследованием.

в состоянии покоя, что снизило у спортсменов предстартовый стресс. После тренировки спортсменов физическая нагрузка на фоне максимальной произвольной ЗД проходила при увеличенном тоне симпатической нервной системы, что способствовало улучшению кровообращения в работающей скелетной мускулатуре. Тренировка оказывала положительное влияние на локомоторные функции спортсменов, способствуя увеличению работоспособности. Несколько физиологических параметров не изменились, что указывало на сохранение основных физиологических функций спортсменов на прежнем уровне в состоянии покоя, но при физической нагрузке у спортсменов увеличилась гипоксическая устойчивость и работоспособность.

Author' contributions:

Yuriy E. Vaguine — conducting research, information collection and analysis, text of the article writing, editing.

Svetlana Ya. Klassina — conducting research, information collection and analysis.

Nikolay F. Fudin — research leadership.

Список литературы

1. Фудин Н.А., Классина С.Я., Пигарева С.Н., Вагин Ю.Е. Гиповентиляционные тренировки в сочетании с физическими упражнениями и их влияние на функциональное состояние человека при физической работе до отказа. Спортивная медицина: наука и практика. 2018;8(1):32–38. <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2018.1.32>
2. Вагин Ю.Е., Зеленкова И.Е., Фудин Н.А. Функциональные изменения спортсменов при увеличивающихся прерывных задержках дыхания в ходе физической нагрузки. Наука и спорт: современные тенденции. 2018;20(3):6–11.
3. World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for medical research involving human subjects. JAMA. 2013;310(20):2191–2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
4. Fudin N.A., Klassina S.Ya., Pigareva S.N., Vagin Yu.E. Relationship between the parameters of muscular and cardiovascular systems in graded exercise testing in subjects doing regular exercises and sports. Human Physiology. 2015;41(4):412–419. <https://doi.org/10.1134/S0362119715040088>
5. Task force of the European society of cardiology and the North American society of pacing and electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurements, physiological interpretation, and clinical use. Circulation. 1996;93(5):1043–1065.
6. Ковалева А.В., Панова Е.Н., Горбачева А.К. Анализ variability ритма сердца и возможности его применения в психологии и психофизиологии. Современная зарубежная психология. 2013;(1):35–50.
7. Бокерия Л.А., Бокерия О.Л., Волковская И.В. Variability сердечного ритма: методы измерения, интерпретация, клиническое использование. Анналы аритмологии. 2009;(4):21–32.
8. Ходырев Г.Н., Хлыбова С.В., Циркин В.И., Дмитриева С.Л. Методические аспекты анализа временных и спектральных показателей variability сердечного ритма (обзор литературы). Вятский медицинский вестник. 2011;(3-4):60–70.

References

1. Fudin N.A., Klassina S.Ya., Pigareva S.N., Vagin Yu.E. Hypoventilation trainings combined with physical exercises and their influences on person's functional state in physical work to failure. Sports Medicine: Science and Practice. 2018;8(1):32–38. (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2018.1.32>
2. Vagin Yu.E., Zelenkova I.E., Fudin N.A. Functional alterations in athletes with increased interrupted breath-holdings during physical efforts. Nauka i Sport: sovremennye tendentsii = Science and Sports: Current Trends. 2018;20(3):6–11 (In Russ.).
3. World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for medical research involving human subjects. JAMA. 2013;310(20):2191–2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
4. Fudin N.A., Klassina S.Ya., Pigareva S.N., Vagin Yu.E. Relationship between the parameters of muscular and cardiovascular systems in graded exercise testing in subjects doing regular exercises and sports. Human Physiology. 2015;41(4):412–419. <https://doi.org/10.1134/S0362119715040088>
5. Task force of the European society of cardiology and the North American society of pacing and electrophysiology. Heart rate variability. standards of measurements, physiological interpretation, and clinical use. Circulation. 1996;93(5):1043–1065.
6. Kovaleva A.V., Panova E.N., Gorbachova A.K. Analysis of heart rate variability and possibility of its utilization in psychology and psychophysiology. Sovremennaya zarubezhnaya psikhologiya = Journal of Modern Foreign Psychology. 2013;(1):35–50 (In Russ.).
7. Bockeria L.A., Bockeria O.L., Volkovskaya I.V. Heart rate variability: measurement methods, interpretation, clinical use. Annaly aritmologii. 2009;(4):21–32 (In Russ.).
8. Khodyrev G.N., Khlbova S.V., Tsirkin V.I. Dmitrieva S.L. Methodological aspect of analysis of temporal and spectral parameters of heart rate variability. Vyatskii meditsinskii vestnik = Medical Newsletter of Vятka. 2011;(3-4):60–70 (In Russ.).

9. Xiaogang X., Rymer W.Z., Suresh N.L. Motor unit pool organization examined via spike-triggered averaging of the surface electromyogram. *J. Neurophysiology*. 2013;110(5):1205–1220. <https://doi.org/10.1152/jn.00301.2012>

9. Xiaogang X., Rymer W.Z., Suresh N.L. Motor unit pool organization examined via spike-triggered averaging of the surface electromyogram. *J. Neurophysiology*. 2013;110(5):1205–1220. <https://doi.org/10.1152/jn.00301.2012>

Информация об авторах:

Вагин Юрий Евгеньевич*, д.м.н., специалист лаборатории системных механизмов спортивной деятельности ФГБНУ «Научно-исследовательский институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина», Россия, 125009, Москва, Моховая ул., 11, к. 4. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0958-5610> (+7 (916) 839-24-53; yuvaguine@yandex.ru)

Классина Светлана Яковлевна, к.б.н., ведущий научный сотрудник лаборатории системных механизмов спортивной деятельности ФГБНУ «Научно-исследовательский институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина», Россия, 125009, Москва, Моховая ул., 11, к. 4. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7972-9600> (+7 (905) 547-62-34; klassina@mail.ru)

Фудин Николай Андреевич, д.б.н., профессор, член-корр. РАН, заведующий лабораторией системных механизмов спортивной деятельности ФГБНУ «Научно-исследовательский институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина», Россия, 125009, Москва, Моховая ул., 11, к. 4. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5511-7375> (+7 (903) 724-85-12; nphys@nphys.ru)

Information about the author:

Yuriy E. Vaguine*, M.D., D.Sc. (Medicine), specialist of the Laboratory of systemic mechanisms of sports activity P. K. Anokhin Research Institute of Normal Physiology, 22(1)–204 11/4 Mokhovaya str., Moscow, 125009, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0958-5610> (+7 (916) 839-24-53; yuvaguine@yandex.ru)

Svetlana Ya. Klassina, Ph.D. (Biology), leading researcher of the Laboratory of systemic mechanisms of sports activity P. K. Anokhin Research Institute of Normal Physiology, 11/4 Mokhovaya str., Moscow, 125009, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7972-9600> (+7 (905) 547-62-34; klassina@mail.ru)

Nikolay A. Fudin, D.Sc. (Biology), Professor, Corresponding Member of RAS, Head of the Laboratory of systemic mechanisms of sports activity. P. K. Anokhin Research Institute of Normal Physiology, 11/4 Mokhovaya str., Moscow, 125009, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5511-7375> (+7 (903) 724-85-12; nphys@nphys.ru)

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author



Вакцинация как инструмент оптимизации состояния иммунной системы в спорте высших достижений: обзор литературы

И.В. Коновалов^{1,*}, А.В. Жолинский², С.П. Алпатов¹, А.В. Зоренко², Н. В. Тохтиева¹,
Б.К. Романов¹, С.А. Парастаев^{1,2}

¹ФГАУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

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

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: рассмотреть значимость вакцинации в структуре профилактических мероприятий по поддержке иммунной системы спортсменов в условиях экстремальных физических нагрузок и повышенных эпидемических рисков.

Материалы и методы: анализ отечественной и зарубежной литературы, посвященной вопросам иммунокоррекции и вакцинопрофилактики.

Результаты: в представленном обзоре дана интегральная оценка транзиторной иммуносупрессии, развивающейся в процессе напряженной тренировочной и соревновательной деятельности, — вторичного спортивного иммунодефицита. Данный феномен описан как синдром «открытого окна» и характеризуется повышенным риском инфицирования вирусными и/или бактериальными агентами с преимущественным поражением верхних дыхательных путей и желудочно-кишечного тракта. Массовая иммунопрофилактика позволяет эффективно и в целом безопасно контролировать инфекционную заболеваемость в группах риска, к которым относятся и спортсмены.

Заключение: вакцины, представленные в национальном календаре профилактических прививок и в календаре прививок по эпидемическим показаниям, оказывают комплексное воздействие на иммунную систему спортсмена, функционирующего в широком диапазоне физических и психологических нагрузок. Вакцинопрофилактика повышает способность противостоять инфекциям как селективно, так и за счет активации общей неспецифической резистентности, что позволяет в значительной мере нивелировать риск развития синдрома «открытого окна».

Ключевые слова: вакцинация, календарь прививок, иммуносупрессия, иммуностимуляция, спорт высших достижений, синдром «открытого окна»

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Коновалов И.В., Жолинский А.В., Алпатов С.П., Зоренко А.В., Тохтиева Н. В., Романов Б.К., Парастаев С.А. Вакцинация как инструмент оптимизации состояния иммунной системы в спорте высших достижений: обзор литературы. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(2):73–81. https://doi.org/10.47529/2223_2524.2022.2.6

Поступила в редакцию: 14.02.2022

Принята к публикации: 25.06.2022

Online first: 01.08.2022

Опубликована: 30.09.2022

* Автор, ответственный за переписку

Vaccination as an immune system status optimization tool for the high-performance sports: review

Ivan V. Konovalov^{1,*}, Andrey V. Zholinsky², Sergey P. Alpatov¹, Alla V. Zorenko², Natalia V. Tochtiyeva¹,
Boris K. Romanov¹, Sergey A. Parastayev^{1,2}

¹Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

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

ABSTRACT

Objective: consideration of the importance of vaccination as a preventive measure of support the athletes immune system in conditions of extreme physical exertion and increased epidemic risks.

Materials and methods: analysis of local and foreign dates of immunocorrection and vaccination problems.

Results: the presented review provides an integral assessment of the transitory immunosuppression, developing by the intensive training and competitive activities — exercise-induced immunosuppression. These dates described as an “open window” syndrome and characterized by an increased risk of viral and/or bacterial infection with predominant damage of the upper respiratory tract and gastrointestinal tract. Widespread immunoprophylaxis provides an effective and relatively safe method of infectious control at risk groups including athletes.

Conclusion: Vaccines of National Immunization Schedule and Epidemiological Immunization Schedule provide complex impact to the athletes immune status in wide variety of physical and psychological stresses. Vaccination increases the ability of specific and nonspecific resistance to infections that provide significant prevention of the “open window” syndrome.

Keywords: vaccination, immunization schedule, immunosuppression, immunostimulation, high performance sport, open window syndrome

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

For citation: Konovalov I.V., Zholsinsky A.V., Alpatov S.P., Zorenko A.V., Tochtiava N.V., Romanov B.K., Parastayev S.A. Vaccination as an immune system status optimization tool for the high-performance sports: review. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(2):73–81. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.6>

Received: 14 February 2022

Accepted: 25 June 2022

Online first: 1 August 2022

Published: 30 September 2022

***Corresponding author**

Под иммунитетом понимается способность организма сохранять постоянство внутренней среды при воздействии внешних и внутренних патологических факторов. Умеренные физические нагрузки при их систематическом использовании благотворно влияют на иммунную систему, что обуславливает снижение распространенности инфекций (при сравнении с показателями, полученными в контингенте двигательного инертных лиц) [1].

Однако сверхинтенсивные физические и психоэмоциональные нагрузки, характерные для современного спорта высших достижений, зачастую превышают резервные возможности организма. Длительные стрессорные психофизические воздействия пагубным образом отражаются на функциональном состоянии систем организма спортсмена; при этом одними из первых возникают нарушения в системе иммунитета. Профессиональным спортсменам на определенных этапах годового цикла подготовки (прежде всего в преддверии наиболее ответственных соревнований и во время их проведения) свойственно развитие транзиторной иммуносупрессии (вторичного спортивного иммунодефицита). При этом снижается фагоцитарная активность, нарушается межклеточная кооперация и функциональная активность Т- и В-лимфоцитов [2].

В подавляющем большинстве случаев данное состояние проявляется так называемым синдромом «открытого окна» («open window» syndrome), т.е. повышением вероятности инфицирования вирусными и/или бактериальными агентами; при этом риск заболеть среди спортсменов выше, чем в общей популяции [3].

Возрастает риск активации очагов хронической инфекции (тонзиллит, холецистит, кариес и т.д.) [4, 5], а также развития тяжелых форм острой инфекции, вызываемой бактериями *s. pneumoniae*, вирусами гриппа, коронавирусами и другими возбудителями, что неизбежно отражается на спортивной результативности [6].

Решение проблемы иммунодефицитных состояний в спорте включает в себя два взаимодополняющих подхода — педагогический и медицинский [7].

Педагогический, являющийся прерогативой тренера, состоит главным образом в грамотном планировании тренировочного процесса, или, другими словами, в формировании сбалансированного чередования процессов утомления и восстановления, т.е. режима труда и отдыха [7]. Именно в нарушении этого баланса кроются основные проблемы современного спорта высших достижений, по крайней мере большая их часть, что актуализирует обязательность комплексного контроля тренирующих и соревновательных нагрузок.

Медицинский включает в себя ряд восстановительных, а при необходимости и реабилитационных мероприятий (водные и термические процедуры, массаж, ароматерапия), фармакологическую и нутритивную поддержку [8, 9].

Наиболее эффективными с точки зрения коррекции вторичных иммунодефицитных состояний являются лекарственные средства иммунопрофилактической направленности. С определенной долей условности их делят на поддерживающие и специфические. К первой группе относят лекарственные препараты, обладающие опосредованным действием на иммунную систему, т.е. они не имеют специфических мишеней в ней, но создают благоприятные условия для ее адекватного функционирования (витаминно-минеральные комплексы, препараты ферментов и аминокислот) [10]; вторая группа представлена специфическими иммуномодуляторами с направленным воздействием на различные звенья иммунитета (препараты интерферонов, цитокинов и их индукторов, препараты тимуса, бактериальные лизаты и внутривенные донорские иммуноглобулины) [11, 12].

В целом вышеперечисленные методы при грамотном подходе позволяют успешно решать поставленные задачи. Однако в периоды нарастающей эпидемической напряженности существенно возрастает значение селективных, узконаправленных (специфических) воздействий на систему иммунитета, прежде всего вакцинирования.

1. Вакцинопрофилактика

В 1796 году английский врач Эдвард Дженнер привил восьмилетнему мальчику живую культуру коровьей оспы. Через месяц исследователь заразил ребенка человеческой оспой, болезнь не развилась. С этого года берет начало вакцинация как метод [13].

Вакцинопрофилактика позволила ликвидировать или свести к минимуму более десятка тяжелых инфекций [14].

По данным ВОЗ, на рубеже тысячелетий в мире ежегодно вакцинируют более 1,5 млрд человек, и это не только снижает заболеваемость, но и спасает жизни огромному числу людей, и в первую очередь детям [15]. Массовая вакцинация стала важнейшим инструментом снижения эпидемических рисков, увеличения продолжительности и качества жизни человека [16].

Эффективность метода определяется не только фактом достижения надежной защиты отдельно взятого индивида, но и ограничением популяционного распространения высококонтагиозных инфекций [17]. Последний факт приобретает особую значимость в свете того, что любые спортивные соревнования являются местом скопления большого количества людей (спортсмены, персонал, болельщики), а международные в особенности. Делегации из разных стран, неизбежное расширение контактов, питание на базе общепита — все это создает колоссальные риски возникновения эпидемий; значительная часть перечисленных рисков может быть эффективно и безопасно предотвращена путем плановой иммунопрофилактики [18–20].

За многие десятилетия массовой иммунопрофилактики была собрана убедительная доказательная база по безопасности и эффективности используемых вакцин не только у практически здоровых людей, но и у пациентов, страдающих хроническими заболеваниями [21, 22].

Тем не менее «vaccine hesitancy», т. е. сомнение в эффективности и безвредности вакцинопрофилактики, недоверие и отказ от любых вакцин вообще, становится все большей проблемой. Особую остроту она приобрела в последние два года в связи с пандемией COVID-19, которая явилась большим потрясением для всего человечества.

И это притом что исторический опыт массового отказа от коллективной иммунизации показал быстрое повышение уровня заболеваемости и смертности от ранее контролируемых инфекций. Так, в Японии с началом в 1947 году массовой вакцинопрофилактики коклюша удалось в сжатые сроки принципиально снизить число ежегодно болеющих «стодневным кашлем»: к 1974 году уровень заболеваемости упал до 0,2 случая на 100 тысяч населения, а количество летальных исходов — до единичных в год (и только среди непривитых). Тем не менее два зарегистрированных у детей в период 1974–1975 гг. случая летальных исходов, связанных с вакцинацией, стали причиной массовых отказов от АКДС. Прекращение

обязательной прививочной кампании привело к резким вспышкам коклюшной инфекции — к 1979 году был зарегистрирован 41 летальный исход среди детей, не получивших прививки. В итоге плановый охват иммунизацией против коклюша удалось восстановить только в середине 1980-х гг. [23].

Другим негативным примером отсроченного влияния массового отказа от иммунизации служит вспышка дифтерии в Москве в период с 1992 по 1995 год, обусловленная снижением охвата иммунизацией и связанным с этим формированием неиммунной прослойки. Максимум заболеваемости был констатирован в 1994 году — 12 267 случаев болезни, из них 454 с летальным исходом; преимущественно заболевали и погибали взрослые, не получившие своевременных доз дифтерийного анатоксина [24].

Еще одной иллюстрацией эффективного контроля и его нарушения служит динамика полиомиелита. В СССР эпидемическое распространение данного заболевания началось в 1954 г., и к 1958 г. заболеваемость возросла до 10,66 случая на 100 тысяч населения, а в связи с началом массовой иммунизации (более 100 млн привитых только в 1960–1961 гг.) снизилась более чем в 200 раз и после 1967 года стала носить спорадический характер. В 1994–1995 и 1999–2000 гг. в ходе ведения в Чеченской Республике боевых действий на ее территории произошло резкое ухудшение санитарно-эпидемиологической ситуации — только в 1995 г. было зарегистрировано 144 случая заболевания полиомиелитом; преимущественно болели непривитые дети в возрасте до 7 лет, чаще — до 4 лет. И это притом что во всей Российской Федерации до этого ежегодно регистрировалось от 3 до 17 случаев заболевания детей до трехлетнего возраста. В апреле и мае 1997 г. были проведены два тура массовой иммунизации против полиомиелита, и благодаря беспрецедентной прививочной кампании заболеваемость удалось взять под контроль — за год было зарегистрировано только три случая полиомиелита [25].

Недоверие к вакцинации зиждется в первую очередь на недостаточной информированности о том, что представляют собой вакцины и как они действуют. Немалую роль играют и мифы, что вакцинация приводит к бесплодию у женщин; недоверие к конкретному врачу и системе здравоохранения в целом; влияние так называемых лидеров общественного мнения и другие факторы. Решение данной проблемы возможно исключительно просветительскими методами [26, 27].

Помимо селективного воздействия вакцины также оказывают неспецифическое стимулирующее действие, усиливая не только способность организма противостоять воздействию конкретных инфекционных агентов специфическими механизмами, но и в целом повышая резистентность организма [28].

Основные требования, предъявляемые к вакцинным препаратам, применяемым у конкретного человека, — это (помимо температурной и микробиологической

стабильности, доступности, транспортабельности и пр.) безопасность и эффективность иммуотропного лекарственного средства [29].

Безопасность вакцинных препаратов оценивается базой данных VigiBase Уппсальского центра мониторинга (Uppsala Monitoring Centre, UMC) Программы ВОЗ по международному лекарственному мониторингу (WHO Programme for International Drug Monitoring, WHO PIDM) [30]. Накопленная в VigiBase надзорная информация по вакцинам позволяет получать достоверную информацию о случаях нежелательных реакций (ICSR — Individual Case Safety Report/индивидуальное сообщение о нежелательной реакции) и проявлениях побочных поствакцинальных эффектов; эти сведения расследуются в рамках регистрационных и пострегистрационных клинических исследований. Чрезвычайно ответственной задачей при этом является установление временной и патофизиологической взаимосвязи указанных феноменов, поскольку «после» далеко не во всех случаях означает «вследствие» [31, 32].

Реактогенность препаратов и течение поствакцинального периода, помимо входящих в их состав компонентов, напрямую зависят:

- от степени выполнения правил хранения и транспортировки (с соблюдением всех этапов принципа холодной цепи);
- от техники проведения вакцинации (правильности выполнения подкожных/внутримышечных инъекций, обработки места введения препарата перед инъекцией, а также после нее);
- от полноты собранного аллергологического и иммунологического анамнеза, при необходимости дополняемого специфическими лабораторными анализами — на наличие антител, содержание CD4⁺-клеток в периферической крови и пр. [33].

Для исключения негативного влияния вакцин на течение патологического процесса у лиц с хроническими заболеваниями перед вакцинацией требуется достижение состояния клинического выздоровления, стойкой или временной ремиссии либо предупреждения прогрессивного течения заболевания, в том числе на фоне специфической терапии [34–36].

2. Иммунобиологические особенности спортсменов высокого класса (т. е. имеющих спортивные звания и регулярно выступающих на национальном и международном уровнях). Влияние на тактику вакцинации

В настоящее время установлена склонность к колебаниям иммунологических параметров в зависимости от периода годового цикла подготовки (в том числе от реализуемых вариантов построения тренировочных и соревновательных программ, включая их плотность) [37]. Как отмечалось ранее, противои инфекционный иммунитет может значительно снижаться на фоне общего переменного иммунодефицита, индуцированного

чрезмерными физическими и психологическими нагрузками, приводящими к декомпенсации нервно-эндокринной регуляции, перенапряжению кардиоваскулярной системы, опорно-двигательного аппарата и др.

В периоды восстановления (как постнагрузочного, так и предусмотренного единым календарным планом) или реабилитации (после травм или заболеваний) показатели иммунного ответа приобретают тенденцию к нормализации значений. Это достигается методически грамотно организованным годичным циклом подготовки, включающим оптимизацию нагрузок (интенсивность/объем), а также коррекцией образа жизни (сна, питания). Помимо вышеперечисленного необходим правильный подбор индивидуализированных программ немедикаментозных мероприятий и фармакологической поддержки, не противоречащей принципам WADA [38]. В связи с вышеизложенным, представляется важной возможность использования вакцинных препаратов для обеспечения защиты спортсмена на весь период выхода на пик спортивной формы и в процессе ее поддержания. Саму же вакцинацию, по возможности, следует проводить после окончания соревновательного периода, т. е. в восстановительный (переходный) период [39]. Однако при критических эпидемиологических рисках введение вакцин допустимо и в ходе подготовительного периода (с учетом предполагаемого временного интервала, необходимого для развития эффективного противои инфекционного иммунитета). Это обусловлено возможностью усиления иммунного ответа у вакцинированных спортсменов как под воздействием однократных физических нагрузок, так и при их систематическом применении, особенно в случаях низкой иммуногенности используемых вакцин [40].

Особое условие спорта высших достижений — необходимость постоянных переездов в другие регионы и страны, зачастую неблагоприятные по эпидемиологической обстановке. Социально значимыми инфекциями, сохраняющими эндемичный статус, являются желтая лихорадка, менингококковая инфекция, коклюш, корь, брюшной тиф, дизентерия, гепатиты А и В, малярия, клещевой энцефалит и пр. Все они эффективно и безопасно предотвращаются или путем плановой вакцинации, или с использованием химиофилактических средств (малярия) [41].

Контролируемое использование вакцин снижает риск инфицирования спортсмена в ходе проведения учебно-тренировочных сборов, при соревновательных выездах и прочих организационных мероприятиях, связанных с перелетами/переездами и увеличением количества социальных контактов [42].

Перед вакцинацией против большинства инфекций серологическая диагностика нецелесообразна, прививки проводятся по эпидемиологическим показаниям на фоне полного здоровья (или компенсации состояния при хроническом заболевании, травме) [43].

Так, комплексная вакцина против дифтерии, столбняка и коклюша вводится каждые 5–10 лет для исключения необходимости экстренного применения противостолбнячной сыворотки при травмах, в том числе спортивных [44].

Вакцинация против гриппа показана ежегодно всем лицам (вне зависимости от факта занятий спортом) до начала эпидемического сезона ОРВИ: август — ноябрь текущего календарного года. Инактивированная трех- или четырехвалентная гриппозная вакцина не только снижает вероятность развития тяжелых и осложненных форм гриппа (с необходимостью применения противовирусных, антибактериальных и глюкокортикоидных препаратов со значительным количеством побочных эффектов), но и является, при регулярном применении, доказанным дополнительным неспецифическим фактором защиты и от других респираторных инфекций [45].

Прививки против пневмококковой, гемофильной и менингококковой инфекции проводятся однократно (с использованием конъюгированных вакцин). Вакцинация против менингококка наиболее

целесообразна, и в том числе среди спортсменов в подростковом и молодом возрасте; что касается пневмококковой вакцины и вакцины против гемофильной палочки Афанасьева — Пфейффера (типа В), то транзиторная иммуносупрессия у спортсменов (одно из проявлений вторичного иммунодефицита) может рассматриваться как прямое показание к соответствующей вакцинации [46, 47].

Полисахаридные менингококковые и пневмококковые вакцины, а также вакцины против клещевого энцефалита, брюшного тифа и дизентерии эффективны в течение 2–5 лет после курса вакцинации (для клещевого энцефалита — трехкратное введение в течение первого года); при необходимости их введение повторяют [48].

Вакцины оказывают на функционирующий в широком диапазоне физических и психологических нагрузок организм спортсмена комплексное воздействие, повышая его способность противостоять инфекционным агентам как специфически, так и за счет активации неспецифической резистентности, что может нивелировать выраженность феномена «открытого окна».

Вклад авторов:

Коновалов Иван Вячеславович — идея, сбор и анализ литературных данных, подготовка рукописи.

Жолинский Андрей Владимирович — организация исследования.

Алпатов Сергей Петрович — сбор и анализ литературных данных, подготовка рукописи.

Зоренко Алла Владимировна — организация исследования, подготовка рукописи.

Тохтиева Наталья Вячеславовна — сбор и анализ литературных данных.

Романов Борис Константинович — сбор и анализ литературных данных, подготовка рукописи, экспертная оценка.

Парастаев Сергей Андреевич — идея, сбор и анализ литературных данных, организация исследования, редактирование рукописи.

Authors' contributions:

Ivan V. Konovalov — idea, collection and analysis of literature data, preparation of the manuscript.

Andrey V. Zholinsky — research organization.

Sergey P. Alpatov — collection and analysis of literature data, preparation of the manuscript.

Alla V. Zorenko — research organization, preparation of the manuscript.

Natalia V. Tochtieva — collection and analysis of literature data.

Boris K. Romanov — collection and analysis of literature data, preparation of the manuscript.

Sergey A. Parastayev — idea, collection and analysis of literature data, research organization, manuscript editing.

Список литературы

1. Schweltnus M., Soligard T., Alonso J.M., Bahr R., Clarsen B., Dijkstra H.P., et al. How much is too much? (Part 2). International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of illness. Br, J, Sports Med. 2016;50(17):1043–1052. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096572>
2. Суздальницкий Р.С., Левандо В.А. Новые подходы к пониманию спортивных стрессорных иммунодефицитов. Теория и практика физической культуры. 2003;(1):18–22.
3. Colbey C., Cox A.J., Pyne D.B., Zhang P., Cripps A.W., West N.P. Upper Respiratory Symptoms, Gut Health and Mucosal Immunity in Athletes. Sports Med. 2018;48(Suppl 1):65–77. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0846-4>
4. Гаврилова Е.А., Кобрин В.Г. Одонтогенный очаг в спорте. СПб.: Welcome; 2005.
5. Макарова Г.А., Локтев С.А. Медицинский справочник тренера. 2-е изд., стереот. Москва: Советский спорт; 2006.
6. Jaworski C.A., Pyne D.B. Upper respiratory tract infections: Considerations in adolescent and adult athletes [internet].

References

1. Schweltnus M., Soligard T., Alonso J.M., Bahr R., Clarsen B., Dijkstra H.P., et al. How much is too much? (Part 2). International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of illness. Br, J, Sports Med. 2016;50(17):1043–1052. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096572>
2. Suzdal'nitskii R.S., Levando V.A. New approaches to understanding of sports stress immune deficiency. Teoriya i praktika fizicheskoi kultury = Theory and Practice of Physical Culture. 2003;(1):18–22 (In Russ.).
3. Colbey C., Cox A.J., Pyne D.B., Zhang P., Cripps A.W., West N.P. Upper Respiratory Symptoms, Gut Health and Mucosal Immunity in Athletes. Sports Med. 2018;48(Suppl 1):65–77. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0846-4>
4. Gavrilova E.A., Kobrin V.G. Odontogenic focus in sports. St. Petersburg: Welcome Publ.; 2005 (In Russ.).
5. Makarova G.A., Loktev S.A. Trainer's Medical Handbook. 2th ed. Moscow: Sovetskii sport Publ.; 2006 (In Russ.).
6. Jaworski C.A., Pyne D.B. Upper respiratory tract infections: Considerations in adolescent and adult athletes [internet].

UpToDate, Inc. 2021. Available at: <https://www.medilib.ir/up-to-date/show/13806>

7. **Граевская Н.Д., Долматова Т.И.** Спортивная медицина. Курс лекций и практические занятия. Ч. 2. Москва: Советский спорт; 2004.

8. **Цыган В.Н., Степанов А.В., Мокеева Е.Г., Князькин И.В., Ким А.Ф., Акперов Э.К.** Иммунореабилитация спортсменов. СПб.: СпецЛит; 2005.

9. **Гаврилова Е.А.** Стрессорный иммунодефицит у спортсменов. Москва: Советский спорт; 2009.

10. **Цыган В.Н., Скальный А.В., Мокеева Е.Г.** Спорт. Иммунология. Питание. СПб.: ЭЛБИ-СПб; 2012.

11. **Алпатов С.П.** Иммуномодуляторы в медицинском обеспечении борцов высокой квалификации: дис. ... канд. мед. наук. Москва; 2013.

12. **Новиков Д.К., Новиков П.Д., Титова Н.Д.** Иммунокоррекция, иммунопрофилактика, иммунореабилитация. Витебск: ВГМУ; 2006.

13. **Микиртичан Г.Л.** Из истории вакцинопрофилактики: оспопрививание. Российский педиатрический журнал. 2016;19(1):55–62. <https://doi.org/10.18821/1560-9561-2016-19-1-55-62>

14. **Таточенко В.К., Озеретковский Н.А.** Иммунопрофилактика-2018: справочник. 13-е изд., расширенное. Москва: Боргес; 2018.

15. **Гендон Ю.З.** Высокая эффективность и безопасность вирусных вакцин и бездоказательная критика. Вопросы вирусологии. 2013;58(6):5–13.

16. **Rodrigues C.M.C., Plotkin S.A.** Impact of Vaccines; Health, Economic and Social Perspectives. Front. Microbiol. 2020;11:1526. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01526>.

17. **Smith D.R.** Herd Immunity. Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 2019;35(3):593–604. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.07.001>

18. **Gärtner B.C., Meyer T.** Vaccination in elite athletes. Sports Med. 2014;44(10):1361–1376. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0217-3>

19. **Онищенко Г.Г.**, ред. Обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия в период подготовки и проведения саммита АТЭС-2012. Новосибирск: Наука; 2013.

20. **Онищенко Г.Г., Кузькин Б.П., Ракитин И.А., Башкетова Н.С., Коржаев Ю.Н., Гречанинова Т.А. и др.** Обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия в период подготовки и проведения саммита «Группы двадцати» в Санкт-Петербурге в 2013 г. Проблемы особо опасных инфекций. 2013;(4):5–10.

21. **Dudley M.Z., Halsey N.A., Omer S.B., Orenstein W.A., O’Leary S.T., Limaye R.J., Salmon D.A.** The state of vaccine safety science: systematic reviews of the evidence. Lancet Infect Dis. 2020;20(5):e80–e89. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30130-4](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30130-4)

22. **Pandolfi F., Franza L., Todi L., Carusi V., Centrone M., Buonomo A., et al.** The Importance of Complying with Vaccination Protocols in Developed Countries: “Anti-Vax” Hysteria and the Spread of Severe Preventable Diseases. Curr. Med. Chem. 2018;25(42):6070–6081. <https://doi.org/10.2174/0929867325666180518072730>

23. **Watanabe M., Nagai M.** Acellular pertussis vaccines in Japan: past, present and future. Expert Rev. Vaccines. 2005;4(2):173–184. <https://doi.org/10.1586/14760584.4.2.173>

24. **Chistiakova G.G., Filatov N.N., Korzhenkova M.P., Solodovnikov Iu.P., Lytkina I.N., Maksimova N.M., et al.** A large-scale epidemic of diphtheria in Moscow in recent years: pat-

UpToDate, Inc. 2021. Available at: <https://www.medilib.ir/up-to-date/show/13806>

7. **Graevskaya N. D., Dolmatova T. I.** Sports medicine. Course of lectures and practical exercises. P. 2. Moscow: Sovetskii sport Publ.; 2004 (In Russ.).

8. **Tsygan V.N., Stepanov A.V., Mokeeva E.G., Knyazkin I.V., Kim A.F., Akperov E.K.** Immunorehabilitation of athletes. St. Petersburg: SpecLit Publ.; 2005 (In Russ.).

9. **Gavrilova E.A.** Stress immunodeficiency in athletes. Moscow: Sovetskii sport Publ.; 2009 (In Russ.).

10. **Tsygan V.N., Skalny A.V., Mokeeva E.G.** Sport. Immunology. Nutrition. St. Petersburg: ELBI-SPb Publ.; 2012 (In Russ.).

11. **Alpatov S.P.** Immunomodulators in the medical support of highly qualified wrestlers [dissertation]. Moscow; 2013 (In Russ.).

12. **Novikov D.K., Novikov P.D., Titova N.D.** Immunocorrection, immunoprophylaxis, immunorehabilitation. Vitebsk: Vitebsk State Medical University; 2006 (In Russ.).

13. **Mikirtichan G.L.** From the history of vaccination: vaccination against smallpox. Rossiiskiy pediatricheskiy zhurnal = Russian pediatric journal. 2016;19(1):55–62 (In Russ.). <https://doi.org/10.18821/1560-9561-2016-19-1-55-62>

14. **Tatochenko V.K., Ozeretkovskii N.A.** Immunoprofilaktika-2018: spravochnik. 13th ed. Moscow: Borges Publ.; 2018 (In Russ.).

15. **Ghendon Yu.Z.** High level of effectiveness and safety of antiviral vaccines and infair critique. Voprosy virusologii = Problems of Virology. 2013;58(6):5–13 (In Russ.).

16. **Rodrigues C.M.C., Plotkin S.A.** Impact of Vaccines; Health, Economic and Social Perspectives. Front. Microbiol. 2020;11:1526. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01526>.

17. **Smith D.R.** Herd Immunity. Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 2019;35(3):593–604. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.07.001>

18. **Gärtner B.C., Meyer T.** Vaccination in elite athletes. Sports Med. 2014;44(10):1361–1376. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0217-3>

19. **Onishchenko G.G.**, ed. Ensuring sanitary and epidemiological well-being during the preparation and holding of the summit ATEHS-2012. Novosibirsk: Nauka Publ.; 2013 (In Russ.).

20. **Onishchenko G.G., Kuz’kin B.P., Rakitin I.A., Bashketova N.S., Korzhaev Yu.N., Grechaninova T.A., et al.** Sanitary-Epidemiological Welfare Provision in the Preparations to and Management of the “G-20” Summit in Saint-Petersburg, 2013. Problemy Osobo Opasnykh Infektsii = Problems of Particularly Dangerous Infections. 2013;(4):5–10 (In Russ.).

21. **Dudley M.Z., Halsey N.A., Omer S.B., Orenstein W.A., O’Leary S.T., Limaye R.J., Salmon D.A.** The state of vaccine safety science: systematic reviews of the evidence. Lancet Infect Dis. 2020;20(5):e80–e89. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30130-4](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30130-4)

22. **Pandolfi F., Franza L., Todi L., Carusi V., Centrone M., Buonomo A., et al.** The Importance of Complying with Vaccination Protocols in Developed Countries: “Anti-Vax” Hysteria and the Spread of Severe Preventable Diseases. Curr. Med. Chem. 2018;25(42):6070–6081. <https://doi.org/10.2174/0929867325666180518072730>

23. **Watanabe M., Nagai M.** Acellular pertussis vaccines in Japan: past, present and future. Expert Rev. Vaccines. 2005;4(2):173–184. <https://doi.org/10.1586/14760584.4.2.173>

24. **Chistiakova G.G., Filatov N.N., Korzhenkova M.P., Solodovnikov Iu.P., Lytkina I.N., Maksimova N.M., et al.** A large-scale epidemic of diphtheria in Moscow in recent years:

terns of development. *Zh. Mikrobiol. Epidemiol. Immunobiol.* 2001;(1):18–21.

25. **Ахмадов Т.З.** К вопросу о становлении и развитии санитарно-эпидемиологической службы Чеченской Республики в 1920–2000 гг. *Здоровье населения и среда обитания.* 2014;(5):8–10.

26. **Мац А.Н., Чепрасова Е.В.** Антипрививочный скепсис как социально-психологический феномен. Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2014;(5(78)):111–115.

27. **Калюжная Т.А., Федосенко М.В., Намазова-Баранова Л.С., Гайворонская А.Г., Шахтахтинская Ф.Ч., Ткаченко Н.Е., и др.** Преодоление «антипрививочного скепсиса»: поиски решения выхода из сложившейся ситуации. *Педиатрическая фармакология.* 2018;15(2):141–148. <https://doi.org/10.15690/pf.v15i2.1871>

28. **Uthayakumar D., Paris S., Chapat L., Freyburger L., Poulet H., De Luca K.** Non-specific Effects of Vaccines Illustrated Through the BCG Example: From Observations to Demonstrations. *Front. Immunol.* 2018;(9):2869. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2018.02869>

29. **Di Pasquale A., Bonanni P., Garçon N., Stanberry L.R., El-Hodhod M., Tavares Da Silva F.** Vaccine safety evaluation: Practical aspects in assessing benefits and risks. *Vaccine.* 2016;34(52):6672–6680. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2016.10.039>

30. WHO Programme for International Drug Monitoring [internet]. Available at: <https://who-umc.org/about-the-who-programme-for-international-drug-monitoring/>

31. **Spencer J.P., Trondsen Pawlowski R.H., Thomas S.** Vaccine Adverse Events: Separating Myth from Reality. *Am. Fam. Physician.* 2017;95(12):786–794.

32. Методические рекомендации по выявлению, расследованию и профилактике побочных проявлений после иммунизации. МЗ РФ от 12.04.2019 [интернет]. Режим доступа: <https://www.garant.ru/files/4/9/1299194/mr.rtf>

33. **Stern P.L.** Key steps in vaccine development. *Ann. Allergy Asthma Immunol.* 2020;125(1):17–27. <https://doi.org/10.1016/j.anai.2020.01.025>

34. **Reddy S., Chitturi C., Yee J.** Vaccination in Chronic Kidney Disease. *Adv. Chronic Kidney Dis.* 2019;26(1):72–78. <https://doi.org/10.1053/j.ackd.2018.10.002>

35. **Dos Santos G., Tahrat H., Bekkat-Berkani R.** Immunogenicity, safety, and effectiveness of seasonal influenza vaccination in patients with diabetes mellitus: A systematic review. *Hum. Vaccin. Immunother.* 2018;14(8):1853–1866. <https://doi.org/10.1080/21645515.2018.1446719>

36. **Stratton K., Ford A., Rusch E., Clayton E.W., eds.** Adverse Effects of Vaccines: Evidence and Causality. Washington (DC): National Academies Press (US); 2011. <https://doi.org/10.17226/13164>

37. **Walsh N.P., Gleeson M., Shephard R.J., Gleeson M., Woods J., Bishop N.C., et al.** Position statement. Part one: immune function and exercise. *Exerc. Immunol. Rev.* 2011;17:6–63.

38. **Hackney A.C.** Clinical management of immunosuppression in athletes associated with exercise training: sports medicine considerations. *Acta Med. Iran.* 2013;51(11):751–756. PMID: 24390943.

39. **Stenger T., Ledo A., Ziller C., Schub D., Schmidt T., Enders M., et al.** Timing of Vaccination after Training: Immune Response and Side Effects in Athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2020;52(7):1603–1609. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002278>

40. **Pascoe A.R., Fiatarone Singh M.A., Edwards K.M.** The effects of exercise on vaccination responses: a review of chronic

patterns of development. *Zh. Mikrobiol. Epidemiol. Immunobiol.* 2001;(1):18–21.

25. **Akhmadov T.Z.** To the question of formation and development of sanitary-epidemiological service of the chechen republic in 1920 and 2000. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya = Public Health and Life Environment — PH&LE.* 2014;(5):8–10 (In Russ.).

26. **Matz A.N., Cheprasova E.V.** Anti-vaccine skepticism as a social and psychological phenomenon. *Epidemiologiya i Vaksinoprofilaktika = Epidemiology and Vaccinal Prevention.* 2014;5(78):111–115 (In Russ.).

27. **Kaliuzhnaia T.A., Fedoseenko M.V., Namazova-Baranova L.S., Gaivoronskaya A.G., Shakhtakhtinskaya F.C., Tkachenko N.E., et al.** Overcoming 'Anti-Vaccination Scepticism': Seeking a Solution to the Situation. *Pediatric pharmacology.* 2018;15(2):141–148. (In Russ.) <https://doi.org/10.15690/pf.v15i2.1871>

28. **Uthayakumar D., Paris S., Chapat L., Freyburger L., Poulet H., De Luca K.** Non-specific Effects of Vaccines Illustrated Through the BCG Example: From Observations to Demonstrations. *Front. Immunol.* 2018;(9):2869. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2018.02869>

29. **Di Pasquale A., Bonanni P., Garçon N., Stanberry L.R., El-Hodhod M., Tavares Da Silva F.** Vaccine safety evaluation: Practical aspects in assessing benefits and risks. *Vaccine.* 2016;34(52):6672–6680. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2016.10.039>

30. WHO Programme for International Drug Monitoring [internet]. Available at: <https://who-umc.org/about-the-who-programme-for-international-drug-monitoring/>

31. **Spencer J.P., Trondsen Pawlowski R.H., Thomas S.** Vaccine Adverse Events: Separating Myth from Reality. *Am. Fam. Physician.* 2017;95(12):786–794.

32. Методические рекомендации по выявлению, расследованию и профилактике побочных проявлений после иммунизации. Министерство здравоохранения Российской Федерации. 12.04.2019 [интернет]. Available at: <https://www.garant.ru/files/4/9/1299194/mr.rtf> (In Russ.).

33. **Stern P.L.** Key steps in vaccine development. *Ann. Allergy Asthma Immunol.* 2020;125(1):17–27. <https://doi.org/10.1016/j.anai.2020.01.025>

34. **Reddy S., Chitturi C., Yee J.** Vaccination in Chronic Kidney Disease. *Adv. Chronic Kidney Dis.* 2019;26(1):72–78. <https://doi.org/10.1053/j.ackd.2018.10.002>

35. **Dos Santos G., Tahrat H., Bekkat-Berkani R.** Immunogenicity, safety, and effectiveness of seasonal influenza vaccination in patients with diabetes mellitus: A systematic review. *Hum. Vaccin. Immunother.* 2018;14(8):1853–1866. <https://doi.org/10.1080/21645515.2018.1446719>

36. **Stratton K., Ford A., Rusch E., Clayton E.W., eds.** Adverse Effects of Vaccines: Evidence and Causality. Washington (DC): National Academies Press (US); 2011. <https://doi.org/10.17226/13164>

37. **Walsh N.P., Gleeson M., Shephard R.J., Gleeson M., Woods J., Bishop N.C., et al.** Position statement. Part one: immune function and exercise. *Exerc. Immunol. Rev.* 2011;17:6–63.

38. **Hackney A.C.** Clinical management of immunosuppression in athletes associated with exercise training: sports medicine considerations. *Acta Med. Iran.* 2013;51(11):751–756. PMID: 24390943.

39. **Stenger T., Ledo A., Ziller C., Schub D., Schmidt T., Enders M., et al.** Timing of Vaccination after Training: Immune Response and Side Effects in Athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2020;52(7):1603–1609. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002278>

40. **Pascoe A.R., Fiatarone Singh M.A., Edwards K.M.** The effects of exercise on vaccination responses: a review of chronic

and acute exercise interventions in humans. *Brain Behav. Immun.* 2014;39:33–41. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2013.10.003>

41. **Boston C.D., Bryan J.J.** Immunizations in Athletes. *Sports Health.* 2018;10(5):427–433. <https://doi.org/10.1177/1941738118788279>

42. **Trabacchi V., Odone A., Lillo L., Pasquarella C., Signorelli C.** Immunization practices in athletes. *Acta Biomed.* 2015;86(2):181–188.

43. **Den Hartog G., van Binnendijk R., Buisman A.M., Berbers G.A.M., van der Klis F.R.M.** Immune surveillance for vaccine-preventable diseases. *Expert. Rev. Vaccines.* 2020;19(4):327–339. <https://doi.org/10.1080/14760584.2020.1745071>

44. Tetanus vaccines: WHO position paper — February 2017. *Wkly Epidemiol. Rec.* 2017;92(6):53–76.

45. **Parimalanathan V., Joy M., Van Dam P.J., Fan X., de Lusignan S.** Association between Influenza Vaccine Administration and Primary Care Consultations for Respiratory Infections: Sentinel Network Study of Five Seasons (2014/2015–2018/2019) in the UK. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2021;18(2):523. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020523>

46. **Mirsaeidi M., Schraufnagel D.E.** Pneumococcal vaccines: understanding centers for disease control and prevention recommendations. *Ann. Am. Thorac. Soc.* 2014;11(6):980–985. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201401-042CME>

47. **Arvas A.** Vaccination in patients with immunosuppression. *Turk Pediatri Ars.* 2014;49(3):181–185. <https://doi.org/10.5152/tpa.2014.2206>

48. **Jackson L.A., Benson P., Sneller V.P., Butler J.C., Thompson R.S., Chen R.T., et al.** Safety of revaccination with pneumococcal polysaccharide vaccine. *JAMA.* 1999;281(3):243–248. <https://doi.org/10.1001/jama.281.3.243>

Информация об авторах:

Коновалов Иван Вячеславович*, к.м.н., доцент кафедры инфекционных болезней у детей, ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет» им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Россия, 117513, Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4210-9226> (koraal@gmail.com)

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

Алпатов Сергей Петрович, к.м.н., старший преподаватель кафедры фармакологии, ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Россия, 117513, Москва, ул. Островитянова, 1, стр. 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2233-7301> (immunosport@rambler.ru)

Зоренко Алла Владимировна, врач по спортивной медицине, ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», Россия, 121059, Москва, ул. Б. Дорогомиловская, 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2062-0592>

Тохтиева Наталья Вячеславовна, к. м. н., доцент кафедры реабилитации, спортивной медицины и физической культуры, ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Россия, 117513, Москва, ул. Островитянова, 1, стр. 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8230-4360>

Романов Борис Константинович, д.м.н., доцент, заведующий кафедрой фармакологии, ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Россия, 117513, Москва, ул. Островитянова, 1, стр. 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5429-9528>

Парастаев Сергей Андреевич, д. м. н., профессор, профессор кафедры реабилитации, спортивной медицины и физической культуры, ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Россия, 117513, Москва, ул. Островитянова, 1, стр. 6; заместитель директора по научной работе ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», Россия, 121059, Москва, ул. Б. Дорогомиловская, 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2281-9936>

and acute exercise interventions in humans. *Brain Behav. Immun.* 2014;39:33–41. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2013.10.003>

41. **Boston C.D., Bryan J.J.** Immunizations in Athletes. *Sports Health.* 2018;10(5):427–433. <https://doi.org/10.1177/1941738118788279>

42. **Trabacchi V., Odone A., Lillo L., Pasquarella C., Signorelli C.** Immunization practices in athletes. *Acta Biomed.* 2015;86(2):181–188.

43. **Den Hartog G., van Binnendijk R., Buisman A.M., Berbers G.A.M., van der Klis F.R.M.** Immune surveillance for vaccine-preventable diseases. *Expert. Rev. Vaccines.* 2020;19(4):327–339. <https://doi.org/10.1080/14760584.2020.1745071>

44. Tetanus vaccines: WHO position paper — February 2017. *Wkly Epidemiol. Rec.* 2017;92(6):53–76.

45. **Parimalanathan V., Joy M., Van Dam P.J., Fan X., de Lusignan S.** Association between Influenza Vaccine Administration and Primary Care Consultations for Respiratory Infections: Sentinel Network Study of Five Seasons (2014/2015–2018/2019) in the UK. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2021;18(2):523. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020523>

46. **Mirsaeidi M., Schraufnagel D.E.** Pneumococcal vaccines: understanding centers for disease control and prevention recommendations. *Ann. Am. Thorac. Soc.* 2014;11(6):980–985. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201401-042CME>

47. **Arvas A.** Vaccination in patients with immunosuppression. *Turk Pediatri Ars.* 2014;49(3):181–185. <https://doi.org/10.5152/tpa.2014.2206>

48. **Jackson L.A., Benson P., Sneller V.P., Butler J.C., Thompson R.S., Chen R.T., et al.** Safety of revaccination with pneumococcal polysaccharide vaccine. *JAMA.* 1999;281(3):243–248. <https://doi.org/10.1001/jama.281.3.243>

Information about the authors:

Ivan V. Konovalov*, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Department of Infectious Diseases in Children of the Pirogov Russian National Research Medical University, 1 Ostrovityanova str., Moscow, 117997, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4210-9226> (kora@gmail.com)

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/0000000202679761>

Sergey P. Alpatov, M.D., Ph.D. (Medicine), Senior Lecturer of the Pharmacology Department of the Pirogov Russian National Research Medical University, 1 Ostrovityanova str., Moscow, 117997, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2233-7301>

Alla V. Zorenko, 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, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2062-0592>

Natalia V. Tochtiyeva, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Department of Rehabilitation, Sports Medicine and Physical Culture of the Pirogov Russian National Research Medical University, 1 Ostrovityanova str., Moscow, 117997, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8230-4360>

Boris K. Romanov, M.D., D.Sc. (Medicine), Head of the Department of Pharmacology of the Pirogov Russian National Research Medical University, 1 Ostrovityanova str., Moscow, 117997, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5429-9528>

Sergey A. Parastaev, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Professor of the Department of Rehabilitation, Sports Medicine and Physical Culture of the Pirogov Russian National Research Medical University, 1 Ostrovityanova str., Moscow, 117997, Russia; Deputy Director for Research 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/0000-0002-2281-9936>

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

УДК 796.01

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.7>

Тип статьи: Обзор литературы / Review



Подходы к классификации спортивных дисциплин с учетом их влияния на биохимический профиль спортсмена

А.В. Жолинский¹, Ж.В. Гришина¹, А.И. Кадыкова^{1,}, Г.А. Макарова³, Р.В. Деев^{1,2}*

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

²ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

³НИИ проблем физической культуры и спорта, Кубанский государственный университет
физической культуры, спорта и туризма, Краснодар, Россия

РЕЗЮМЕ

На сегодня существует множество классификаций спортивных дисциплин, в основу которых положены различные подходы, отдельно учитывающие закономерности тренировочной деятельности, особенности физиологии, опасность столкновения и получения травм и т.д. Однако, на наш взгляд, наиболее полно отражают специфику видов спорта изменения, происходящие в организме спортсменов под действием интенсивных физических нагрузок, на уровне биохимических процессов. Предложенная нами классификация спортивных дисциплин учитывает влияние характера тренировочного процесса, специфики спортивных нагрузок, ведущего типа энергообеспечения спортивной работы на биохимический профиль спортсмена, что позволяет выявлять ключевые особенности, происходящие в организме спортсмена под действием специфической нагрузки.

Ключевые слова: классификация видов спорта, спорт высших достижений, профессиональные спортсмены

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Жолинский А.В., Гришина Ж.В., Кадыкова А.И., Макарова Г.А., Деев Р.В. Подходы к классификации спортивных дисциплин с учетом их влияния на биохимический профиль спортсмена. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(2):82–95. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.7>

Поступила в редакцию: 14.03.2022

Принята к публикации: 15.08.2022

Online first: 18.08.2022

Опубликована: 30.09.2022

* Автор, ответственный за переписку

Approaches to the classification of sports disciplines, taking into account their influence on the biochemical profile of an athlete

Andrey V. Zholinsky¹, Zhanna V. Grishina¹, Anastasia I. Kadykova^{1,}, Galina A. Makarova³,
Roman V. Deev^{1,2}*

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

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

³Research Institute of Problems of Physical Culture and Sports, Kuban State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Krasnodar, Russia

ABSTRACT

There are many classifications of sports disciplines, which base on various approaches, which separately take into account the patterns of training activity, physiology, the risk of collision and injury, etc. In our opinion, it most fully reflects the specifics of sports changes that occur in the body of ath-

letes under the influence of intense physical activity, at the level of biochemical processes. The classification of sports disciplines proposed by us takes into account the influence of the nature of the training process, the specifics of sports loads, the leading type of energy supply of sports work on the biochemical profile of an athlete, which makes it possible to identify the key features that occur in the body of an athlete under the influence of a specific load.

Keywords: classification of sports, elite sports, professional athletes

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

For citation: Zholinsky A.V., Grishina Zh.V., Kadykova A.I., Makarova G.A., Deev R.V. Approaches to the classification of sports disciplines, taking into account their influence on the biochemical profile of an athlete. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(2):82–95. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.7>

Received: 14 March 2022

Accepted: 15 August 2022

Online first: 18 August 2022

Published: 30 September 2022

*Corresponding author

1. Введение

Широко распространение и развитие спорта сопровождается необходимостью его систематизации и классификации. В мире выделяют более 200 спортивных дисциплин, которые различаются по правилам соревнований, действиям, предмету состязания, способам ведения спортивной борьбы [1, 2]. Существует несколько подходов к классификации спортивных дисциплин: олимпийская, педагогическая, психологическая, физиологическая и др. [3]. Каждый из подходов получил распространение среди спортсменов, тренеров, организаторов спортивных соревнований, однако остается открытым вопрос о том, какой из них использовать медицинскому сообществу для эффективного медико-биологического сопровождения сборных команд России. Врачу важно понимать не только, какое лидирующее физическое качество развивается у спортсмена или какой характер нагрузки носит спортивная дисциплина, но и как на физиологическом и биохимическом уровне отражается та или иная специфическая нагрузка или, например, есть ли закономерности между развитием определенного физического качества и ремоделированием миокарда.

Цель настоящей публикации — обобщить данные об имеющихся классификациях спортивных дисциплин и предложить новую классификацию, основанную на комплексном подходе, учитывающем влияние характера тренировочного процесса, специфики спортивных нагрузок, ведущего типа энергообеспечения спортивной работы на метаболический профиль спортсмена.

На рис. 1 представлены наиболее распространенные в России классификации спортивных дисциплин и принципы, лежащие в основе этих классификаций.

Наибольшее распространение получила **Олимпийская классификация видов спорта** [4, 5], которая основана на учете основных закономерностей тренировочной и соревновательной деятельности в различных видах спорта (рис. 2).

В этой классификации виды спорта дополнительно можно разделить на шесть групп [6]:

1-я группа — циклические виды спорта (беговые дисциплины легкой атлетики, плавание, гребля, велоспорт, лыжный, конькобежный спорт и т. д.);

2-я группа — скоростно-силовые виды спорта (легкоатлетические виды спорта, метание, спринтерские номера программы в различных видах спорта);

3-я группа — сложнокоординационные виды спорта (спортивная и художественная гимнастика, фигурное катание на коньках, прыжки в воду и др.);

4-я группа — единоборства (все виды борьбы и бокса);

5-я группа — спортивные игры (футбол, хоккей, волейбол и т. д.);

6-я группа — многоборья (лыжное двоеборье, легкоатлетическое десятиборье, современное пятиборье и т. д.).

Для того чтобы более полно и объективно отразить воздействие специфических нагрузок в разных видах спорта на организм спортсмена (тренировочный и соревновательный режимы, механизмы адаптации к повышенным физическим нагрузкам, ведущие пути энергообеспечения и, как результат, возникающие биохимические «сдвиги»), разработаны и другие классификации.

Классификация Митчелла. На рис. 3 представлена классификация видов спорта, предложенная в 2005 году Митчеллом и соавт., основанная на базовом делении спортивных дисциплин на преимущественно динамические и преимущественно статические [7]. Каждый вид спорта в ней классифицируется также по уровню интенсивности (низкий, средний, высокий) динамической или статической работы, необходимой для достижения профессиональной успешности в той или иной спортивной дисциплине. Интенсивность физической нагрузки определяется в зависимости от степени потребления кислорода тканями. Эта классификация дополнительно учитывает также степень риска получения спортсменом травмы из-за возможности столкновения с соперником или спортивным снарядом, а также вероятность возникновения обморочного состояния во время его профессиональной деятельности.

Представленная классификация видов спорта имеет ряд ограничений, так как не учитывает эмоциональный стресс, влияние окружающей среды во время тренировочной и соревновательной деятельности, степень тренированности спортсмена и уровень его спортивной

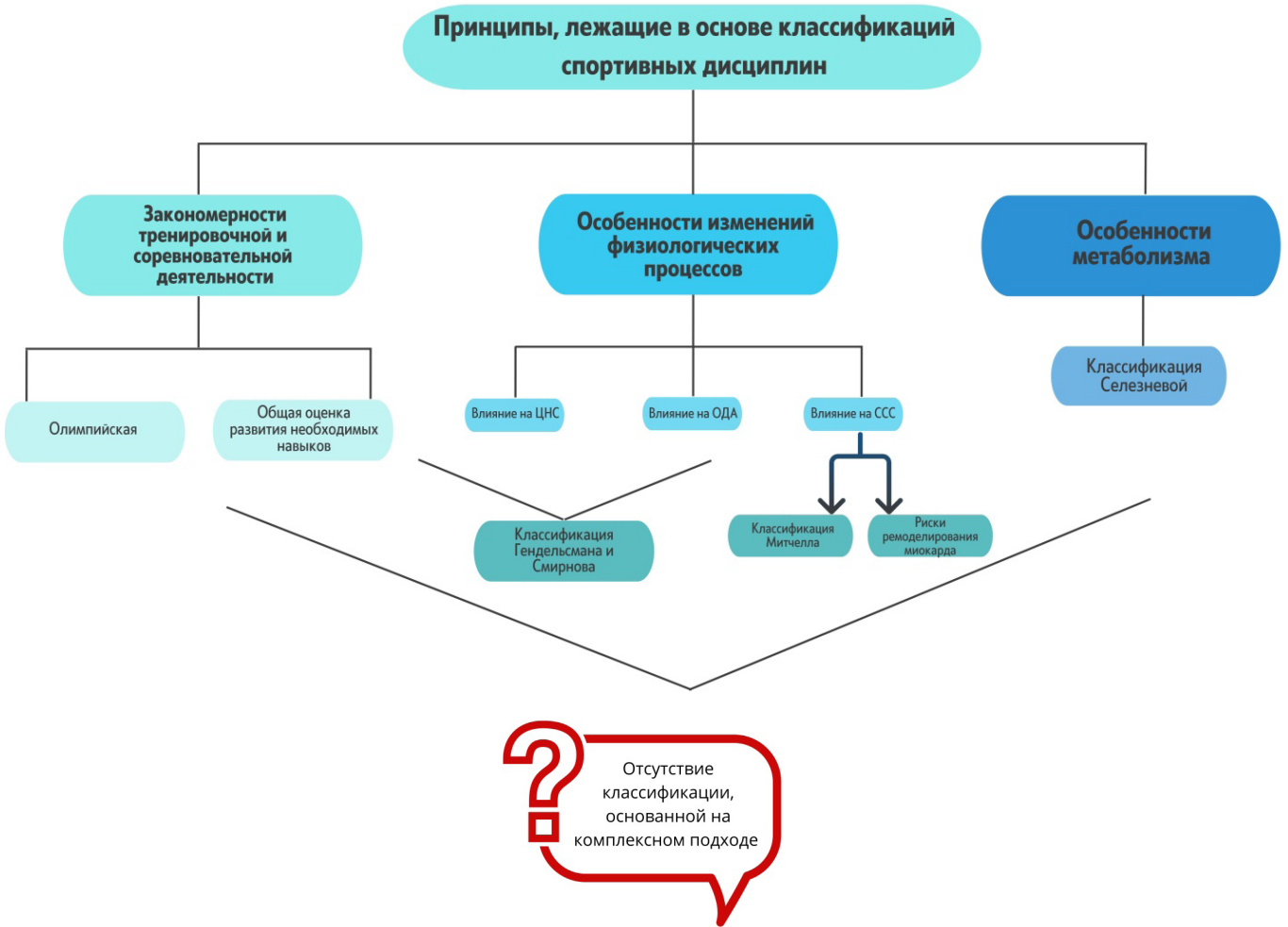


Рис. 1. Принципы, лежащие в основе классификаций спортивных дисциплин
Fig. 1. Principles underlying the classifications of sports disciplines



Рис. 2. Олимпийская классификация спорта
Fig. 2. Olympic classification of sports

Классификация видов спорта, основанная на максимальных статических и динамических компонентах, достигаемых во время соревнований

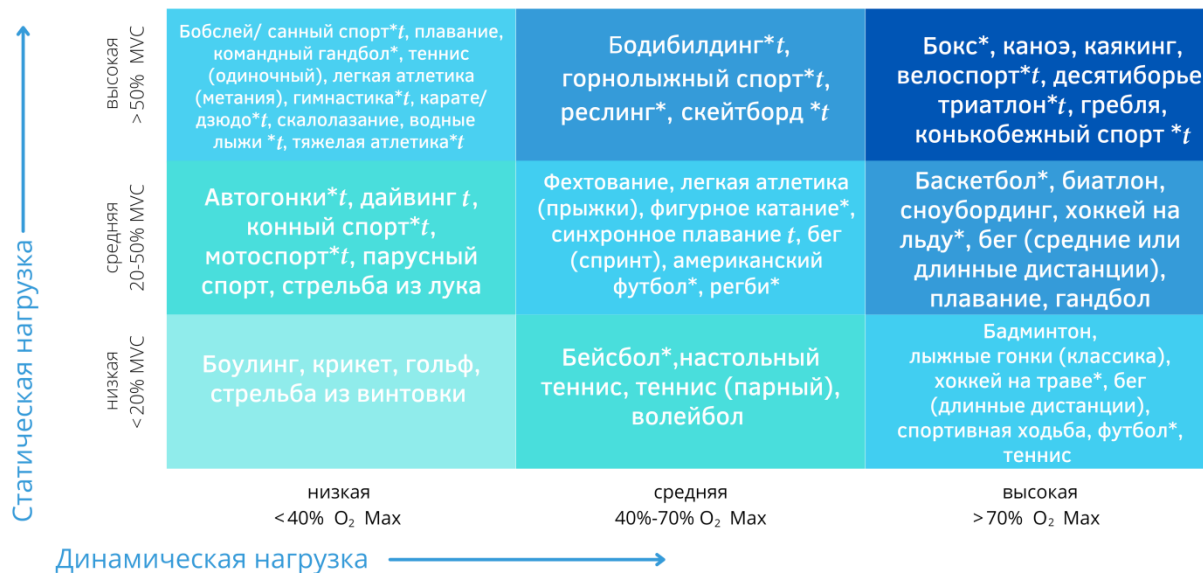


Рис. 3. Условные обозначения: * — опасность получения травмы; *t* — высокий риск потери сознания, MVC — максимальное произвольное сокращение, O₂max — максимальное потребление кислорода. Направление стрелок показывает возрастание потребности в кислороде организмом, и прежде всего сердечно-сосудистой системой на фоне нагрузок — от низко-умеренных к высоким. Возрастание динамической составляющей определяется в процентах достигнутого O₂max и приводит к увеличению сердечного выброса. Возрастание статической составляющей связана с процентом достигнутого максимального произвольного сокращения (MVC) и приводит к увеличению артериального давления. Из [7] с изм.

Fig. 3. Symbols: * — risk of injury; *t* — high risk of loss of consciousness, MVC — maximum voluntary contraction, O₂Max — maximum oxygen consumption. The direction of the arrows shows an increase in oxygen demand by the body and, above all, by the cardiovascular system against the background of loads — from low — moderate to high. The increase in the dynamic component is defined as a percentage of the achieved O₂Max and leads to an increase in cardiac output. The increase in the static component is related to the percentage of maximal voluntary contraction (MVC) achieved and leads to an increase in blood pressure. From [7] with modifications

квалификации, спортивную специализацию (амплуа) спортсмена в спортивной дисциплине.

Классификация А. Б. Гендельсмана и И. М. Смирнова была предложена в 70-х годах XX века [8]. В ней авторы разделили все спортивные дисциплины на семь групп согласно целям тренировки, схожести физиологии спортивных упражнений и специальных навыков спортсменов, необходимых для достижения спортивного результата (табл. 1).

В 2019 году были даны краткие характеристики каждой из шести групп видов спорта, выделенных впервые в работе А. Б. Гендельсманом и И. М. Смирновым [9].

Первая группа видов спорта: необходимо совершенствование координации, технической сложности навыка и художественного представления. Большинство навыков относятся к ациклическим, хотя некоторые и являются циклическими (подход в прыжках и прыжках в гимнастике, прыжки в фигурном катании).

Вторая группа видов спорта: необходимо развитие скоростных навыков. Характерен циклический характер физической нагрузки. Скоростные качества зависят от их совершенства повторяющихся (циклических)

движений (нагрузки на нервно-мышечную систему) и способности преодолевать усталость (нагрузки на кардио-респираторную систему).

Третья группа видов спорта базируется на развитии силовой работоспособности и выносливости.

Четвертая группа видов спорта базируется на развитии когнитивных функций (скорости реакции и объеме внимания). Быстрота и точность интерпретации могут помешать оппонентам выполнить успешный тактический маневр или привести к успеху команды.

Пятая группа видов спорта имеет низкий моторный компонент. Требуется высокая степень выносливости (как ЦНС, так и всего организма в целом) и высокий уровень самоконтроля. Для стрелковых дисциплин важно также развитие силы и мышечной выносливости верхней части тела.

Шестая группа видов спорта: «комбинированные виды» (различные многоборья, сочетающие в себе отдельные спортивные дисциплины).

Выделяют еще одну классификацию видов спорта — **по характеру воздействия специфической физической нагрузки на связочно-мышечный**

и костно-суставной аппарат [10]. Эта классификация может помочь врачам определить, для кого вида спорта существует риск повышенного травматизма из-за неравномерной физической нагрузки на различные мышечные группы. Согласно этой классификации выделяют симметричные, асимметричные и смешанные виды спорта. К первой группе относят спортивную гимнастику, конькобежный спорт, беговые виды легкой атлетики, плавание. При этих спортивных дисциплинах правая и левая половины тела спортсмена получают одинаковую нагрузку и движения выполняются одновременно или попеременно, позвоночник спортсмена занимает строго срединное положение. К асимметричным видам спорта относят бадминтон, баскетбол, метание, стрельбу, фехтование. При этих видах спорта спортсмен вынужден находиться в вынужденной позе, позвоночник часто совершает однообразные наклонные движения в одну и ту же сторону или происходит скручивание его вдоль вертикальной

оси. К третьей группе относят все виды борьбы, волейбол, регби, многоборья, хоккей. При смешанных видах спорта положение позвоночника постоянно меняется, нет вынужденной спортивной позы. Мышцы туловища, брюшного пресса и конечностей развиваются равномерно.

Широко распространена классификация, основанная на общей оценке необходимых навыков. Первичное разделение видов спорта в этой классификации производится по необходимости развивать у спортсмена преимущественно отдельные физические и психофизиологические качества (силу, скорость, выносливость) или их сочетания. Дальнейшее разделение ведется по тому, какие ведущие навыки понадобятся спортсмену для успешности в той или иной спортивной дисциплине (рис. 4) [6].

В этой классификации учитываются только физические качества спортсменов, развитие которых необходимо для достижения высоких результатов и не учитывается специфика физической нагрузки, тип

Таблица 1

Классификация видов спорта, основанная на тренировочных целях и сходстве физиологии и навыков

Table 1

Classification of sports based on training goals and similarities in physiology and skills

Группа	Виды спорта, входящие в группу	Цель тренировки	Спортивные дисциплины	Характер нагрузки	Доминантная биомоторика	Ведущие системы
I	Спортивная и художественная гимнастика, фигурное катание	Высокая координация	Гимнастика, фигурное катание	Ациклический	Координация, сила, скорость	ЦНС, нервно-мышечная
II	Бег, ходьба, конькобежный спорт, гребля, езда на велосипеде, катание на каноэ, беговые лыжи и плавание	Высокая скорость в циклических видах спорта	Бег, гребля, ходьба, конькобежный спорт, велогонка, плавание, лыжные гонки	Циклический	Скорость, выносливость	ЦНС, нервно-мышечная, кардиореспираторная
III	Тяжелая атлетика, броски, прыжки	Сила и скорость навыка	Тяжелая атлетика, метания, прыжки	Ациклический + циклический	Сила, скорость	Нервно-мышечная, ЦНС
IV	Все командные виды спорта и индивидуальные виды спорта, выполняемые против соперников (бокс, борьба, дзюдо, фехтование)	Навык соревнований против оппонента	Командные виды спорта и некоторые индивидуальные	Ациклический	Координация, скорость, сила, выносливость	ЦНС, локомоторная, кардиореспираторная
V	Стрельба, стрельба из лука, шахматы	Активность ЦНС в условиях стресса, низкая моторная активность	Стрельба, шахматы	Ациклический	Координация, выносливость	ЦНС
VI	Комбинированные виды спорта: триатлон, пятиборье, десятиборье, биатлон	Комбинированный спорт	Современное пятиборье, триатлон, биатлон	Все	Комплекс всей биомоторики	ЦНС, локомоторная, кардиореспираторная

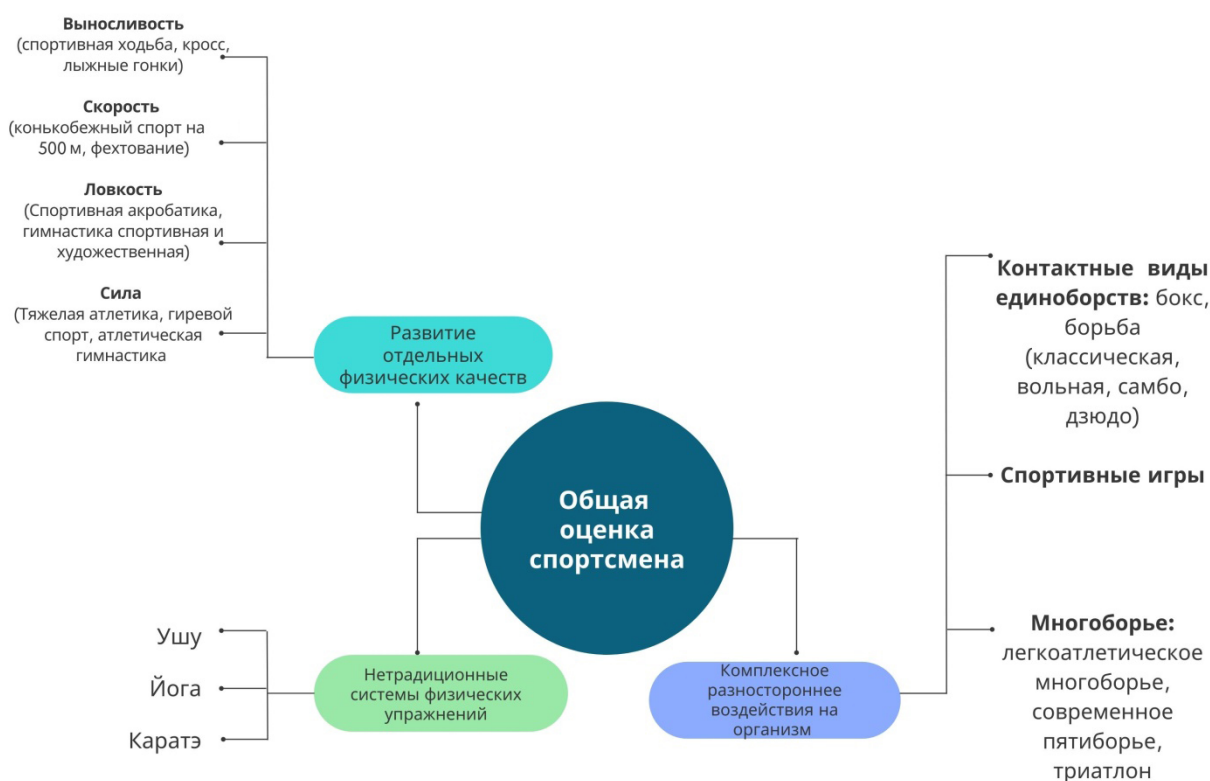


Рис. 4. Классификация видов спорта, основанная на общей оценке
Fig.4. Classification of sports based on overall score

энергообеспечения, влияние на сердечно-сосудистую систему (ССС) и т. д.

Были предприняты попытки классифицировать риски возникновения заболеваний ССС в зависимости от наиболее развиваемого физического качества у спортсмена (рис. 5) [11, 12].

В первом случае, когда ведущим физическим качеством является ловкость, увеличение частоты сердечных сокращений (ЧСС) сопровождается умеренным повышением артериального давления (АД) и сердечного выброса, ремоделирование миокарда не происходит. В силовых видах спорта успех зависит от взрывной мышечной силы. Существенное повышение АД и сердечного выброса приводит к ремоделированию сердца с увеличением толщины стенки левого желудочка и умеренным увеличением размера и функции полости левого желудочка. Наиболее значимое ремоделирование миокарда происходит в видах спорта, где ведущим физическим качеством является выносливость. Спорт на выносливость характеризуется продолжительными, интенсивными и высокодинамичными упражнениями, которые увеличивают сердечный выброс за счет увеличения ЧСС и АД в течение нескольких часов. В смешанных видах спорта чередуются фазы динамической и/или статической работы и восстановления. Фазовое увеличение ЧСС и АД может достигать почти максимальных значений, чередуясь с фазами восстановления.

Информативной классификацией спортивных дисциплин является **классификация, предложенная И. С. Селезневой** [6]. Она основана на предположении, что физические упражнения, попадающие по своей мощности и продолжительности в одну и ту же зону, характеризуются сходными биохимическими и физиологическими изменениями. Подробно данная классификация представлена в табл. 2.

Таким образом, не существует единой классификации, позволяющей систематизировать спортивные дисциплины с учетом всех физиологических параметров, влияющих на состояние здоровья спортсмена, особенности протекания его обменных процессов на фоне специфических нагрузок и, как следствие, на его биохимический профиль.

В табл. 3 мы, основываясь на отдельных элементах представленных выше классификаций спортивных дисциплин, попытались распределить виды спорта на кластеры с учетом влияния характера тренировочного процесса, специфики спортивных нагрузок, ведущего типа энергообеспечения спортивной работы на биохимический профиль спортсмена. У видов спорта, находящихся в предлагаемой классификации в одном кластере, будут наблюдаться сходные изменения в биохимическом профиле ввиду аналогичного характера тренировочного процесса и специфики нагрузок. Для специалистов, осуществляющих медико-биологическое сопровождение сборных команд



Рис. 5. Классификация различных спортивных дисциплин, отражающая взаимосвязь между развиваемыми физическими качествами и возникновением ремоделирования миокарда. «-» — не влияет, «+» — слабый эффект, «++» — умеренный эффект, «+++» — сильный эффект

Fig. 5. Classification of various sports disciplines, reflecting the relationship between developed physical qualities and the occurrence of myocardial remodeling. «-» — no effect, «+» — weak effect, «++» — moderate effect, «+++» — strong effect

России, предложенная нами классификация будет полезна тем, что она аккумулирует основные подходы к систематизации спортивных дисциплин и отражает их особенности на разных уровнях: от биохимических процессов до лидирующих функциональных систем организма и лимитирующих работоспособность факторов.

2. Вывод

На сегодня нет единой унифицированной классификации видов спорта, которая учитывала бы все

Вклад авторов:

Жолинский Андрей Владимирович — окончательное одобрение варианта статьи для опубликования.

Гришина Жанна Валерьевна — существенный вклад в замысел и дизайн исследования, сбор данных, анализ и интерпретацию данных.

Кадыкова Анастасия Игоревна — подготовка текста статьи, сбор и обработка материала.

Макарова Галина Александровна — существенный вклад в замысел и дизайн исследования, сбор данных, анализ и интерпретацию данных.

Деев Роман Вадимович — окончательное одобрение варианта статьи для опубликования.

особенности конкретного вида спорта. В основе каждой классификации лежат разные принципы: в одной — это тренировочные цели и сходство физиологии и навыков, в другой — влияние статической и динамической нагрузки, в третьей — изменение биохимических параметров. В предлагаемой нами классификации мы попытались объединить виды спорта в отдельные кластеры, исходя из влияния на биохимический профиль спортсмена характера тренировочного процесса, специфики спортивных нагрузок и ведущего типа энергообеспечения спортивной работы.

Authors' contributions:

Andrey V. Zholinsky — final approval of the article version for publication.

Zhanna V. Grishina — significant contributions to study design, data collection, data analysis and interpretation.

Anastasia I. Kadykova — article text preparation, collection and processing of material.

Galina A. Makarova — significant contributions to study design, data collection, data analysis and interpretation.

Roman V. Deev — final approval of the article version for publication.

Классификация видов спорта, учитывающая характер биохимических изменений в организме спортсменов разных видов спорта

Table 2

Classification of sports, taking into account the nature of biochemical changes in the body of athletes in different sports

Зона мощности работы	Спортивные дисциплины	Кислородный долг (O ₂ -долг)	Обычная продолжительность соревновательной работы	Преимущества тип энергообеспечения	Кумулятивный (накопительный) эффект от спортивной деятельности
Зона максимальной мощности	Бег на 100 и 200 м; короткие заезды на велотреке 200 м; прыжки в длину с разбега; плавание 25,5 м; толкание ядра, метание молота; прыжки в высоту с шестом; тяжелая атлетика; упражнения в спортивной гимнастике (опорный прыжок, упражнения на снарядах)	95–90 %	не более 30 сек	Анаэробное	Увеличение возможностей анаэробного креатинфосфатного энергообеспечения; накопление креатинфосфата (КФ), гликогена; повышение активности ферментов (особенно АТФ-азы, креатинфосфокиназы, ферментов гликолиза); повышение содержания сократительных белков и других изменениях
Зона субмаксимальной мощности	Бег на 400, 800, 1500 м; гребля академическая на 1000 и 2000 м; гребля на байдарках 500, 1000 м; велогонки на 1000, 5000 м; бег на коньках на 500 и 1500 м; плавание 100, 200, 400 м; все виды борьбы; упражнения в спортивной гимнастике (упражнения на бревне); художественная гимнастика	80–50 %	не более 5 мин	Анаэробное лактатное (гликолитическое).	Увеличение возможностей анаэробного лактатного (гликолитического), энергообеспечения; накопление КФ, гликогена мышц и печени; повышение активности ферментов энергетического обмена (креатинфосфатного, гликолитического, аэробного); повышение буферных возможностей организма (крови) и устойчивости ферментов к изменению (смещению в кислую зону) рН среды (прежде всего, крови)
Зона большой мощности	Бег на 3000, 10000 м; бег на лыжах 15, 30, 50 км; бег на коньках на 3000, 5000, 10000 м; плавание 800–1500 м; велогонки на 50 км; бокс	30–10 %	до 40 мин	Аэробное (при существенном значении анаэробного алактатного гликолитического процесса)	Увеличение возможностей аэробного и анаэробного (гликолитического) механизмов энергообеспечения; увеличение содержания гемоглобина в крови и его сродства к кислороду, миоглобина в мышцах; увеличение легко мобилизуемых источников энергии (гликогена мышц и печени, внутримышечных запасов липидов); увеличение количества митохондрий в мышечных волокнах (клетках). Изменения в сердце (размеры которого увеличиваются), в сосудистой системе (возрастает количество капилляров в мышцах, обеспечивающих специфическую для бегуна работу) и других органах и тканях
Зона умеренной мощности	Лыжные гонки более 50 км и сверхдальние дистанции в легкой атлетике; плавание более 1500 м; велоспорт более 50 км; гребля на байдарках 10 км; академическая гребля на 4,5 км, 10 и 25–30 км; спортивные игры	10–5 %	более 40 мин	Аэробное	Повышение возможностей аэробного механизма энергообеспечения; увеличение содержания гликогена печени, легко мобилизуемых липидов; миоглобина и гемоглобина; количества митохондрий в мышечных волокнах, числа мышечных капилляров; увеличивается размер сердца, улучшается деятельность сердечно-сосудистой и дыхательной систем

Классификация спортивных дисциплин с учетом характера тренировочного процесса, специфики спортивных нагрузок и ведущего типа энергообеспечения спортивной работы

Table 3

Classification of sports disciplines, taking into account the nature of the training process, the specifics of sports loads and the leading type of energy supply for sports work

Виды спорта	Циклические «выносливость»	Скорость + выносливость	Скоростно-силовые		Единоборства		Сложно-координационные		Игровые	
			Рывки, прыжки, метания	Тяжелая атлетика	Классические виды борьбы	Бокс	Гимнастика	Остальные	Командные	Индивидуальные
Кластеры	Стайеры	Спринтеры	Рывки, прыжки, метания	Тяжелая атлетика	Классические виды борьбы	Бокс	Гимнастика	Остальные	Командные	Индивидуальные
Дисциплины	Плавание более 800 м; шоссейные велогонки; академическая гребля; бег более 3000 м, марафон; бег на лыжах 15, 30, 50 км; бег на коньках на 3000, 5000, 10000 м; биатлон	Бег на 100, 200, 400 м; спринт на велотреке 200 м; плавание 50–200 м; гребля на байдарках и каноэ; бег на коньках на 500, 1000, 1500 м; 200, 400 м; лыжный спринт	Прыжки в длину с разбега; ядра, метание молота; прыжки в высоту с шестом	Тяжелая атлетика	Вольная борьба, греко-римская борьба, дзюдо, самбо, карате.	Бокс, тхэквандо	Спортивная и художественная гимнастика	Прыжки в воду, синхронное плавание, фристайл, горные лыжи, фигурное катание	Футбол, хоккей на траве, гандбол, волейбол, баскетбол, регби	Бадминтон, большой теннис, пляжный волейбол
Главная функциональная система	Кардиореспираторная, ЦНС, нервная мышечная	Нервно-мышечная, кардиореспираторная	Нервно-мышечная, ЦНС	Нервно-мышечная, ЦНС	Нервно-мышечная, ЦНС, кардиореспираторная	Нервно-мышечная, ЦНС	Нервно-мышечная, органы чувств	Нервно-мышечная, органы чувств	ЦНС, локомоторная функция, кардиореспираторная	ЦНС, локомоторная функция, кардиореспираторная
Механизмы энергообеспечения	Аэробный	Анаэробный: КрФ + гликолиз	Анаэробный: КрФ + гликолиз	Анаэробный: КрФ + гликолиз	Анаэробный: КрФ + гликолиз, аэробный	Аэробный	Анаэробный: КрФ + гликолиз, аэробный	Аэробный, анаэробный: КрФ + гликолиз	Аэробный	Аэробный
Факторы, лимитирующие работоспособность	Накопление лактата: ацидоз	Недостаток углеводов: низкие запасы гликогена	Недостаток углеводов: низкие запасы гликогена	Недостаток углеводов: низкие запасы гликогена	Недостаток быстрых углеводов, псих. компонент	Недостаток углеводов, псих. компонент	Недостаток углеводов, псих. компонент	Недостаток углеводов, псих. компонент	Закисление, псих. компонент	Закисление, псих. компонент

Таблица 3. Продолжение
Table 3. Продолжение

Виды спорта	Циклические «выносливость»	Скорость + выносливость	Скоростно-силовые		Единоборства		Сложно-координационные		Игровые	
			Рывки, прыжки, метания	Тяжелая атлетика	Классические виды борьбы	Бокс	Гимнастика	Остальные	Командные	Индивидуальные
Кластеры	Стайеры	Спринтеры								
Специфика нагрузок	Работоспособность основана на устойчивости ЦНС и функциональных систем организма к утомлению. Развитие общей выносливости, улучшение отдельных показателей физического развития: увеличить экскурсию грудной клетки и жизненную емкость легких, уменьшить жировую прослойку	В подготовке: большой объем упражнений со штангой для развития силы. Кроме быстроты реакции двигательного действия, скорость передвижения определяют силувая подготовленность, рациональность двигательного упражнения	Об отдельных проявлениях силовых качеств говорят: абсолютная сила, огненная сила, силовая выносливость, скоростно-силовые качества. Применяются динамические и изометрические тренировочные упражнения со значительными мышечными напряжениями. Совершенствуются способности к максимальным мышечным усилиям групп мышц нижних конечностей, туловища и разгибателей рук. Успеха добиваются атлеты, умеющие регулировать степень возбуждения нервной системы добиваться согласованной работы различных групп мышц на фоне максимальных мышечных и психических напряжений	Развиваются общая и специальная выносливость, силовые качества основных групп мышц и их скоростные характеристики, улучшаются ориентировочные реакции, повышается эффективность и продуктивность психических процессов. Сложное сочетание физических, спортивно-технических и психических требований к спортсмену требует длительной подготовки при совершенствовании спортивного мастерства	Развиваются общая и специальная выносливость, силовые качества основных групп мышц и их скоростные характеристики, улучшаются ориентировочные реакции, повышается эффективность и продуктивность психических процессов. Сложное сочетание физических, спортивно-технических и психических требований к спортсмену требует длительной подготовки при совершенствовании спортивного мастерства	Ловкость определяет успешность овладения новыми спортивными и трудовыми движениями, проявление силы и выносливости. Хорошая координация движений способствует обучению профессиональным умениям и навыкам. Поэтому воспитанию ловкости должно уделяться время в плане общефизической и спортивной подготовки. Все эти виды не оказывают значительного действия на сердечно-сосудистую и дыхательную системы, но предъявляют значительные требования к подготовке нервно-мышечного аппарата, к волевым качествам спортсменов	Улучшаются функции вестибулярного аппарата и лучше переносятся быстрые изменения положения тела, совершенствуется точность движений, увеличивается поле зрения игроков, повышается порог различия пространственных восприятий. Командные спортивные игры особенно способствуют воспитанию таких положительных свойств и черт характера, как умение подчинить свои личные интересы интересам коллектива, взаимопомощь, сознательная дисциплина			

Таблица 3. Продолжение
Table 3. Продолжение

Виды спорта	Циклические «выносливость»	Скорость + выносливость	Скоростно-силовые		Единоборства		Сложно-координационные		Игровые			
			Стайеры	Спринтеры	Рывки, прыжки, метания	Тяжелая атлетика	Классические виды борьбы	Бокс	Гимнастика	Остальные	Командные	Индивидуальные
Кластеры	В этой группе основные занятия прихотятся на беговые упражнения, велосипедный спорт. Обрабатываются циклические упражнения и скоростная выносливость. Достигается способность преодолевать утомление. Совершенствование в беговых упражнениях развивает как скоростные качества, так и выносливость											
Специфика подготовки		Тренировки предназначаются для развития силы и быстроты движений. В этой группе при выполнении упражнений скелетные мышцы испытывают значительные физические нагрузки. Применяются два вида движений, занятия тяжелой атлетикой и метательные упражнения в легкой атлетике. Занятия со штангой и метательные упражнения требуют значительной силы и быстроты движений					В этой группе практикуется применение индивидуальных и групповых составлений в игровых видах спорта. Спортсмены занимаются по программам борцовской подготовки, где тренируются такие ациклические упражнения, как непосредственная борьба с противником, тренировка умения быстро переключать внимание и темп движений. Тренируется эмоциональная сфера, способность к внезапному изменению диапазона движений, выносливость и целеустремленность. Игровой компонент тренировок совершенствует умение действовать для достижения групповой цели с учетом действий соперников и коллег		Тренировки направлены на совершенствование координации движений. Спортсмены занимаются упражнениями по программам аэробики с элементами спортивной и художественной гимнастики. Программы занятий были адаптированы для совершенствования мышечных групп и развития способности передвигаться с быстрой скоростью перемещениями тела. Занятия в этой группе развивают выносливость и координацию движений, которые востребованы будущей профессией. Тренировки в группе способствуют развитию силы, скорости скоординированных движений			Игровые виды спорта развивают ловкость, скорость движений, способность взаимодействовать с другими людьми

Таблица 3. Продолжение
Table 3. Продолжение

Виды спорта	Циклические «выносливость»	Скорость + выносливость	Скоростно-силовые		Единоборства		Сложно-координационные		Игровые	
			Стайеры	Спринтеры	Рывки, прыжки, метания	Тяжелая атлетика	Классические виды борьбы	Бокс	Гимнастика	Остальные
Предполагаемые биохимические и физиологические изменения в результате адаптации к специфическим нагрузкам	Повышение возможностей аэробного механизма энергообеспечения; увеличение содержания гликогена печени, легко мобилизуемых липидов; миоглобина и гемоглобина; количества митохондрий в мышечных волокнах, числа мышечных капилляров; увеличивается размер сердца, улучшается деятельность сердечно-сосудистой и дыхательной систем	Содержание креатинфосфата (КФ), гликогена; повышение активности ферментов АТФ-азы, КФК, ферментов гликолиза; повышение содержания сократительных белков и других измененных; повышение буферных возможностей крови и устойчивости ферментов к изменению рН среды	Увеличение возможностей анаэробного креатинфосфатного энергообеспечения; накопление креатинфосфата (КФ), гликогена; повышение активности ферментов АТФ-азы, КФК, ферментов гликолиза; повышение содержания сократительных белков и других измененных; повышение буферных возможностей крови и устойчивости ферментов к изменению рН среды	Увеличение возможностей аэробного и анаэробного (гликолитического) механизмов энергообеспечения; увеличение содержания гемоглобина в крови и его сродства к кислороду, миоглобина в мышцах; увеличение гликогена мышц и печени, внутримышечных запасов липидов; увеличение количества митохондрий в мышечных волокнах. Размер сердца увеличивается, возрастает количество капилляров в мышцах, обеспечивающих специфическую работу и других органах и тканях	Увеличение возможностей анаэробного лактатного (гликолитического), энергообеспечения; накопление КФ, гликогена мышц и печени; повышение активности ферментов энергетического обмена (креатинфосфатного, гликолитического, аэробного); повышение буферных возможностей организма (крови) и устойчивости ферментов к изменению рН среды (прежде всего рН среды (прежде всего крови).	Повышение возможностей аэробного механизма энергообеспечения; увеличение содержания гликогена печени, легко мобилизуемых липидов; миоглобина и гемоглобина; количества митохондрий в мышечных волокнах, числа мышечных капилляров; увеличивается размер сердца, улучшается деятельность сердечно-сосудистой и дыхательной систем	Повышение возможностей аэробного механизма энергообеспечения; увеличение содержания гликогена печени, легко мобилизуемых липидов; миоглобина и гемоглобина; количества митохондрий в мышечных волокнах, числа мышечных капилляров; увеличивается размер сердца, улучшается деятельность сердечно-сосудистой и дыхательной систем	Повышение возможностей аэробного механизма энергообеспечения; увеличение содержания гликогена печени, легко мобилизуемых липидов; миоглобина и гемоглобина; количества митохондрий в мышечных волокнах, числа мышечных капилляров; увеличивается размер сердца, улучшается деятельность сердечно-сосудистой и дыхательной систем	Повышение возможностей аэробного механизма энергообеспечения; увеличение содержания гликогена печени, легко мобилизуемых липидов; миоглобина и гемоглобина; количества митохондрий в мышечных волокнах, числа мышечных капилляров; увеличивается размер сердца, улучшается деятельность сердечно-сосудистой и дыхательной систем	Повышение возможностей аэробного механизма энергообеспечения; увеличение содержания гликогена печени, легко мобилизуемых липидов; миоглобина и гемоглобина; количества митохондрий в мышечных волокнах, числа мышечных капилляров; увеличивается размер сердца, улучшается деятельность сердечно-сосудистой и дыхательной систем

Список литературы

References

1. Щекин А.Ф., Журавлева Ю.И., Ярошенко Е.В. Классификация видов спорта. В: Ткачева Е.П., ред. Технологии, образование, наука: стратегия прорыва: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, 6 марта 2020 г. Белгород: ООО Агентство перспективных научных исследований (АПНИ); 2020, с. 50–53.
2. О физической культуре и спорте в Российской Федерации: Федеральный закон от 4 декабря 2007 года № 329-ФЗ [интернет]. Режим доступа: <https://www.minsport.gov.ru/documents/federal-laws/230/>
3. Серова Л.К. Психологическая классификация видов спорта. Ученые записки Университета им. П.Ф. Лесгафта. 2018;(1):302–306.
4. Международный олимпийский комитет [интернет]. Режим доступа: <https://olympics.com/en/sports>
5. Международный параолимпийский комитет <https://www.paralympic.org/sports> [интернет]. Режим доступа:
6. Матвеев Л.П. Теория и методика физической культуры (введение теории физической культуры; общая теория и методика физического воспитания). 4-е издание. Москва: Спорт; 2021.
7. 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>.
8. Гендельман А.Б. Физиологические основы методики спортивной тренировки: учебное пособие. Москва: Физкультура и спорт; 1970.
9. Bompa T.O., Haff G.G. Periodization: theory and methodology of training. Champaign IL: Human Kinetics; 2019.
10. Егоров Г.Е. Классификация видов спорта по характеру их влияния на опорно-двигательный аппарат спортсмена и некоторые рекомендации по рациональной ориентации детей в спорте. В: Актуальные вопросы травматологии и ортопедии. Ленинград; 1983, с. 105–107.
11. Селезнева И.С. Биохимические изменения при занятиях физкультурой и спортом. Екатеринбург: Издательство Уральского университета; 2019.
12. Германов Г.Н. Основы биомеханики: двигательные способности и физические качества (разделы теории физической культуры). 2-е изд. Москва: Издательство «Юрайт»; 2019.
13. Кулиненко О.С. Медицина спорта высших достижений. Москва: Спорт; 2016.
14. Lee E.C., Fragala M.S., Kavouras S.A., Queen R.M., Pryor J.L., Casa D.J. Biomarkers in sports and exercise: Tracking health, performance and recovery in athletes. J. Strength Cond. Res. 2017;31(10):2920–2937. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002122>

Информация об авторах:

Жолинский Андрей Владимирович, к.м.н., директор ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», Россия, 121059, Москва, ул. Б. Дорогомиловская, 5 (+7 (499)-795-68-53; ZholinskiAV@sportfmba.ru)

Гришина Жанна Валерьевна, к.б.н., биохимик Кабинета коррекции функционального состояния, ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», Россия, 121059, Москва, ул. Б. Дорогомиловская, 5 (+7 (499) 795-68-53; grinzanetk@gmail.com)

Кадыкова Анастасия Игоревна*, врач клинической лабораторной диагностики ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», Россия, 121059, Москва, ул. Б. Дорогомиловская, 5. (+7 (960)-878-26-17; KadykovaAI@sportfmba.ru)

Макарова Галина Александровна, д.м.н., профессор, главный научный сотрудник НИИ проблем физической культуры и спорта, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Россия, 350015, Краснодар, ул. Буденного, 161 (+7 (861) 255-35-17; makarovaga@yandex.ru)

Деев Роман Вадимович, к.м.н., доцент, ведущий научный сотрудник ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», 121059, Россия, Москва, ул. Б. Дорогомиловская, 5 (+7 (499)795-68-53); заведующий кафедрой патологической анатомии ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Россия, 191015, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, 41 (Roman.Deev@szgmu.ru)

1. Shchekin A.F., Zhuravleva Yu.I., Yaroshenko E.V. Classification of sports. In: Tkacheva E.P., ed. Technology, education, science: a breakthrough strategy: a collection of scientific papers based on the materials of the International Scientific and Practical Conference, March 6, 2020. Belgorod: LLC Agency for Advanced Scientific Research (APNI); 2020, p. 50–53 (In Russ.).
2. On Physical Culture and Sports in the Russian Federation. Federal Law dated December 4, 2007 № 329-FZ. Available at: <https://www.minsport.gov.ru/documents/federal-laws/230/> (In Russ.).
3. Serova L.K. Psychological classification of sports. Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta. 2018;(1):302–306 (In Russ.).
4. International Olympic Committee [internet]. Available at: <https://olympics.com/en/sports> (In Russ.).
5. International Paralympic Committee [internet]. Available at: <https://www.paralympic.org/sports> (In Russ.).
6. Matveev L.P. Theory and methodology of physical culture (introduction to the theory of physical culture; general theory and methodology of physical education). 4th ed. Moscow: Sport Publ.; 2021 (In Russ.).
7. 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>
8. Gendelman A.B. Physiological foundations of sports training methodology. Moscow: Fizkul'tura i sport Publ.; 1970 (In Russ.).
9. Bompa T.O., Haff G.G. Periodization: theory and methodology of training. Champaign IL: Human Kinetics; 2019.
10. Egorov G.E. Classification of sports according to the nature of their influence on the athlete's musculoskeletal system and some recommendations for the rational orientation of children in sports. In: Topical issues of traumatology and orthopedics. Leningrad; 1983, p. 105–107 (In Russ.).
11. Selezneva I.S. Biochemical changes during physical education and sports: a textbook. Yekaterinburg: Ural University Press; 2019 (In Russ.).
12. Germanov G.N. Fundamentals of biomechanics: motor abilities and physical qualities (sections of the theory of physical culture). 2nd ed. Moscow: Yurait Publ.; 2019 (In Russ.).
13. Kulinenkov O.S. Medicine of sports of the highest achievements. Moscow: Sport Publ; 2016 (In Russ.).
14. Lee E.C., Fragala M.S., Kavouras S.A., Queen R.M., Pryor J.L., Casa D.J. Biomarkers in sports and exercise: Tracking health, performance and recovery in athletes. J. Strength Cond. Res. 2017;31(10):2920–2937. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002122>

Information about the authors:

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 (+7 (499) 795-68-53; ZholinskiiAV@sportfmba.ru)

Zhanna V. Grishina — M.D., Ph.D. (Biology), biochemist of the Cabinet of functional state correction, Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of the Federal Medical Biological Agency, 5 Bolshaya Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, Russia (+7 (499) 795-68-53; grinzanetk@gmail.com)

Anastasia I. Kadykova* — Doctor of clinical laboratory diagnostics of the Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency, 5 Bolshaya Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, Russia (+7 960-878-26-17; KadykovaAI@sportfmba.ru)

Galina A. Makarova — M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, Chief Researcher of the Research Institute of Problems of Physical Culture and Sports, Kuban State University of Physical Culture, Sports and Tourism, 161 Budyonny str., Krasnodar, 350015, Russia (+7 (861) 255-35-17; makarovaga@yandex.ru)

Roman V. Deev — M.D., Ph.D. (Medicine), lead researcher of Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency, 5 Bolshaya Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, Russia; Head of the Department of Pathological Anatomy of I.I. Mechnikov North-Western State Medical University, 41 Kirochnaya str., St. Petersburg 191015, Russia (Roman.Deev@szgmu.ru)

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.11>

УДК: 577.121

Тип статьи: Обзор литературы / Review



Практические рекомендации по стандартизации измерения метаболизма покоя методом непрямой калориметрии: литературный обзор

А.Г. Антонов¹, В.Д. Выборнов¹, М.Ю. Баландин¹, П.Д. Рыбакова^{1,*}, В.А. Бадтиева², Д.Б. Никитюк³,
Е. А. Рожкова²

¹ГКУ «Центр спортивных инновационных технологий и подготовки сборных команд»
Департамента спорта города Москвы, Москва, Россия

²ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной
медицины Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия

³ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания и биотехнологии», Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Точные показатели скорости метаболизма в покое необходимы для планирования диеты и контроля за составом тела не только для здоровых людей, но и для спортсменов. Ряд факторов может изменять скорость метаболизма в покое во время его измерения с помощью непрямой калориметрии. Применяемая методология может повлиять на результаты исследования. Необходима четкая стандартизация данной процедуры для получения наиболее точных результатов.

Цель: провести обзор литературы для определения оптимального состояния испытуемого и методики проведения процедуры измерения метаболизма покоя с помощью метода непрямой калориметрии.

Материалы и методы: поиск литературы проводился в базах данных «PubMed», «MEDLINE» и «Cochrane Library». Запрос включал ключевые слова и логические фразы: «calorimetry», «indirect calorimetry», «resting metabolic rate», «energy metabolism», «basal metabolism», «standards». Рассматривались только англоязычные исследования и исследования на человеке. Дополнительные сведения были определены в результате обзора и включены в обзор.

Результаты: описаны параметры стандартизации при проведении процедуры измерения метаболизма покоя: потребление пищи, этанола, кофеина, никотина; повседневная деятельность и физическая активность; положение тела в пространстве и состояние окружающей среды во время измерения; действия специалиста, проводящего процедуру и т. д. В статье изложены эффективные методы проведения измерения метаболизма покоя, для получения наиболее точных результатов как у здоровых людей, так и у спортсменов.

Заключение: нами была предпринята попытка сформировать точные методические правила по стандартизации и рекомендации измерения метаболизма покоя методом непрямой калориметрии.

Ключевые слова: непрямая калориметрия, метаболизм покоя, стандартизация, газоанализ, энергетические траты

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Антонов А.Г., Выборнов В.Д., Баландин М.Ю., Рыбакова П.Д., Бадтиева В.А., Никитюк Д.Б., Рожкова Е. А. Практические рекомендации по стандартизации измерения метаболизма покоя методом непрямой калориметрии: литературный обзор. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(2):96–104. <https://doi.org/10.47529/22232524.2022.2.11>

Поступила в редакцию: 21.04.2022

Принята к публикации: 26.09.2022

Online first: 01.10.2022

Опубликована: 30.09.2022

* Автор, ответственный за переписку

Practical guidelines for standardising the measurement of resting metabolism by indirect calorimetry: a literature review

Alexey G. Antonov¹, Vasily D. Vybornov¹, Mikhail Y. Balandin¹, Polina D. Rybakova^{1,*},
Victoria A. Badtieva², Dmitry B. Nikityuk³, Yelena A. Rozhkova²

¹Moscow Innovative Sports Technology and National Teams Training Centre, Moscow Department of Sports, Moscow, Russia

²Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine,
Moscow Department of Health, Moscow, Russia

³FIC Nutrition and Biotechnology, Moscow, Russia

ABSTRACT

Accurate resting metabolic rate readings are essential for dietary planning and body composition monitoring not only for healthy individuals but also for athletes. A number of factors can alter resting metabolic rate during its measurement by indirect calorimetry. The methodology used may affect the results of the study. A clear standardisation of this procedure is needed to obtain the most accurate results.

Purpose: To review the literature to determine the optimal subject condition and methodology for the resting metabolism measurement procedure using indirect calorimetry.

Materials and methods: A literature search was conducted in PubMed, MEDLINE and Cochrane Library databases. The query included key words and logical phrases: "calorimetry", "indirect calorimetry", "resting metabolic rate", "energy metabolism", "basal metabolism", "standards". Only English-language studies and human studies were considered. Additional information was identified because of the review and included in the review.

Results: the parameters of standardization during the resting metabolism measurement procedure are described: consumption of food, ethanol, caffeine, nicotine; daily activities and physical activity; body position in space and environmental conditions during the measurement; actions of the specialist performing the procedure, etc. The article outlines effective methods for measuring resting metabolism to obtain the most accurate results in both healthy individuals and athletes.

Conclusion: an attempt has been made to formulate precise methodological rules for standardisation and recommendations for measuring resting metabolism by indirect calorimetry.

Keywords: indirect calorimetry, resting metabolism, standardisation, gas analysis, energy expenditure.

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

For citation: Antonov A.G., Vybornov V.D., Balandin M.Y., Rybakova P.D., Badtieva V.A., Nikityuk D.B., Rozhkova Ye.A. Practical guidelines for standardising the measurement of resting metabolism by indirect calorimetry: a literature review. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(2):96–104. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.11>

Received: 21 April 2022

Accepted: 26 September 2022

Online first: 1 October 2022

Published: 30 September 2022

* Corresponding author

1. Введение

Ожидается, что общий расход энергии у большинства спортсменов будет выше по сравнению с населением в целом из-за тренировок и изменений в метаболизме и составе тела [1]. В то же время оценка потребности в энергии имеет решающее значение при планировании диеты для улучшения спортивных результатов и управления массой тела в видах спорта с весовыми категориями [2, 3]. Кроме того, недооценка или переоценка энергетических потребностей спортсменов может привести к нежелательным изменениям безжировой массы (БЖМ) и/или жировой массы (ЖМ), ухудшению работоспособности и проблемам со здоровьем, например, к повышенному риску травм или сердечно-сосудистых заболеваний [1, 2, 4]. Heydenreich и соавт. провели систематический обзор и пришли к выводу, что у спортсменов, специализирующихся в видах спорта на выносливость,

общий расход энергии испытывает высокие колебания в течение тренировочного и соревновательного сезона [5]. Чтобы этого избежать, необходимо точно понимать, какие энерготраты испытывает спортсмен в течение подготовки независимо от ее периода.

Энергетические потребности могут быть оценены на основе расхода метаболизма покоя (МП) [6], который представляет собой количество энергии, расходуемой в состоянии покоя натощак в термонейтральной среде, что составляет 60–70% от общего расхода энергии у здоровых взрослых с нормальным весом и совсем другие проценты у спортсменов [7]. В питании человека МП обычно оценивают с помощью прогностических уравнений, основанных на легкодоступных переменных, таких как возраст, рост, масса тела и т. д. Большинство широко используемых уравнений для оценки МП в общей популяции (Harris and Benedict [8], Шофилд [9], ВОЗ [10], Миффлин [11] и Оуэн

[12]) были разработаны на основе минимально активных или малоподвижных людей. Принимая во внимание различный уровень физической активности и состав тела (т.е. более высокую БЖМ и клеточную массу тела с более низкой ЖМ) по сравнению с общей популяцией [13–15], уравнения, используемые для оценки МП в общей популяции, могут не подходить для спортсменов.

В спортивных лабораториях для расчета МП используют методы непрямой калориметрии. Но специалист часто сталкивается с проблемой стандартизации данной процедуры. Для более точного измерения существуют определенные стандарты, такие как: время суток, питание, физическая активность, положение тела в пространстве, работа прибора и др. Этот обзор описывает правила, которым должен следовать специалист для получения наиболее точных результатов измерения МП.

Цель исследования: обобщить литературу и определить рекомендации по проведению измерения МП.

2. Материалы и методы

Поиск литературы проводился в базах данных «PubMed», «MEDLINE» и «Cochrane Library». Запрос включал ключевые слова и логические фразы: «calorimetry», «indirect calorimetry», «resting metabolic rate», «energy metabolism», «basal metabolism», «standards». Дополнительные сведения были определены в результате обзора и включены в обзор. Рассматривались только англоязычные исследования и исследования на человеке.

3. Результаты исследования и их обсуждение

Для того чтобы более конкретно описать стандартизацию техники измерения, необходимо ответить на следующие вопросы.

Вопрос 1. Какой период голодания требуется, чтобы избежать ошибки в измерении МП, связанной с термический эффект пищи (ТЭП) или алкоголем?

Сообщается, что ТЭП составляет 5–10, 0–3 и 20–30 % от энергетического содержания углеводов, липидов и белков соответственно, а в случае энергетического баланса на западной диете составляет ~ 10 % от общего обмена веществ [16]. Измерение МП после приема пищи даст неточные результаты.

Пик ТЭП приходится на период между 60 и 180 минутами у большинства людей, причем у людей с ожирением и пожилых людей пик наблюдается позже (60–90 минут), чем у людей без ожирения и у молодых людей. Увеличение МП на 1,1–13,6 % в течение 95 минут после приема алкоголя у здоровых мужчин, а среднее увеличение МП на 9 % было зарегистрировано через 90–100 минут после приема алкоголя у женщин [17].

Минимальное голодание в течение 5 часов после еды или перекуса и 4 часа после небольших приемов пищи. Более длительное голодание клинически нецелесообразно.

Требуется минимум 2 часа воздержания от алкоголя.

Вопрос 2. Приводит ли употребление никотина или кофеина к ошибке в измерении МП?

Пик кофеина и общее количество. Как правило, термическую реакцию на кофеин можно измерить через 30–150 минут после приема внутрь. У здоровых мужчин употребление кофеина в дозе от 200 до 350 мг приводило к увеличению среднего значения МП в группе на 7–11 % [18].

После ночного воздержания от кофеина МП вернулся к исходному уровню. Это говорит о том, что максимум 12 часов воздержания устраняет термический эффект кофеина, но 3 часа воздержания приближаются к базовому МП [19].

Никотиновый пик. Начальный термический эффект никотина достигает максимума через 10–60 мин после воздействия [3]. Частое воздействие может привести к дополнительным пикам. Хотя повышение МП происходит в течение 10 минут при первом воздействии, оно носит кратковременный характер и МП возвращается к исходному уровню через 2 часа [20].

Минимальное время воздержания от никотина составляет 2 часа, а от кофеина — 4 часа.

Вопрос 3. Какой период отдыха необходим перед началом измерения МП?

МП может быть ошибочно увеличен из-за физической активности, предпринятой до измерения МП. Низкий уровень физической активности, связанный с повседневной деятельностью, оказывает минимальное влияние на измерение МП при условии, что за активностью следует подходящий период отдыха.

Средние групповые измерения МП, проведенные у 10 молодых (средний возраст 25 лет, без стандартного отклонения) и 30 пожилых (60 лет) взрослых после подъема с постели, одевания, поездки на автомобиле и прохождения примерно 50 метров до центра тестирования, были статистически похожи на то, когда они ночевали в центре [21, 22].

У здоровых взрослых минимальный период отдыха от 10 до 20 минут считается адекватным условием тестирования, хотя более короткое время не измерялось [23].

Рекомендуется минимальный отдых от 10 до 20 минут.

Вопрос 4. Какой период ограничения физической активности необходим перед измерением МП?

После ходьбы или бега на беговой дорожке с низкой или умеренной интенсивностью в течение 20–30 минут, скорость метаболизма возвращается к исходному МП через 30–90 минут [24]. Одно исследование тренированных и нетренированных людей показало, что скорость метаболизма возвращается к уровню покоя в течение 60 минут после 30 минут езды на велосипеде с более высокой интенсивностью (70 % аэробной способности) [25]. Выполнение упражнений с отягощениями также повышает скорость метаболизма после прекращения упражнений. Даже через 14,5 часа после тренировки уровень метаболизма все еще был примерно на 100 ккал выше исходного МП [26].

Минимальное воздержание от умеренных аэробных или анаэробных упражнений в течение 2 часов

перед тестом, а для интенсивных упражнений с отягощениями необходимо воздержание не менее 14 часов.

Вопрос 5. Связаны ли определенные положения тела с повышенным уровнем метаболизма?

Определенные позы требуют повышенного мышечного тонуса и могут влиять на измерение МП. У 24 взрослых с массой тела от 48 до 109 кг среднее значение МП в группе, измеренное в положении сидя без движения, было на 70 ккал выше, чем в положении лежа на спине [27].

Каждый человек должен чувствовать себя комфортно физически в том положении, в котором он находится во время измерения. Повторные измерения проводятся в положении, аналогичном положению тела при первичном измерении.

Вопрос 6. Какие характеристики окружающей среды следует контролировать, чтобы обеспечить точное измерение МП?

Влажность, шум и окружающая среда. Ни одно первичное исследование не изучало влияние окружающего шума и освещения на МП у здоровых взрослых. Два описательных обзора предполагают, что при измерении МП у пациентов в отделениях интенсивной терапии, в комнате должны отсутствовать шумы, а освещение должно быть мягким [28].

В исследовании с участием 10 женщин и 10 мужчин (в возрасте от 19 до 36 лет и индексом массы тела от 17 до 32 [кг/м²]) индивидуальное изменение МП после 3 часов воздействия умеренного холода (15 °С, или 59 °F) по сравнению с МП при типичной температуре окружающей среды варьировалась от снижения на 4% до повышения на 30% зимой, и от снижения на 12% до повышения на 24% летом [29].

При проведении измерения комнатная температура должна быть в пределах от 20 до 25 °С.

Вопрос 7. Как разные типы газосборных устройств влияют на результаты измерения МП?

Для непрямой калориметрии доступно несколько типов устройств для сбора газа, включая жесткие навесы, лицевые маски и мундштуки с зажимами для носа. Исследования, в которых устройства сбора газа тщательно контролировались, чтобы убедиться в отсутствии утечек, демонстрируют сопоставимость показателей МП [30–32].

Необходимо строгое соблюдение процедуры для предотвращения утечек воздуха.

Вопрос 8. Какое изменение потребляемого O₂ (VO₂) и выделяемого CO₂ (VCO₂) допустимо для отражения стационарных измерений, и за какой временной интервал?

Чтобы получить точное измерение МП, необходимо уделить внимание обеспечению стационарных условий, определяемых степенью изменения VO₂ и VCO₂ в течение установленного периода времени. У здоровых людей надежные измерения МП могут быть получены с использованием 10-минутного протокола, в котором

первые 5 минут данных игнорируются, а оставшиеся 5 минут данных имеют коэффициент вариации не более 10% [33].

Необходимо игнорировать первые 5 минут, затем перейти к 5-минутному периоду с 10%-м коэффициентом вариации для VO₂ и VCO₂.

Вопрос 9. Какие различия в МП видны при измерении одного и того же человека в разное время суток или в разные дни?

У здоровых взрослых натошак и у пациентов, получающих постоянную пищевую поддержку, повторные измерения МП в течение 24 часов и до 5 месяцев различаются. При повторных утренних измерениях натошак в течение 4 часов у 24 здоровых взрослых (в возрасте от 19 до 51 года) индивидуальные внутрисубъектные вариации составили от 1,8 до 17,8% [34–36].

Повторные измерения варьируются от 3 до 5% в течение 24 часов и до 10% в течение недель или месяцев.

Вопрос 10. Как следует применять дыхательный коэффициент (ДК) для интерпретации измерения МП?

ДК — это отношение VCO₂ к VO₂. При типичных метаболических состояниях со стабильной функцией дыхания диапазон ДК в метаболизме человека составляет приблизительно от 0,7 до 1. При атипичных метаболических и респираторных состояниях ДК может составлять 0,7 или 1, поэтому ДК может помочь в оценке достоверности некоторых непрямых калориметрических измерений МП.

Длительное голодание, недавнее или чрезмерное потребление пищи и потребление этанола перед измерением МП могут повлиять на ДК. Индивидуальные значения ДК варьировались от 0,72 до 0,80 после 16-часового голодания, но иногда опускались ниже 0,70 при голодании продолжительностью 22 часа (от 0,65 до 0,79) [37, 38]. С другой стороны, избыточное потребление энергии чаще поднимает ДК выше 1. При измерении через 10 минут после потребления около 1200 ккал в виде пищи с высоким содержанием углеводов или жиров, среднее значение ДК у здоровых добровольцев составило 1,04 и 0,98 соответственно [39].

Показатели ДК до 0,70 или от 1 свидетельствуют о нарушении протокола или неточном измерении концентрации газа.

4. Выводы

Нами была предпринята попытка сформировать более точные методические правила по стандартизации измерения МП, в отличие от общепринятых. В таблице представлены параметры стандартизации и рекомендации по проведению измерения МП.

Данные рекомендации являются полезной отправной точкой для исследователей и специалистов, стремящихся получить точное измерение МП. В данной обзорной статье изложены эффективные методы точного измерения МП у здоровых людей и у спортсменов.

Таблица

Правила стандартизации проведения измерения МП

Table

Rules for standardizing the measurement of resting metabolic rate

Параметр стандартизации	Рекомендации
Период голодания до процедуры	Минимальное голодание в течение 5 часов после еды/перекуса и 4 часа после небольших приемов пищи
Воздержание от алкоголя до процедуры	Минимум 2 часа воздержания
Воздержание от кофеина до процедуры	Минимум 4 часа воздержания
Воздержание от никотина до процедуры	Минимум 2 часа воздержания
Период отдыха перед измерением	10–20 минут
Период ограничения физической активности перед измерением	Минимальное воздержание от умеренных аэробных/анаэробных упражнений в течение 2 часов; воздержание от интенсивных упражнений с отягощениями — не менее 14 часов
Положение тела в пространстве при проведении измерения	Комфортное положение тела во время измерения. Повторные измерения проводятся в положении, аналогичном положению тела при первичном измерении
Требования к окружающей среде	Температура в помещении должна быть в пределах от 20 до 25 °C
Влияние разных типов газосборных устройств на результат измерения	Необходимо строгое соблюдение процедуры, для предотвращения утечек воздуха
Допустимость изменения $\dot{V}O_2^*$ и $\dot{V}CO_2^*$ для отражения стационарных измерений. Временной интервал	Необходимо игнорировать первые 5 минут, затем перейти к 5-минутному периоду с 10 % коэффициентом вариации для $\dot{V}O_2^*$ и $\dot{V}CO_2^*$
Различия в МП (RM)* при измерении одного и того же человека в разное время суток/в разные дни	Повторные измерения варьируются от 3 до 5 % в течение 24 часов и до 10 % в течение недель или месяцев
Применение ДК (RC)* при интерпретации МП(RM)*	ДК (RC)* до 0,70 или от 1 свидетельствуют о нарушении протокола или неточном измерении концентрации газа

Примечание: * — $\dot{V}CO_2$ — выделяемый CO_2 ; $\dot{V}O_2$ — потребляемый O_2 ; ДК — дыхательный коэффициент; МП — метаболизм покоя.
 Note: * — $\dot{V}CO_2$ — emitted CO_2 ; $\dot{V}O_2$ — consumed O_2 ; RC — respiratory coefficient; RM — resting metabolism.

Вклад авторов:

Антонов Алексей Геннадьевич — существенный вклад в концепцию работы, сбор, анализ содержания, написание текста.

Выборнов Василий Дмитриевич — критический пересмотр содержания, утверждение окончательного варианта статьи для публикации.

Баландин Михаил Юрьевич — утверждение окончательного варианта статьи для публикации.

Рыбакова Полина Денисовна — существенный вклад в концепцию работы, оформление рукописи.

Бадтиева Виктория Асланбековна — утверждение окончательного варианта статьи для публикации.

Никитюк Дмитрий Борисович — утверждение окончательного варианта статьи для публикации.

Рожкова Елена Анатольевна — утверждение окончательного варианта статьи для публикации

Authors' contributions:

Alexei G. Antonov — substantial contribution to the conception of the paper, collection, analysis of content, writing of the text.

Vasily D. Vybornov — critical revision of the content, approval of the final version of the article for publication.

Mikhail Y. Balandin — approval of the final version of the article for publication.

Polina D. Rybakova — substantial contribution to the conception of the paper, design of the manuscript.

Victoria A. Badtieva — approval of the final version of the article for publication.

Dmitriy B. Nikityuk — approval of the final version of the article for publication.

Yelena A. Rozhkova — approval of the final version of the article for publication.

Список литературы

1. **Thomas D.T., Erdman K.A., Burke L.M.** American College of Sports Medicine joint position statement. Nutrition and athletic performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2016;48(3):543–568. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000852>
2. **Rodriguez N.R., DiMarco N.M., Langley S.** American dietetic association, dietitians of Canada, American College of Sports Medicine: nutrition and athletic performance. Position of the American dietetic association, dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: nutrition and athletic performance. *J. Am. Diet Assoc.* 2009;109(3):509–527. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2009.01.005>
3. **Trexler E.T., Smith-Ryan A.E., Norton L.E.** Metabolic adaptation to weight loss: implications for the athlete. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2014;11(1):7. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-11-7>
4. **Melin A.K., Heikura I.A., Tenforde A., Mountjoy M.** Energy availability in athletics: health, performance, and physique. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2019;29(2):152–164. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0201>
5. **Heydenreich J., Kayser B., Schutz Y., Melzer K.** Total Energy Expenditure, Energy Intake, and Body Composition in Endurance Athletes Across the Training Season: A Systematic Review. *Sports Med. Open.* 2017;3(1):8. <https://doi.org/10.1186/s40798-017-0076-1>
6. **Jagim A.R., Camic C.L., Kisiolek J., Luedke J., Erickson J., Jones M.T., Oliver J.M.** Accuracy of resting metabolic rate prediction equations in athletes. *J. Strength Cond. Res.* 2018;32(7):1875–1881. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002111>
7. **Marra M., Montagnese C., Sammarco R., Amato V., Della Valle E., Franzese A., et al.** Accuracy of Predictive Equations for Estimating Resting Energy Expenditure in Obese Adolescents. *J. Pediatr.* 2015;166:1390–1396.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2015.03.013>
8. **Harris J.A., Benedict F.G.** A biometric study of human basal metabolism. *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A.* 1918;4(12):370–373. <https://doi.org/10.1073/pnas.4.12.370>
9. **Schofield W.N.** Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum. Nutr. Clin. Nutr.* 1985;39(Suppl 1):5–41.
10. Energy and protein requirements Report of a joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. World Health Organ. Tech. Rep. Ser. 1985;724:1–206.
11. **Mifflin M.D., St Jeor S.T., Hill L.A., Scott B.J., Daugherty S.A., Koh Y.O.** A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *Am. J. Clin. Nutr.* 1990;51(2):241–247. <https://doi.org/10.1093/ajcn/51.2.241>
12. **Owen O.E., Holup J.L., D'Alessio D.A., Craig E.S., Polansky M., Smalley K.J., et al.** A reappraisal of the caloric requirements of men. *Am. J. Clin. Nutr.* 1987;46(6):875–885. <https://doi.org/10.1093/ajcn/46.6.875>
13. **Ribeyre J., Fellmann N., Montaurier C., Delaître M., Vernet J., Coudert J., Vermorel M.** Daily energy expenditure and its main components as measured by whole-body indirect calorimetry in athletic and non-athletic adolescents. *Br. J. Nutr.* 2000;83(4):355–362.
14. **Poehlman E.T., Melby C.L., Badylak S.F.** Resting metabolic rate and postprandial thermogenesis in highly trained and untrained males. *Am. J. Clin. Nutr.* 1988;47(5):793–798. <https://doi.org/10.1093/ajcn/47.5.793>
15. **Melby C.L., Schmidt W.D., Corrigan D.** Resting metabolic rate in weight-cycling collegiate wrestlers compared with

References

1. **Thomas D.T., Erdman K.A., Burke L.M.** American College of Sports Medicine joint position statement. Nutrition and athletic performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2016;48(3):543–568. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000852>
2. **Rodriguez N.R., DiMarco N.M., Langley S.** American dietetic association, dietitians of Canada, American College of Sports Medicine: nutrition and athletic performance. Position of the American dietetic association, dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: nutrition and athletic performance. *J. Am. Diet Assoc.* 2009;109(3):509–527. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2009.01.005>
3. **Trexler E.T., Smith-Ryan A.E., Norton L.E.** Metabolic adaptation to weight loss: implications for the athlete. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2014;11(1):7. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-11-7>
4. **Melin A.K., Heikura I.A., Tenforde A., Mountjoy M.** Energy availability in athletics: health, performance, and physique. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2019;29(2):152–164. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0201>
5. **Heydenreich J., Kayser B., Schutz Y., Melzer K.** Total Energy Expenditure, Energy Intake, and Body Composition in Endurance Athletes Across the Training Season: A Systematic Review. *Sports Med. Open.* 2017;3(1):8. <https://doi.org/10.1186/s40798-017-0076-1>
6. **Jagim A.R., Camic C.L., Kisiolek J., Luedke J., Erickson J., Jones M.T., Oliver J.M.** Accuracy of resting metabolic rate prediction equations in athletes. *J. Strength Cond. Res.* 2018;32(7):1875–1881. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002111>
7. **Marra M., Montagnese C., Sammarco R., Amato V., Della Valle E., Franzese A., et al.** Accuracy of Predictive Equations for Estimating Resting Energy Expenditure in Obese Adolescents. *J. Pediatr.* 2015;166:1390–1396.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2015.03.013>
8. **Harris J.A., Benedict F.G.** A biometric study of human basal metabolism. *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A.* 1918;4(12):370–373. <https://doi.org/10.1073/pnas.4.12.370>
9. **Schofield W.N.** Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum. Nutr. Clin. Nutr.* 1985;39(Suppl 1):5–41.
10. Energy and protein requirements Report of a joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. World Health Organ. Tech. Rep. Ser. 1985;724:1–206.
11. **Mifflin M.D., St Jeor S.T., Hill L.A., Scott B.J., Daugherty S.A., Koh Y.O.** A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *Am. J. Clin. Nutr.* 1990;51(2):241–247. <https://doi.org/10.1093/ajcn/51.2.241>
12. **Owen O.E., Holup J.L., D'Alessio D.A., Craig E.S., Polansky M., Smalley K.J., et al.** A reappraisal of the caloric requirements of men. *Am. J. Clin. Nutr.* 1987;46(6):875–885. <https://doi.org/10.1093/ajcn/46.6.875>
13. **Ribeyre J., Fellmann N., Montaurier C., Delaître M., Vernet J., Coudert J., Vermorel M.** Daily energy expenditure and its main components as measured by whole-body indirect calorimetry in athletic and non-athletic adolescents. *Br. J. Nutr.* 2000;83(4):355–362.
14. **Poehlman E.T., Melby C.L., Badylak S.F.** Resting metabolic rate and postprandial thermogenesis in highly trained and untrained males. *Am. J. Clin. Nutr.* 1988;47(5):793–798. <https://doi.org/10.1093/ajcn/47.5.793>
15. **Melby C.L., Schmidt W.D., Corrigan D.** Resting metabolic rate in weight-cycling collegiate wrestlers compared with

physically active, noncycling control subjects. *Am. J. Clin. Nutr.* 1990;52(3):409–414. <https://doi.org/10.1093/ajcn/52.3.409>

16. **Lam Y.Y., Ravussin E.** Analysis of energy metabolism in humans: A review of methodologies. *Mol. Metab.* 2016;5(11):1057–1071. <https://doi.org/10.1016/j.molmet.2016.09.005>

17. **Segal K.R., Edano A., Blando L., Pi-Sunyer F.X.** Comparison of thermal effects of constant and relative caloric loads in lean and obese men. *Am. J. Clin. Nutr.* 1990;51(1):14–21. <https://doi.org/10.1093/ajcn/51.1.14>

18. **Vander Weg M.W., Klesges R.C., Ward K.D.** Differences in resting energy expenditure between black and white smokers: Implications for postcessation weight gain. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2000;54(12):895–899. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601110>

19. **Bracco D., Ferrarra J.M., Arnaud M.J., Jequier E., Schutz Y.** Effects of caffeine on energy metabolism, heart rate, and methylxanthine metabolism in lean and obese women. *Am. J. Physiol.* 1995;269:E671–E678. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1995.269.4.E671>

20. **Perkins K.A., Epstein L.H., Stiller R.L., Sexton J.E., Fernstrom M.H., Jacob R.G., Solberg R.** Metabolic effects of nicotine after consumption of a meal in smokers and nonsmokers. *Am. J. Clin. Nutr.* 1990;52(2):228–233. <https://doi.org/10.1093/ajcn/52.2.228>

21. **Fredrix E.W.H.M., Soeters P.B., von Meyenfeldt M.F., Saris W.H.M.** Measurement of resting energy expenditure in a clinical setting. *Clin. Nutr.* 1990;9(6):299–304. [https://doi.org/10.1016/0261-5614\(90\)90001-9](https://doi.org/10.1016/0261-5614(90)90001-9)

22. **Turley K.R., McBride P.J., Wilmore J.H.** Resting metabolic rate measured after subjects spent the night at home vs at a clinic. *Am. J. Clin. Nutr.* 1993;58(2):141–144. <https://doi.org/10.1093/ajcn/58.2.141>

23. **Schols A.M.W.J., Schoffelen P.F.M., Ceulemans H., Wouters E.F.M., Saris W.H.M.** Measurement of resting energy expenditure in patients with chronic obstructive pulmonary disease in a clinical setting. *JPEN J. Parenter. Enteral Nutr.* 1992;16(4):364–368. <https://doi.org/10.1177/0148607192016004364>

24. **Burleson M.A. Jr., O'Bryant H.S., Stone M.H., Collins M.A., Triplett-McBride T.** Effects of weight training exercise and treadmill exercise on post-exercise oxygen consumption. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1998;30(4):518–522. <https://doi.org/10.1097/00005768-199804000-00008>

25. **Short K.R., Sedlock D.A.** Excess postexercise oxygen consumption and recovery rate in trained and untrained subjects. *J. Appl. Physiol.* 1997;83(1):153–159. <https://doi.org/10.1152/jap-physiol.1997.83.1.153>

26. **Gillette C.A., Bullough R.C., Melby C.L.** Postexercise energy expenditure in response to acute aerobic or resistance exercise. *Int. J. Sport Nutr.* 1994;4(4):347–360. <https://doi.org/10.1123/ijsn.4.4.347>

27. **Levine J.A., Schlessner S.J., Jensen M.D.** Energy expenditure of nonexercise activity. *Am. J. Clin. Nutr.* 2000;72(6):1451–1454. <https://doi.org/10.1093/ajcn/72.6.1451>

28. **McClave S.A., Snider H.L.** Use of indirect calorimetry in clinical nutrition. *Nutr. Clin. Pract.* 1992;7(5):207–221. <https://doi.org/10.1177/0115426592007005207>

29. **van Ooijen A.M.J., van Marken Lichtenbelt W.D., van Steenhoven A.A., Westerterp K.R.** Seasonal changes in metabolic and temperature responses to cold air in humans. *Physiol. Behav.* 2004;82(2-3):545–553. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2004.05.001>

30. **Isbell T.R., Klesges R.C., Meyers A.W., Klesges L.M.** Measure reliability using repeated measurements of resting energy expenditure with a face mask, mouth piece, and ventilated canopy.

physically active, noncycling control subjects. *Am. J. Clin. Nutr.* 1990;52(3):409–414. <https://doi.org/10.1093/ajcn/52.3.409>

16. **Lam Y.Y., Ravussin E.** Analysis of energy metabolism in humans: A review of methodologies. *Mol. Metab.* 2016;5(11):1057–1071. <https://doi.org/10.1016/j.molmet.2016.09.005>

17. **Segal K.R., Edano A., Blando L., Pi-Sunyer F.X.** Comparison of thermal effects of constant and relative caloric loads in lean and obese men. *Am. J. Clin. Nutr.* 1990;51(1):14–21. <https://doi.org/10.1093/ajcn/51.1.14>

18. **Vander Weg M.W., Klesges R.C., Ward K.D.** Differences in resting energy expenditure between black and white smokers: Implications for postcessation weight gain. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2000;54(12):895–899. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601110>

19. **Bracco D., Ferrarra J.M., Arnaud M.J., Jequier E., Schutz Y.** Effects of caffeine on energy metabolism, heart rate, and methylxanthine metabolism in lean and obese women. *Am. J. Physiol.* 1995;269:E671–E678. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1995.269.4.E671>

20. **Perkins K.A., Epstein L.H., Stiller R.L., Sexton J.E., Fernstrom M.H., Jacob R.G., Solberg R.** Metabolic effects of nicotine after consumption of a meal in smokers and nonsmokers. *Am. J. Clin. Nutr.* 1990;52(2):228–233. <https://doi.org/10.1093/ajcn/52.2.228>

21. **Fredrix E.W.H.M., Soeters P.B., von Meyenfeldt M.F., Saris W.H.M.** Measurement of resting energy expenditure in a clinical setting. *Clin. Nutr.* 1990;9(6):299–304. [https://doi.org/10.1016/0261-5614\(90\)90001-9](https://doi.org/10.1016/0261-5614(90)90001-9)

22. **Turley K.R., McBride P.J., Wilmore J.H.** Resting metabolic rate measured after subjects spent the night at home vs at a clinic. *Am. J. Clin. Nutr.* 1993;58(2):141–144. <https://doi.org/10.1093/ajcn/58.2.141>

23. **Schols A.M.W.J., Schoffelen P.F.M., Ceulemans H., Wouters E.F.M., Saris W.H.M.** Measurement of resting energy expenditure in patients with chronic obstructive pulmonary disease in a clinical setting. *JPEN J. Parenter. Enteral Nutr.* 1992;16(4):364–368. <https://doi.org/10.1177/0148607192016004364>

24. **Burleson M.A. Jr., O'Bryant H.S., Stone M.H., Collins M.A., Triplett-McBride T.** Effects of weight training exercise and treadmill exercise on post-exercise oxygen consumption. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1998;30(4):518–522. <https://doi.org/10.1097/00005768-199804000-00008>

25. **Short K.R., Sedlock D.A.** Excess postexercise oxygen consumption and recovery rate in trained and untrained subjects. *J. Appl. Physiol.* 1997;83(1):153–159. <https://doi.org/10.1152/jap-physiol.1997.83.1.153>

26. **Gillette C.A., Bullough R.C., Melby C.L.** Postexercise energy expenditure in response to acute aerobic or resistance exercise. *Int. J. Sport Nutr.* 1994;4(4):347–360. <https://doi.org/10.1123/ijsn.4.4.347>

27. **Levine J.A., Schlessner S.J., Jensen M.D.** Energy expenditure of nonexercise activity. *Am. J. Clin. Nutr.* 2000;72(6):1451–1454. <https://doi.org/10.1093/ajcn/72.6.1451>

28. **McClave S.A., Snider H.L.** Use of indirect calorimetry in clinical nutrition. *Nutr. Clin. Pract.* 1992;7(5):207–221. <https://doi.org/10.1177/0115426592007005207>

29. **van Ooijen A.M.J., van Marken Lichtenbelt W.D., van Steenhoven A.A., Westerterp K.R.** Seasonal changes in metabolic and temperature responses to cold air in humans. *Physiol. Behav.* 2004;82(2-3):545–553. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2004.05.001>

30. **Isbell T.R., Klesges R.C., Meyers A.W., Klesges L.M.** Measure reliability using repeated measurements of resting energy expenditure with a face mask, mouth piece, and ventilated canopy.

JPEN J. Parenter. *Enteral Nutr.* 1991;15(2):165–168. <https://doi.org/10.1177/0148607191015002165>

31. **Askanazi J., Silverberg P.A., Foster R.J., Hyman A.I., Milic-Emili J., Kinna J.M.** Effects of respiratory apparatus on breathing pattern. *J. Appl. Physiol. Respir. Environ. Exerc. Physiol.* 1980;48(4):577–580. <https://doi.org/10.1152/jappl.1980.48.4.577>

32. **McAnena O.J., Harvey L.P., Katzeff H.L., Daly J.M.** In direct calorimetry: Comparison of hood and mask systems for measuring resting energy expenditure in healthy volunteers. *JPEN J. Parenter. Enteral Nutr.* 1986;10(6):555–567. <https://doi.org/10.1177/0148607186010006555>

33. **Horner N.K., Lampe J.W., Patterson R.E., Newuhouser M.L., Beresford S.A., Prentice R.L.** Indirect calorimetry protocol development for measuring resting metabolic rate as a component of total energy expenditure in free-living postmenopausal women. *J Nutr.* 2001;131(8):2215–2218. <https://doi.org/10.1093/jn/131.8.2215>

34. **Frankenfield D.C., Wiles II C.E., Bagley S., Siegel J.H.** Relationships between resting and total energy expenditure in injured and septic patients. *Crit. Care Med.* 1994;22(11):1796–1804.

35. **Heymisfield S.B., Hill J.O., Evert M., Casper K., DiGirolamo M.** Energy expenditure during continuous intragastric infusion of fuel. *Am. J. Clin. Nutr.* 1987;45(3):526–533. <https://doi.org/10.1093/ajcn/45.3.526>

36. **Weststrate J.A., Weys P.J.M., Poortvliet E.J., Deurenberg P., Hautvast J.G.A.J.** Diurnal variation in postabsorptive resting metabolic rate and diet-induced thermogenesis. *Am. J. Clin. Nutr.* 1989;50(5):908–914. <https://doi.org/10.1093/ajcn/50.5.908>

37. **Johnstone A.M., Faber P., Gibney E.R., Elia M., Horgan G., Golden B.E., Stubbs R.J.** Effect of an acute fat on energy compensation and feeding behavior in lean men and women. *Int. J. Obesity.* 2002;26(12):1623–1628. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0802151>

38. **Zauner C., Schneeweiss B., Kranz A., Madl C., Ratheiser K., Kramer L., et al.** Resting energy expenditure in short-term starvation is increased as a result of an increase in serum nor epinephrine. *Am. J. Clin. Nutr.* 2000;71(6):1511–1515. <https://doi.org/10.1093/ajcn/71.6.1511>

39. **Surina D.M., Langhans W., Pauli R., Wenk C.** Meal composition affects postprandial fatty acid oxidation. *Am. J. Physiol.* 1993;264(6 Pt 2):R1065–R1070. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.1993.264.6.R1065>

JPEN J. Parenter. *Enteral Nutr.* 1991;15(2):165–168. <https://doi.org/10.1177/0148607191015002165>

31. **Askanazi J., Silverberg P.A., Foster R.J., Hyman A.I., Milic-Emili J., Kinna J.M.** Effects of respiratory apparatus on breathing pattern. *J. Appl. Physiol. Respir. Environ. Exerc. Physiol.* 1980;48(4):577–580. <https://doi.org/10.1152/jappl.1980.48.4.577>

32. **McAnena O.J., Harvey L.P., Katzeff H.L., Daly J.M.** In direct calorimetry: Comparison of hood and mask systems for measuring resting energy expenditure in healthy volunteers. *JPEN J. Parenter. Enteral Nutr.* 1986;10(6):555–567. <https://doi.org/10.1177/0148607186010006555>

33. **Horner N.K., Lampe J.W., Patterson R.E., Newuhouser M.L., Beresford S.A., Prentice R.L.** Indirect calorimetry protocol development for measuring resting metabolic rate as a component of total energy expenditure in free-living postmenopausal women. *J Nutr.* 2001;131(8):2215–2218. <https://doi.org/10.1093/jn/131.8.2215>

34. **Frankenfield D.C., Wiles II C.E., Bagley S., Siegel J.H.** Relationships between resting and total energy expenditure in injured and septic patients. *Crit. Care Med.* 1994;22(11):1796–1804.

35. **Heymisfield S.B., Hill J.O., Evert M., Casper K., DiGirolamo M.** Energy expenditure during continuous intragastric infusion of fuel. *Am. J. Clin. Nutr.* 1987;45(3):526–533. <https://doi.org/10.1093/ajcn/45.3.526>

36. **Weststrate J.A., Weys P.J.M., Poortvliet E.J., Deurenberg P., Hautvast J.G.A.J.** Diurnal variation in postabsorptive resting metabolic rate and diet-induced thermogenesis. *Am. J. Clin. Nutr.* 1989;50(5):908–914. <https://doi.org/10.1093/ajcn/50.5.908>

37. **Johnstone A.M., Faber P., Gibney E.R., Elia M., Horgan G., Golden B.E., Stubbs R.J.** Effect of an acute fat on energy compensation and feeding behavior in lean men and women. *Int. J. Obesity.* 2002;26(12):1623–1628. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0802151>

38. **Zauner C., Schneeweiss B., Kranz A., Madl C., Ratheiser K., Kramer L., et al.** Resting energy expenditure in short-term starvation is increased as a result of an increase in serum nor epinephrine. *Am. J. Clin. Nutr.* 2000;71(6):1511–1515. <https://doi.org/10.1093/ajcn/71.6.1511>

39. **Surina D.M., Langhans W., Pauli R., Wenk C.** Meal composition affects postprandial fatty acid oxidation. *Am. J. Physiol.* 1993;264(6 Pt 2):R1065–R1070. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.1993.264.6.R1065>

Информация об авторах:

Антонов Алексей Геннадьевич, специалист по комплексному научно-методическому сопровождению спортсменов ГКУ «Центр спортивных инновационных технологий и подготовки сборных команд» Департамента спорта города Москвы, Россия, 129272, Москва, Советской армии ул., 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3409-4485> (alexantonovk@gmail.com)

Выборнов Василий Дмитриевич, к.б.н., заместитель директора по медико-биологическому и научно-методическому сопровождению ГКУ «Центр спортивных инновационных технологий и подготовки сборных команд» Департамента спорта города Москвы, Россия, 129272, Москва, Советской армии ул., 6 (v.vybornov84@gmail.com)

Баландин Михаил Юрьевич, специалист по комплексному научно-методическому сопровождению спортсменов ГКУ «Центр спортивных инновационных технологий и подготовки сборных команд» Департамента спорта города Москвы, Россия, 129272, Москва, Советской армии ул., 6 (balandinm87@gmail.com)

Рыбакова Полина Денисовна*, специалист по комплексному научно-методическому сопровождению спортсменов ГКУ «Центр спортивных инновационных технологий и подготовки сборных команд» Департамента спорта города Москвы, Россия, 129272, Москва, Советской армии ул., 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1165-6518> (+7 (977) 793-81-31; rybakova.poly@yandex.ru)

Бадтиева Виктория Асланбековна, член-корр. РАН, проф., д.м.н., заведующий филиалом № 1, «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы», Россия, 105120, Москва, Земляной вал ул., 53. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4291-679X> (maratik2@yandex.ru)

Никитюк Дмитрий Борисович, член-корр. РАН, проф., д.м.н., директор ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», Россия, 109240, Москва, Устьинский проезд, 2/14. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2259-1222> (nikitjuk@ion.ru)

Рожкова Елена Анатольевна, д.б.н., ведущий научный сотрудник ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы», Россия, 105120, Москва, Земляной вал ул., 53. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2440-9244> (erozhcova@yandex.ru)

Information about the authors:

Alexey G. Antonov, Specialist of Integrated Scientific and Methodical Support to Athletes of the Moscow Innovative Sports Technology and National Teams Training Centre, Moscow Department of Sports, 6 Sovetskaya Army str., Moscow, 129272, Russia. ORCID: 0000-0002-3409-4485 (alex-antonovk@gmail.com)

Vasilii D. Vybornov, Ph.D., Deputy Director for medical-biological and scientific-methodological support of the Moscow Innovative Sports Technology and National Teams Training Centre, Moscow Department of Sports, 6 Sovetskaya Army str., Moscow, 129272, Russia (v.vybornov84@gmail.com)

Mikhail Y. Balandin, Specialist of Integrated Scientific and Methodical Support to Athletes of the Moscow Innovative Sports Technology and National Teams Training Centre, Moscow Department of Sports, 6 Sovetskaya Army str., Moscow, 129272, Russia (balandinm87@gmail.com)

Polina D. Rybakova*, Specialist for Integrated Scientific and Methodical Support to Athletes of the Moscow Innovative Sports Technology and National Teams Training Centre, Moscow Department of Sports, 6 Sovetskaya Army str., Moscow, 129272, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1165-6518> (+7 (977) 793 81 31; rybakova.poly@yandex.ru)

Victoria A. Badtieva, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, M.D., D.Sc. (Medicine), Head of Branch No.1, Moscow Scientific and Practical Centre for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, Moscow Health Care Department, 53 Zemlyanoy Val str., Moscow, 105120, Russia. ORCID: 0000-0003-4291-679X (maratik2@yandex.ru)

Dmitry B. Nikityuk, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, M.D., D.Sc. (Medicine), Director of Federal Research Centre for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 2/14 Ustyinsky proezd, Moscow, 109240, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2259-1222> (nikitjuk@ion.ru)

Yelena A. Rozhkova – D.Sc. (Biology), leading researcher of the Moscow Scientific and Practical Centre for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, Moscow Health Care Department, 53 Zemlyanoy Val str., Moscow, 105120, Russia. ORCID: 0000-0002-2440-9244 (erozhcova@yandex.ru)

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Левченко Константин Петрович (4.03.1947–22.07.2022) — замечательный человек с потрясающе интересной биографией, внесший огромный вклад в развитие лечебной физкультуры и спорта. Родился в Хабаровске в семье преподавателя русского языка и литературы (в последующем депутата) и военнослужащего, инженера-конструктора. Юношей был капитаном и лидером сборной Хабаровского края по баскетболу, чемпионом России.

Константин Петрович окончил Хабаровский медицинский институт и работал врачом-неврологом, затем специалистом по лечебной физкультуре. В то же время играл, совмещая роль тренера, в мужской команде «Динамо», на базе которой была образована сборная Хабаровского края, победившая в первенстве Дальнего Востока в городе Южно-Сахалинске в 1973 году. Имел судейскую республиканскую категорию по баскетболу. Проводил соревнования различного уровня в качестве главного судьи по баскетболу. Переехав в Москву, защитил в Институте курортологии и физиотерапии кандидатскую диссертацию на тему «Изменение обменных процессов у спортсменов при применении физических нагрузок, сауны и диеты с целью снижения массы тела», затем докторскую диссертацию «Дифференцированная система физической реабилитации больных с невротическими расстройствами». Профессор К. П. Левченко заведовал кафедрой физической реабилитации, спортивной медицины и здорового образа жизни Российской медицинской академии последипломного образования Росздрава РФ

с 1998 по 2014 год. Его научные исследования были посвящены биохимии спорта, лечебной физкультуре при неврозах, фитнесу. Под его руководством сотрудниками кафедры была разработана типовая программа дополнительного профессионального образования врачей по специальности «Лечебная физкультура и спортивная медицина», а в 2010 году подготовлен профессиональный стандарт деятельности по специальности «Лечебная физкультура и спортивная медицина». В 2009 году К. П. Левченко издал монографию «Восстановительная медицина, фитнес и лечебная физкультура», включающая в себя уникальные принципы построения реабилитационных программ «Anti age — против старения», «Азотистая теория медицинской реабилитации». Профессор К. П. Левченко — автор изобретений и патентов РФ и СССР. В течение двух лет работал главным врачом сети фитнес-клубов «Планета Фитнес» в Москве. Профессор К. П. Левченко был прекрасным врачом, которому благодарно множество пациентов. Блестяще владел методами психотерапии, рефлексотерапии, приемами контактного и бесконтактного массажа, акупунктуры, методик цигун, йоги, новыми методиками дифференцированной психофизической реабилитации (ЛФК).

Все четверо детей Константина Петровича по примеру отца стали врачами. Всегда целеустремленный, активный, обладающий огромной силой воли, несмотря на тяжелую болезнь, безвозвратно оставался верен медицине и спорту. Последние минуты своей жизни провел в движении. Помним, любим, скорбим.

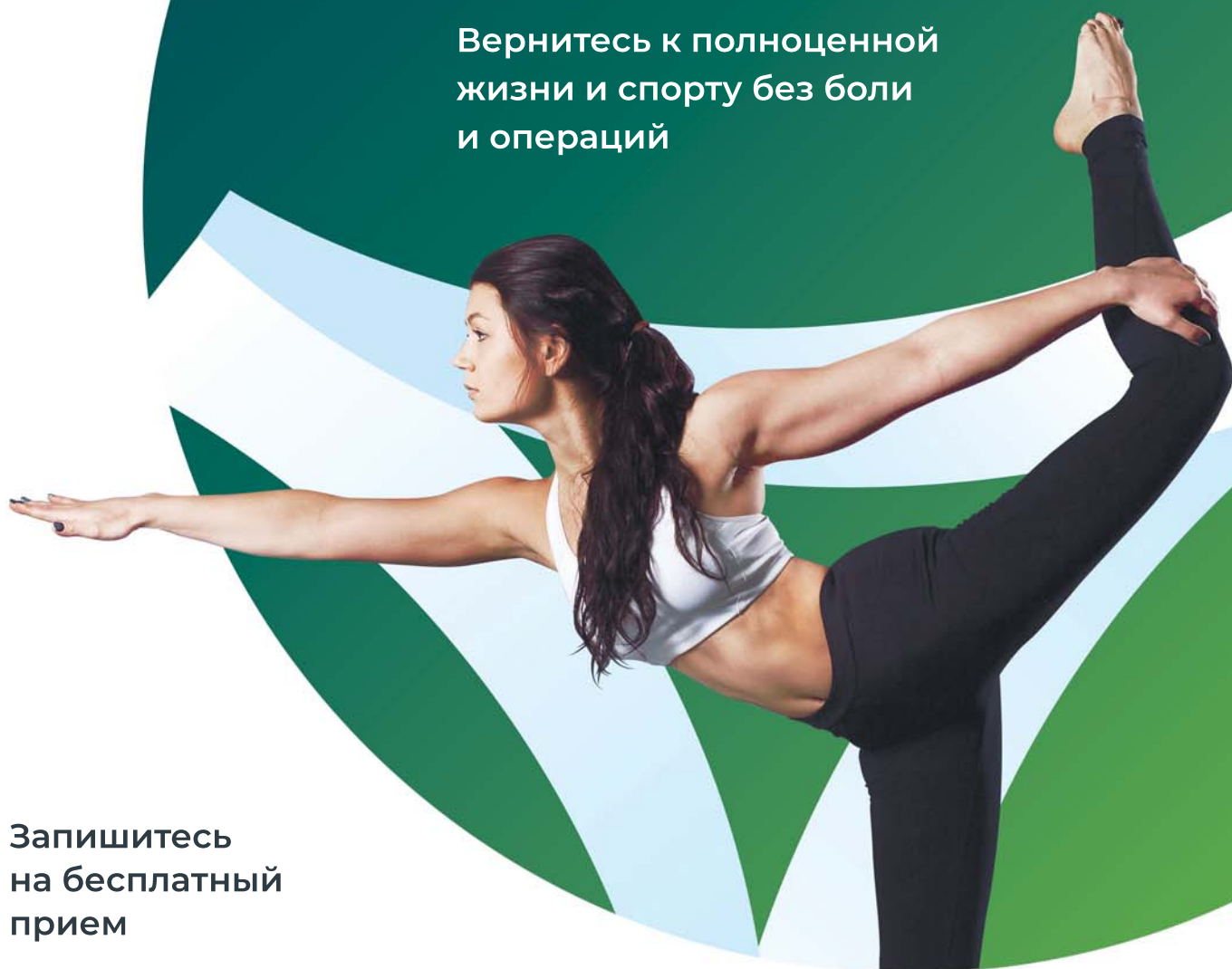


RēMEDICA

*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



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

