



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 Евгений Евгеньевич — проф., д.м.н., зав. каф. спортивной медицины и медицинской реабилитации, директор Клиники медицинской реабилитации Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), член Наблюдательного совета РАА «РУСАДА» (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.

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., проф. 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)

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

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

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)

Касымова 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)

Королев А.В. — проф., д.м.н., профессор кафедры травматологии и ортопедии РУДН, руководитель клиники спортивной травматологии Европейского медицинского центра (Россия, Москва)

Макаров Л.М. — проф., д.м.н., руководитель Центра синкопальных состояний и сердечных аритмий Научно-клинического центра детей и подростков ФМБА России (Россия, Москва)

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

Морганс Райланд — проф., доктор философии, университет Центрального Ланкашира (Великобритания, Престон)

Оганесян А.С. — проф., д.б.н.

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)

Пиголкин Ю.И. — проф., д.м.н., зав. каф. судебной медицины Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет) (Россия, Москва)

Прохорович Е.А. — проф., д.м.н., профессор каф. терапии, клинической фармакологии и скорой медицинской помощи МГМСУ им. А.И. Евдокимова

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

Середа А.П. — д.м.н., заместитель директора ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Россия, Санкт-Петербург)

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

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-Т» (Россия, Москва)



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), Member of the Supervisory Board of the Russian Anti-Doping Agency RUSADA. (Moscow, Russia)

ASSOCIATE EDITORS

Boris Polyayev – 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.

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 Burtcher – 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)

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)

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)

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)

Andrey Korolev – M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Professor of the Traumatology and Orthopedics Department of the RUDN University, Head of the Sports Traumatology Clinic of the European Medical Center (Moscow, Russia)

Leonid Makarov – M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Center for Syncope and Cardiac Arrhythmias of the Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents of the Federal Medical and Biological Agency of Russia (Moscow, Russia)

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)

Ryland Morgans – Ph.D., Prof., University of Central Lancashire (Preston, UK)

Areg Hovhannisyan – Ph.D. (Biology), Prof.

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 Parastaev – 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)

Yury Pigolkin – M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Forensic Medicine of the Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) (Moscow, Russia)

Elena Prohorovich – M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Professor of the Department of Therapy, Clinical Pharmacology and Emergency Medicine of the A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry (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)

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)

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)

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

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 статьи
- Обзоры литературы
- Лекции
- Клинические наблюдения, случаи из практики
- Комментарии специалистов

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/>

Заведующий редакцией:

БЕЗУГЛОВ Эдуард Николаевич — к.м.н., доцент кафедры спортивной медицины и медицинской реабилитации Института клинической медицины им. Н.В. Склифосовского Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовского университета), председатель медицинского комитета РФС, руководитель медицинского штаба ПФК «ЦСКА», заведующий лабораторией спорта высших достижений Сеченовского университета. E-mail: bezuglov_e_n@staff.sechenov.ru

Редакция:

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

Типография:

ООО «БЕАН»

Адрес: 603003, г. Нижний Новгород, ул. Баррикад, д.1

Сайт:

smjournal.ru
neicon.ru

Подписано в печать 21.05.2024

Формат 60x90/8

Тираж 1000 экз.

Цена договорная

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

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

Плата за публикацию статей в журнале с аспирантов не взимается.

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

Журнал издается с 2011 года

Периодичность — 4 выпуска в год

Подписной индекс в каталоге «Пресса России» — 90998

© Спортивная медицина: наука и практика, оформление, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

Заболевания спортсменов

- В.Н. Комолятова, Д.А. Беспорточный, Л.М. Макаров, И.И. Киселева, Н.В. Аксенова**
Распространенность артериальной гипертензии у юных элитных спортсменов с гипертоническим типом реакции на физическую нагрузку 5
- А.В. Жолинский, А.И. Кадыкова, Н.С. Гладышев, М.В. Терехов, А.А. Иващенко, В.В. Максютин, А.И. Некрасова, С.И. Митрофанов, М.В. Иванов, Д.А. Кашианова, В.С. Юдин, А.А. Кескинов, С.М. Юдин, Р.В. Деев, В.И. Скворцова**
Структура заболеваний системы кровообращения и их генетические предикторы у спортсменов с высокой интенсивностью тренировочной и соревновательной нагрузки 12

Спортивная психология

- Г.С. Пушкарев, О.В. Сенаторова, Л.А. Темпель, Д.И. Бутов, Е.Ф. Туровина**
Тревожность у элитных спортсменов, половозрастные особенности и ассоциация с видами спорта 27

Спортивная травматология

- М.Н. Величко, А.Ю. Терсков, А.М. Белякова, Е.О. Храброва, А.В. Бодров, А.В. Штурмин, А.С. Умников, А.А. Шурыгина**
Сравнительные результаты субъективной оценки профессиональными спортсменами функционального состояния коленного сустава после пластики передней крестообразной связки аутогенными трансплантатами из сухожилий полусухожильной и нежной мышц бедра и сухожилия длинной малоберцовой мышцы голени. 36
- А.В. Борисова, М.Р. Журавлёва, Ф.В. Тахавиева, М.С. Бутовский**
Клинический случай посткоммоционного синдрома у взрослой профессиональной футболистки 47

Антидопинговое обеспечение

- П.В. Постников, З.Г. Орджоникидзе, Р.А. Ханферьян, Ю.А. Ефимова, И.В. Пронина**
MiR-378a-3p и miR-491-5p как маркеры применения ксеноновых ингаляций в допинг-контроле: пилотное исследование 54

Физиология и биохимия спорта

- А.В. Шестопалов, В.В. Давыдов, К.П. Меркель, Т.В. Григорьева, Д.С. Мартыканова, Н.Х. Давлетова, А.В. Лайков, С.А. Румянцев**
Показатели эндокринной функции мышечной и жировой ткани у спортсменов, занимающихся единоборствами 65

Функциональная диагностика

- А.С. Шарыкин, В.А. Бадтиева, А.В. Жолинский, С.А. Парастаев, Д.М. Усманов**
Патология сердечно-сосудистой системы у лиц, возвращающихся к занятиям спортом после COVID-19 76

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

Scopus

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

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/>

Deputy editor:

BEZUGLOV Eduard Nikolaevich — M.D., C.Sc. (Medicine), Associate Professor of the Department of Sports Medicine and Medical Rehabilitation, Head of the High Performance Sports Laboratory of the Sechenov First Moscow State Medical University, Chairman of the Medical Committee of the Russian Football Union, Head of the Medical Department of PFC CSKA, E-mail: bezuglov_e_n@staff.sechenov.ru

Editorial Office:

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

Printed by

LLCBEAN
Address: 1, Barrikad str., Nizhny Novgorod, 603003

Websites:

smjournal.ru
neicon.ru
Published: 21 May 2024
60x90/8 Format
1000 Copies

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

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

There is no publication fee for postgraduate students.

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

Published since 2011

4 issues per year

«Russian Press» catalog index — 90998

© Sports medicine: research and practice, layout, 2023

CONTENTS

Sports Diseases

Vera N. Komoliatova, Dmitrii A. Besportochii, Leonid M. Makarov, Irina I. Kiseleva, Natalia V. Aksenova
Prevalence of arterial hypertension in young elite athletes with a hypertensive type of response to physical activity. 5

Andrey V. Zholinsky, Anastasia I. Kadykova, Nikita S. Gladyshev, Mikhail V. Terekhov, Alexey A. Ivashechkin, Valentina V. Maksyutina, Alexandra I. Nekrasova, Sergey I. Mitrofanov, Mikhail V. Ivanov, Darya A. Kashtanova, Vladimir S. Yudin, Anton A. Keskinov, Sergey M. Yudin, Roman V. Deev, Veronika I. Skvortsova
Structure of circulatory system diseases and their genetic predictors in athletes with high intensity of training and competitive load 12

Sports Psychology

Georgiy S. Pushcarov, Olga V. Senatorova, Larisa A. Tempel, Dmitriy I. Butov, Elena F. Turovinina
Anxiety in elite athletes, sex and age characteristics and association with sports. 27

Sports Traumatology

Maxim N. Velichko, Alexander U. Terskov, Anna M. Belyakova, Ekaterina O. Hrabrova, Anton V. Bodrov, Anton V. Shturmin, Alexei S. Umnikov, Anastasia A. Shurygina
Comparative results of subjective assessment by professional athletes of the functional state of the knee joint after anterior cruciate ligament repair with semitendinosus and gracilis tendons or peroneus longus tendon grafts 36

Alyona V. Borisova, Madina R. Zhuravleva, Farida V. Takhavieva, Mikhail S. Bytovsky
A clinical case of post-concussion syndrome in an elite professional football player 47

Doping Studies

Pavel V. Postnikov, Zurab G. Ordzhonikidze, Roman A. Khanferyan, Yulia A. Efimova, Irina V. Pronina
MiR-378a-3p and miR-491-5p as markers of xenon abuse in doping control. 54

Sports Physiology and Biochemistry

Alexander V. Shestopalov, Vadim V. Davydov, Konstantin P. Merkel, Tatiana V. Grigoryeva, Dilyara S. Martykanova, Nailya Ch. Davletova, Alexander V. Laikov, Sergey A. Roumiantsev
Indicators of endocrine function of muscle and fat tissue in athletes participating in martial arts 65

Functional Testing

Alexander S. Sharykin, Viktoria A. Badietva, Andrey V. Zholinsky, Sergey A. Parastaev, Damir M. Usmanov
Pathology of the cardiovascular system in people returning to sports after COVID-19 76

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





Распространенность артериальной гипертензии у юных элитных спортсменов с гипертоническим типом реакции на физическую нагрузку

В.Н. Комолятова^{1,2,*}, Д.А. Беспорточный¹, Л.М. Макаров^{1,2}, И.И. Киселева¹, Н.В. Аксенова³

¹ Центр синкопальных состояний и сердечных аритмий ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства», Москва, Россия

² ФГБОУ «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

³ Лечебно-реабилитационный центр «ОКА» ФГБУ «Федеральный клинический центр высоких медицинских технологий Федерального медико-биологического агентства», д. Тарбушево, Озерский район, Московская область, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель: оценить распространенность артериальной гипертензии у спортсменов с высокими значениями артериального давления (АД) при выполнении нагрузочной пробы.

Материалы и методы: участниками исследования стали 2313 спортсменов в возрасте от 14 до 18 лет (средний возраст $15,5 \pm 1,4$ года), которые выполняли велоэргометрию (ВЭМ). По ее результатам у 128 спортсменов (6%) обнаружены высокие значения АД при максимальной нагрузке, в последующем 86 (67%) из них проведено суточное мониторирование артериального давления (СМАД). Участники исследования, которым выполнялся СМАД, были разделены на 2 группы: с нормальным — 62 (72%) и высоким офисным АД — 24 (28%).

Результаты: у спортсменов с высокими офисными значениями АД достоверно выше был индекс массы тела. Между двумя группами не отмечалось достоверных различий в показателях СМАД. У 71% спортсменов выявлена артериальная гипертензия, у 65% — маскированная артериальная гипертензия.

Выводы: у юных элитных спортсменов с высокими значениями АД на нагрузке в 71% выявляется артериальная гипертензия по данным СМАД, в 65% в этой группе выявляется маскированная артериальная гипертензия, что диктует необходимость проведения СМАД в этой группе спортсменов.

Ключевые слова: юные спортсмены, нагрузочная проба, артериальная гипертензия

Для цитирования: Комолятова В.Н., Беспорточный Д.А., Макаров Л.М., Киселева И.И., Аксенова Н.В. Распространенность артериальной гипертензии у юных элитных спортсменов с гипертоническим типом реакции на физическую нагрузку. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2023;13(4):5–11. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.4.5>

Поступила в редакцию: 25.12.2023

Принята к публикации: 01.02.2024

Online first: 14.02.2024

Опубликована: 21.05.2024

* Автор, ответственный за переписку

Prevalence of arterial hypertension in young elite athletes with a hypertensive type of response to physical activity

Vera N. Komoliatova^{1,2,*}, Dmitrii A. Besportochnii¹, Leonid M. Makarov^{1,2}, Irina I. Kiseleva¹,
Natalia V. Aksenova³

¹ Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents. Center for Syncope and Cardiac Arrhythmias, Moscow, Russia

² Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Moscow, Russia

³ Federal Clinical Center for High Medical Technologies, treatment and rehabilitation "OKA" of the Federal Medical and Biological Agency, Moscow Region, Russia

ABSTRACT

Aim of the study: to assess the prevalence of arterial hypertension in athletes with high BP values during an exercise test. **Methods:** out of 2313 athletes 14–18 (15.5 ± 1.4) years old, according to the results of VEM, 128 (6 %; 60 m) people with high blood pressure values at maximum load were identified, 86 (67 %) of them underwent ABPM. The patient were divided into 2 groups: with normal — 62 (72 %) and high office BP – 24 (28 %).

Results: athletes with high office BP values had a significantly higher BMI. We did not note any significant differences in ABPM between the two groups. 71 % had arterial hypertension, 65 % had masked arterial hypertension.

Conclusions: in young elite athletes with high values of BP during exercise, 71 % are diagnosed arterial hypertension according to ABPM; in 65% masked arterial hypertension has detected, which dictates the need for ABPM in this group of athletes.

Keywords: the young elite athletes, stress test, arterial hypertension

For citation: Komoliatova V.H., Besportochnii D.A., Makarov L.M., Kiseleva I.I., Aksenova N.B. Prevalence of arterial hypertension in young elite athletes with a hypertensive type of response to physical activity. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2023;13(4):5–11. (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.4.5>

Received: 25 December 2023

Accepted: 01 February 2024

Online first: 14 February 2024

Published: 21 May 2024

*Corresponding author

1. Введение

Проба с физической нагрузкой обычно проводится у спортсменов для оценки состояния сердечно-сосудистой системы и адаптации ее к нагрузкам. Оценка артериального давления (АД) во время физической нагрузки является неотъемлемой частью этого теста и имеет большое клиническое значение. Спортсмены способны выполнять более высокие физические нагрузки по сравнению с лицами, ведущими сидячий образ жизни, что приводит к более высоким значениям АД во время нагрузки [1]. Однако молодые спортсмены с аномально высокими значениями систолического и/или диастолического АД при нагрузочном тесте в 3,6 раза чаще имели впоследствии артериальную гипертензию [2]. Раннее выявление артериальной гипертензии имеет крайне актуальное значение, так как своевременно начатая корректирующая терапия может позволить избежать поражения органов мишеней.

Диагностика артериальной гипертензии строится в основном на оценке офисных измерений артериального давления, только некоторые зарубежные руководства по проведению СМАД рекомендуют проведение этого исследования у пациентов с высокими значениями АД на нагрузке [3].

Целью настоящего исследования явилось оценить распространенность артериальной гипертензии у спортсменов с высокими значениями АД при нагрузочной пробе.

2. Материалы и методы

В исследование были включены спортсмены, входящие в состав сборной России по 40 видам спорта, в возрасте от 14 до 18 (средний возраст 15,5 ± 1,4) лет, которым в 2016–2017 годы в рамках углубленного медицинского обследования проводилась велоэргометрия в Центре синкопальных состояний и сердечных аритмий у детей и подростков ФМБА России и офисное определение артериального давления, с оценкой значений согласно существующим нормативным таблицам для пола и роста [4].

Из 2313 юных элитных спортсменов выявлено 128 (6%; 60 юношей, 68 девушек) человек с высокими значениями АД на максимальной нагрузке (более 230 мм рт. ст. для юношей, более 210 мм рт. ст. для девушек). В 86 (67%) случаях было проведено суточное мониторирование АД (СМАД) с использованием осциллометрического метода оценки АД. Манжета для проведения СМАД надевалась на недоминантную руку, измерение проводилось каждые 20 минут днем и каждые 30 минут

ночью. Адекватным считался тест, если в течение суток проводилось не менее 50 измерений. Оценивались средние значения АД за сутки, в дневные и ночные часы, индекса времени нагрузки АД (% времени увеличения значений АД выше нормы). Оценка результатов проводилась с учетом нормативных таблиц для роста и пола [5]. Статистический анализ полученных данных проводили с использованием программы Statistica for Windows (v 7.0 StatSoft, USA). Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

3. Результаты

Среди участников исследования, которым выполнялся СМАД, преобладали юноши ($n = 77$; 90%). Клиническая характеристика группы обследуемых представлена в таблице 1.

Средний возраст у юношей составил 16 ± 1 год и у девушек 15 ± 1 год, рост и вес юношей были достоверно выше, чем у девушек. Средние значения индекса массы тела (ИМТ) у юношей и девушек были в пределах нормы,

но в обеих группах имели верхние пограничные значения. В среднем по группе показатели офисного измерения АД у спортсменов были в пределах нормы, достоверно выше значения систолического АД при офисном измерении наблюдались у юношей. Однако у 24 (28%) человек показатели офисного измерения АД были повышены. Был проведен сравнительный анализ клинических характеристик в группе спортсменов с высокими и нормальными офисными значениями артериального давления. Результаты анализа представлены в таблице 2.

Спортсмены с высокими офисными значениями АД в два раза чаще имели избыток массы тела в сравнении со спортсменами с нормальными офисными значениями АД (46% vs 24%), у 8 наблюдался избыточный вес (ИМТ от 25 до 30%), а у 3 — ожирение 1-й степени (ИМТ > 30%). Не отмечалось достоверных различий между максимальными значениями систолического АД, которое спортсмены достигали во время физической нагрузки. Достоверных различий в выполненной нагрузке между группами с нормальным и повышенным офисным АД

Таблица 1

Клиническая характеристика спортсменов возраста 14–18 лет с высокими значениями АД на пробе с дозированной физической нагрузкой

Table 1

Clinical characteristics of the athletes 14–18 years old with high blood pressure values during exercise test

	Юноши ($n = 77$; 90%)	Девушки ($n = 9$; 10%)	p^*
Возраст (лет)	16 ± 1	15 ± 1	
Рост (см)	$184 \pm 8,7$	$168 \pm 5,9$	0,001
Вес (кг)	$83 \pm 15,7$	$65 \pm 12,5$	0,001
ИМТ (кг/м ²)	$24 \pm 3,7$	$23 \pm 4,5$	
Офисное САД (мм рт. ст.)	128 ± 14	116 ± 8	0,008
Офисное ДАД (мм рт. ст.)	72 ± 9	69 ± 7	
САД на нагрузке (мм рт. ст.)	222 ± 20	199 ± 19	0,001
ДАД на нагрузке (мм рт. ст.)	80 ± 16	86 ± 5	

Примечание: * p — сравнение юношей и девушек.

Note: * p — boys vs girls.

Таблица 2

Результаты сравнительного анализа клинических характеристик спортсменов в высоком и нормальном офисном АД

Table 2

Results of a comparative analysis of the clinical characteristics of the athletes with high and normal office blood pressure

	Нормальное ($n=62$; 72%)	Повышенное ($n=24$; 28%)	p (*)
Рост (см)	182 ± 10	184 ± 8	
Вес (кг)	78 ± 15	87 ± 18	0,06
ИМТ (кг/м ²)	23 ± 3	26 ± 4	0,01
Офисное САД (мм рт. ст.)	119 ± 8	144 ± 9	0,001
Офисное ДАД (мм рт. ст.)	71 ± 8	74 ± 11	
САД на нагрузке (мм рт. ст.)	218 ± 23	219 ± 20	
ДАД на нагрузке (мм рт. ст.)	82 ± 16	78 ± 14	

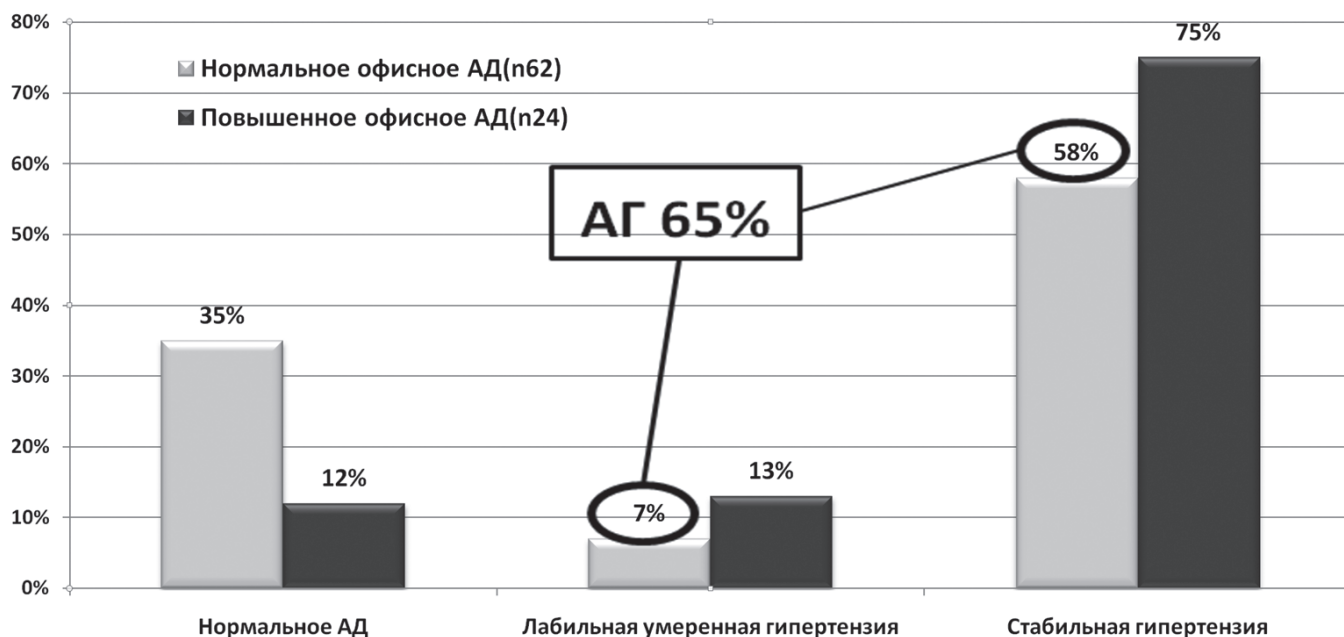


Рис. Распространенность артериальной гипертензии в группах детей спортсменов уровня высшего спортивного мастерства в зависимости от показателей офисного измерения АД

Fig. Prevalence of arterial hypertension in young elite athletes with normal and high office blood pressure

не выявлено ($2,34 \pm 0,38$ и $2,29 \pm 0,5$ Вт/кг соответственно, $p > 0,1$).

При сравнении показателей СМАД в двух группах спортсменов выявлено, что в группе спортсменов с высокими офисными значениями АД показатели САД и индекса времени САД были выше, однако разница в показателях между группами не достигала статистической значимости. В этой же группе при офисном измерении чаще регистрировалась стабильная артериальная гипертензия (75 и 58 % соответственно) (рис.).

У 61 (71 %) обследованных спортсменов, интенсивно занимающихся спортом, с высокими значениями АД на физической нагрузке при проведении СМАД нами выявлены признаки артериальной гипертензии. При этом 56 из них входили в группу с нормальными значениями АД при офисных измерениях, что может быть истолковано как маскированная артериальная гипертензия, распространенность которой составила 65 % (рис. 1). Более часто встречалась стабильная артериальная гипертензия (индекс времени гипертензии в этой группе достигал 64 ± 20 % (макс до 92 %) и был повышен как в дневное (63 ± 23 %), так и в ночное (65 ± 28 %) время). У 3 (12 %) спортсменов, имеющих сочетание высоких значений АД, при офисном измерении и на физической нагрузке показатели АД при СМАД были в норме, что может трактоваться как гипертония «белого халата».

4. Обсуждение

Распространенность артериальной по данным литературы значительно различается в зависимости от используемой методологии. Так, в крупном исследовании

Casseli и соавт. [6] показано, что артериальная гипертензия встречается у 3 % молодых европейских спортсменов. В большом обзоре Verge и соавт. с участием более 130 000 обследуемых не выявлено каких-либо различий в частоте регистрации артериальной гипертензии у спортсменов и контрольной группы, не занимающихся спортом, хотя и отмечено, что распространенность артериальной гипертензии сильно зависела от возраста, видов спорта и спортивного стажа [7]. По данным Балыковой и соавт., среди спортсменов до 18 лет артериальная гипертензия по данным СМАД встречалась у 19,7 % из них, в то время как при офисном измерении — только у 3 % [8].

Определение распространенности артериальной гипертензии среди элитных спортсменов не было основной целью проведенного исследования, но в нем также было обнаружено, что методика СМАД позволяет более точно выявить это состояние у спортсменов. Основной же целью было изучение распространенности маскированной артериальной гипертензией среди спортсменов с высокими значениями артериального давления при тесте с дозированной физической нагрузкой. Предполагалось, что в этой группе это состояние может встречаться чаще, так как в проведенных ранее исследованиях было показано, что высокие значения АД на пробе с дозированной физической нагрузкой являлись независимыми предикторами артериальной гипертензии в будущем [2]. Данных о распространенности маскированной артериальной гипертензии в доступной научной литературе не встречаются, но все исследования, проведенные в этой области, убедительно

доказывают, что она ассоциируется с высоким риском сердечно-сосудистых поражений, развитием гипертрофии левого желудочка [9].

Известно, что у высокотренированных юных спортсменов показатели АД на физической нагрузке могут достигать более высоких значений, чем у их сверстников, не занимающихся спортом [10, 11]. В проведенном исследовании было обнаружено, что число таких спортсменов может достигать 6%. В других же исследованиях распространенность высоких значений АД среди здоровых людей разного возраста, пола и этнической принадлежности находилась в диапазоне от 3–4 до 18% [12]. Необходимо отметить, что встречаемость повышенного АД при физической нагрузке намного выше у лиц с установленными факторами риска развития сердечно-сосудистых заболеваний, таких как сахарный диабет 2-го типа (> 50%) или маскированная артериальная гипертензия (> 40%) [13, 14]. Высокая встречаемость этого феномена среди лиц с более высоким риском сердечно-сосудистых заболеваний подтверждает потенциальную важность его использования в качестве маркера риска. По данным когортного исследования «Framingham off spring», повышенное АД при физической нагрузке имеет связь с традиционными маркерами риска сердечно-сосудистых заболеваний, такими как возраст, курение, высокий индекс массы тела, АД в состоянии покоя и уровень общего холестерина [15]. В метаанализе Schultz et al., обобщившем доступные данные о нормотензивных пациентах без сердечно-сосудистых заболеваний в анамнезе (12 исследований, 46 314 пациентов, наблюдение за которыми осуществлялось в течение 15 ± 4 года), было обнаружено, что независимо от возраста, пола, АД в покое и множественных факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний повышенное АД при физических нагрузках субмаксимальной интенсивности было связано с увеличением случаев сердечно-сосудистых заболеваний и смертности от них на 36%. Каждое повышение систолического АД при физической нагрузке на 10 мм рт. ст. при субмаксимальной интенсивности ассоциировалось с увеличением годовой частоты сердечных событий на 4% [16].

Механизмы, лежащие в основе чрезмерного повышения систолического АД при физической нагрузке, неизвестны. Можно предположить, что у юных спортсменов

такая реакция определяется хроническим физическим и эмоциональным стрессом, которому подвержены молодые люди, испытывающие интенсивные, а иногда и запредельные физические нагрузки. Зачастую в группе подобных пациентов наблюдается нормализация показателей АД после короткого периода детренинга. Однако это теория требует подтверждений. Исследования, проведенные по изучению этого явления, в основном проводились у взрослых пациентов, и в них был продемонстрирован вклад ригидности крупных артерий, возникающих в процессе старения [17]. В состоянии покоя повышенная жесткость крупной артерии (аорты) является независимым предиктором смертности и тесно связана с повышением артериального АД [18]. Помимо этого, структурные нарушения в периферической сосудистой сети или неспособность периферической сосудистой сети надлежащим образом расширять сосуды и обеспечивать периферический отток увеличенного кровотока также могут повышать АД во время физической нагрузки [16]. Действительно, некоторые исследования показали, что нарушение функции эндотелия ассоциированы с гипертоническим ответом гемодинамики на физическую нагрузку [19, 20]. Кроме того, повышение уровня сывороточного холестерина и инсулина также положительно коррелирует с изменениями АД при физической нагрузке [21]. Эти метаболические нарушения могут снижать реактивность сосудов во время физической нагрузки и повышать сосудистое сопротивление, что также приводит к избыточному повышению АД на нагрузку. Однако выяснения точных физиологических механизмов гипертонической реакции на нагрузку требует дополнительного уточнения и прогностического значения, особенно у молодых лиц, интенсивно занимающихся спортом.

5. Заключение

У юных элитных спортсменов с высокими значениями АД на нагрузке при проведении суточного мониторинга АД в 71% случаев выявляется артериальная гипертензия, а 65% юношей, интенсивно занимающихся спортом, с нормальными значениями АД и гипертоническим типом реакции на нагрузку имеют маскированную артериальную гипертензию, что диктует необходимость проведения СМАД в этой группе спортсменов.

Вклад авторов:

Комолятова Вера Николаевна — анализ литературы, анализ данных, подготовка и написание статьи;

Беспорточный Дмитрий Алексеевич — сбор материала, обработка материала, анализ литературы;

Макаров Леонид Михайлович — подготовка и написание статьи;

Киселева Ирина Ивановна — сбор и анализ данных;

Аксенова Наталья Валентиновна — сбор и анализ данных, анализ литературы.

Author contributions:

Vera N. Komoliatova — analysis of literature, data analysis, preparation and writing of the article;

Dmitrii A. Makarov — data collection, data analysis, literature analysis;

Leonid M. Makarov — preparation and writing of the article;

Irina I Kiseleva — data collection, data analysis;

Natalia V. Aksenova — data collection, data analysis, data collection, data analysis.

Список литературы / References

1. Mazic S., Lazic J., Dekleva M., Antic M., Soldatovic I., Djelic M., et al. The impact of elevated blood pressure on exercise capacity in elite athletes. *Int. J. Cardiol.* 2015;180:171–177. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2014.11.125>
2. Caselli S., Serdoz A., Mango F., Lemme E., Sequi A.V., Milan A., et al. High blood pressure response to exercise predicts future development of hypertension in young athletes. *Eur. Heart J.* 2019;40(1):62–68. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy810>
3. Lurbe E., Agabiti-Rosei E., Kennedy Cruickshank J., Dominiczak A., Erdine S., Hirth A., et al. European Society of Hypertension guidelines for the management of high blood pressure in children and adolescents. *J. Hypertens.* 2016;34(10):1887–1920. <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000001039>
4. Александров А.А., Кисляк О.А., Леонтьева И.В. Клинические рекомендации. Диагностика, лечение и профилактика артериальной гипертензии детей и подростков. Системные гипертензии. 2020;17(2):7–35. [Aleksandrov A.A., Kisliak O.A., Leontyeva I.V. Clinical guidelines on arterial hypertension diagnosis, treatment and prevention in children and adolescents. *Systemic Hypertension.* 2020;17(2):7–35. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.2644/2/2075082X.2020.2.200126>
5. Urbina E., Alpert B., Flynn J., Hayman L., Harshfield G.A., Jacobson M., et al. Ambulatory blood pressure monitoring in children and adolescents: recommendations for standard assessment a scientific statement from the American heart association atherosclerosis, hypertension, and obesity in youth committee of the council on cardiovascular disease in the young and the council for high blood pressure research. *Hypertension.* 2008;52(3):433–451. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.108.190329>
6. Casseli S., Sequi A.V., Lemme E., Quattciui F., Milan A., D'Ascenzi F., et al. Prevalence and management of systemic hypertension. *Am. J. Card.* 2017;119(10):1616–1622. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2017.02.011>
7. Berge H.M., Isern C.B., Berge E. Blood pressure and hypertension in athletes: a systematic review. *Br. J. Sports Med.* 2015;49(11):716–723. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093976>
8. Балыкова Л.А., Ключников О.С., Ивянский С.А., Широкова А.А., Солдатов О.М., Солдатов Ю.О., и др. Комплексная диагностика артериальной гипертензии у юных атлетов различной спортивной специализации. Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2022;67(3):73–80. [Balykova L.A., Klyuchnikov S.O., Ivyansky S.A., Shirokova A.A., Soldatov O.M., Soldatov Yu.O., et al. Complex diagnosis of arterial hypertension in athletes specializing in various sports. *Rossiyskiy Vestnik Perinatologii i Pediatrii = Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics.* 2022;67(3):73–80. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.21508/1027-4065-2022-67-3-73-80>
9. Seeman T., Sulakova T., Stabouli S. Masked hypertension in healthy children and adolescents: who should be screened? *Curr. Hypertens. Rep.* 2023;25(9):231–242. <https://doi.org/10.1007/s11906-023-01260-6>
10. Caselli S., Seguia V., Quattrini F., Di Gacinto B., Milan A., Assorgi R., et al. Upper normal values of blood pressure response to exercise in Olympic athletes. *Am. Heart. J.* 2016;177:120–128. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2016.04.020>
11. Комолятова В.Н., Беспорточный Д.А., Макаров Л.М., Киселева И.И., Аксенова Н.В. Показатели артериального давления у юных элитных спортсменов при проведении пробы с дозированной физической нагрузкой. Спортивная медицина: наука и практика. 2022;12(1):86–91. [Komoliatova V.N., Besportochinii D.A., Makarov L.M., Kiseleva I.I., Aksenova N.V. Parameters of blood pressure during stress test in young elite athletes. *Sports medicine: research and practice.* 2022;12(1):86–91. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.10>
12. Le V.V., Mitiku T., Sungar G., Myers J., Froelicher V. The blood pressure response to dynamic exercise testing: a systematic review. *Prog. Cardiovasc. Dis.* 2008;51(2):135–160. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2008.07.001>
13. Schultz M.G., Hordern M.D., Leano R., Coombes J.S., Marwick T.H., Sharman J.E. Lifestyle change diminishes a hypertensive response to exercise in type 2 diabetes. *Med. Sci Sports Exerc.* 2011;43(5):764–769. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181fcf034>
14. Kramer C.K., Leitao C.B., Canani L.H., Ricardo E.D., Pinto L.C., Gross J.L. Blood pressure responses to exercise in type II diabetes mellitus patients with masked hypertension. *J. Hum. Hypertens.* 2009;23(9):620–622. <https://doi.org/10.1038/jhh.2009.24>
15. Thanassoulis G., Lyass A., Benjamin E.J., Larson M.G., Vita J.A., Levy D., et al. Relations of exercise blood pressure response to cardiovascular risk factors and vascular function in the Framingham Heart Study. *Circulation.* 2012;125(23):2836–2843. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.111.063933>
16. Schultz M.G., Otahal P., Cleland V.J., Blizzard L., Marwick T.H., Sharman J.E. Exercise-induced hypertension, cardiovascular events, and mortality in patients undergoing exercise stress testing: a systematic review and meta-analysis. *Am. J. Hypertens.* 2013;26(3):357–366. <https://doi.org/10.1093/ajh/hps053>
17. Laurent S., Cockcroft J., Van Bortel L., Boutouyrie P., Giannattasio C., Hayoz D., et al. Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications. *Eur. Heart J.* 2006;27(21):2588–2605. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehl254>
18. Vlachopoulos C., Aznaouridis K., Stefanadis C. Prediction of cardiovascular events and all-cause mortality with arterial stiffness: a systematic review and meta-analysis. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2010;55(13):1318–1327. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2009.10.061>
19. Tzemos N., Lim P.O., MacDonald T.M. Exercise blood pressure and endothelial dysfunction in hypertension. *Int. J. Clin. Pract.* 2009;63(2):202–206. <https://doi.org/10.1111/j.1742-1241.2008.01922.x>
20. Stewart K.J., Sung J., Silber H.A., Fleg J.L., Kelemen M.D., Turner K.L., et al. Exaggerated exercise blood pressure is related to impaired endothelial vasodilator function. *Am. J. Hypertens.* 2004;17(4):314–320. [https://doi.org/10.1016/S0895-7061\(03\)01003-3](https://doi.org/10.1016/S0895-7061(03)01003-3)
21. Brett S.E., Ritter J.M., Chowienczyk P.J. Diastolic blood pressure changes during exercise positively correlate with serum cholesterol and insulin resistance. *Circulation.* 2000;101(6):611–615. <https://doi.org/10.1161/01.cir.101.6.611>

Информация об авторах:

Комолятова Вера Николаевна*, д.м.н., врач Центра синкопальных состояний и сердечных аритмий ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства», Россия, 115409, Москва, ул. Москворечье, 20; профессор кафедры педиатрии им. Н.Г. Сперанского ФГБОУ «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Россия, 125993, Москва, ул. Баррикадная, 2/1, стр. 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3691-7449> (verakom@list.ru)

Беспорточный Дмитрий Алексеевич, врач Центра синкопальных состояний и сердечных аритмий у детей и подростков ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства», Россия, 115409, Москва, ул. Москворечье, 20. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3699-2289> (dr.blad@mail.ru)

Макаров Леонид Михайлович, д.м.н., профессор, руководитель Центра синкопальных состояний и сердечных аритмий у детей и подростков ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства», Россия, 115409, Москва, ул. Москворечье, 20; профессор кафедры клинической физиологии и функциональной диагностики, профессор кафедры педиатрии им. Н.Г. Сперанского ФГБОУ «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Россия, 125993, Москва, ул. Баррикадная, 2/1, стр. 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0111-3643> (drleonidmakarov@mail.ru)

Киселева Ирина Ивановна, к.м.н., врач Центра синкопальных состояний и сердечных аритмий у детей и подростков ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства», Россия, 115409, Москва, ул. Москворечье, 20. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3285-3211> (vkis2@yandex.ru)

Аксенова Наталья Валентиновна, главный врач Лечебно-реабилитационного центра «ОКА» ФГБУ «Федеральный клинический центр высоких медицинских технологий Федерального медико-биологического агентства», Россия, 140570, Московская область, Озерский район, д. Тарбушево. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1525-177X> (axenova.natalja2014@yandex.ru)

Information about the authors:

Vera N. Komoliatova*, Dr. Sci. (Medicine) of Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents. Center for Syncope and Cardiac Arrhythmias, Russia, 115409, Moscow, Moskvorechye str., 20; Professor of Department of Pediatrics of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Russia, Moscow, Barrikadnaya str., 2/1, bld. 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3691-7449> (verakom@list.ru)

Dmitriy A. Besportochnii, doctor of Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents. Center for Syncope and Cardiac Arrhythmias, Russia, 115409, Moscow, Moskvorechye str., 20. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3699-2289> (dr.blad@mail.ru)

Leonid M. Makarov, M.D., Ph.D. (Medicine), Head of Center for Syncope and Cardiac Arrhythmias, of Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents, Russia, 115409, Moscow, Moskvorechye str., 20; Professor of Department of Pediatrics of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Russia, Moscow, Barrikadnaya str., 2/1, bld. 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0111-3643> (drleonidmakarov@mail.ru)

Irina I. Kiseleva, Cand. Sci. (Medicine), Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents. Center for Syncope and Cardiac Arrhythmias, Russia, 115409, Moscow, Moskvorechye str., 20. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3285-3211> (vkis2@yandex.ru)

Natalya V. Aksenova, Chef Medical department of Center of treatment and rehabilitation "OKA" Federal Clinical Center for High Medical Technologies of the Federal Medical and Biological Agency, Russia, 140570, Moscow Region, Ozersk district, Tarbushevo village. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1525-177X> (axenova.natalija2014@yandex.ru)

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.4.9>

УДК: 616.1

Тип статьи: Оригинальная статья / Original Research



Структура заболеваний системы кровообращения и их генетические предикторы у спортсменов с высокой интенсивностью тренировочной и соревновательной нагрузки

А.В. Жолинский¹, А.И. Кадыкова^{1*}, Н.С. Гладышев¹, М.В. Терехов², А.А. Ивашечкин²,
В.В. Максютин², А.И. Некрасова², С.И. Митрофанов², М.В. Иванов², Д.А. Каштанова²,
В.С. Юдин², А.А. Кескинов², С.М. Юдин², Р.В. Деев^{1,4}, В.И. Скворцова³

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

² ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия

³ Федеральное медико-биологическое агентство, г. Москва, Россия

⁴ НИИ морфологии человека им. академика А.П. Авцына ГНЦ РФ ФГБНУ РНЦХ им. академика Б.В. Петровского, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Морфофункциональные изменения органов системы кровообращения, обнаруживаемые у спортсменов, могут оставаться без должного внимания, так как клинические (фенотипические) признаки патологических отклонений очень схожи с проявлениями адаптации сердечно-сосудистой системы к интенсивным физическим нагрузкам.

Цель исследования: предложение персонализированного алгоритма медико-биологического сопровождения профессиональных спортсменов с отклонениями и заболеваниями органов кровообращения на основании клинических и геномных данных.

Материалы и методы: Проанализированы результаты углубленного медицинского обследования (2021–2023 гг.) 15 464 спортсменов — участников спортивных сборных команд России. Проведен анализ структуры заболеваний органов системы кровообращения по кодам Международной классификации болезней 10-го пересмотра (МКБ-10), вынесенных в сводное заключение последнего обследования. Из исследуемой выборки отобрано 50 спортсменов с отклонениями и заболеваниями органов системы кровообращения, испытывающих различную степень интенсивности динамических и статических нагрузок в соответствии с классификацией Митчелла, для проведения полногеномного секвенирования и последующей клинической интерпретацией полученных данных.

Результаты: В исследуемой выборке количество человек с патологическими состояниями органов системы кровообращения составило 6 946 человек (45%). Классификационные группы по Митчеллу имели статистически значимые различия в отношении распространенности 10 заболеваний органов системы кровообращения. В 50 образцах ДНК профессиональных спортсменов было обнаружено 5 вероятно патогенных вариантов (10%), 19 вариантов с неопределенным клиническим значением (38%), имеющих отношение к фенотипу моногенного заболевания с поражением органов системы кровообращения.

Заключение: Эффективным инструментом дифференциальной диагностики патологических и адаптационных изменений органов системы кровообращения является молекулярно-генетическое тестирование. Носительство каузативных генов в сочетании с клиническими признаками позволяет изменить тактику медико-биологического сопровождения спортсмена по предлагаемому алгоритму.

Ключевые слова: спортивная кардиология, сердце спортсмена, кардиогенетика, внезапная смерть, полногеномное секвенирование, спорт, профессиональные спортсмены

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: Научное исследование проведено на основании выполнения Государственного задания «Изучение генетических маркеров, лимитирующих и определяющих успешность соревновательной деятельности, профилактика нежелательных последствий такой деятельности для жизни и здоровья спортсменов» (шифр: «МГИ-22»). Регистрационный номер НИОКТР: 122032300491-3.

Для цитирования: Жолинский А.В., Кадыкова А.И., Гладышев Н.С., Терехов М.В., Ивашечкин А.А., Максютин В.В., Некрасова А.И., Митрофанов С.И., Иванов М.В., Каштанова Д.А., Юдин В.С., Кескинов А.А., Юдин С.М., Деев Р.В., Скворцова В.И. Структура заболеваний системы кровообращения и их генетические предикторы у спортсменов с высокой интенсивностью тренировочной и соревновательной нагрузки // *Спортивная медицина: наука и практика*. 2023;13(4):12–26. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.4.9>

Поступила в редакцию: 21.02.2024

Принята к публикации: 08.04.2024

Online first: 25.04.2024

Опубликована: 21.05.2024

* Автор, ответственный за переписку

Structure of circulatory system diseases and their genetic predictors in athletes with high intensity of training and competitive load

Andrey V. Zholinsky¹, Anastasia I. Kadykova^{1,*}, Nikita S. Gladyshev¹, Mikhail V. Terekhov², Alexey A. Ivashechkin², Valentina V. Maksyutina², Alexandra I. Nekrasova², Sergey I. Mitrofanov², Mikhail V. Ivanov², Darya A. Kashtanova², Vladimir S. Yudin², Anton A. Keskinov², Sergey M. Yudin², Roman V. Deev^{1,4}, Veronika I. Skvortsova³

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

² Center of Sports Medicine of the Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia

³ Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia

⁴ Avtsyn research institute of human morphology of Federal state budgetary scientific institution "Petrovsky National research centre of surgery", Moscow, Russia

ABSTRACT

Introduction: Morphofunctional changes of the circulatory system organs detected in athletes may remain without due attention, as clinical (phenotypic) signs of pathological abnormalities are very similar to manifestations of cardiovascular system adaptation to intensive physical loads. The aim of the study is to propose a personalized algorithm for biomedical support of professional athletes with abnormalities and diseases of the circulatory organs based on clinical and genomic data.

Materials and methods: The results of in-depth medical examination (2021-2023) of 15,464 athletes who are members of Russian sports teams were analyzed. The structure of circulatory system diseases according to the codes of the International Classification of Diseases, 10th revision (ICD-10), which were included in the summary report of the last examination, was analyzed. Fifty athletes with abnormalities and diseases of the circulatory system organs, experiencing different degrees of intensity of dynamic and static loads in accordance with the Mitchell classification, were selected from the study sample for full genome sequencing and subsequent clinical interpretation of the obtained data.

Results: In the study sample the number of people with pathologic conditions of the circulatory system organs amounted to 6 946 people (45 %). Mitchell classification groups had statistically significant differences with respect to the prevalence of 10 diseases of the circulatory system organs. In 50 DNA samples of professional athletes, 5 probably pathogenic variants (10%), 19 variants with uncertain clinical significance (38%), relevant to the phenotype of a monogenic disease with circulatory system organ damage, were detected.

Conclusion: Molecular genetic testing is an effective tool for differential diagnostics of pathologic and adaptive changes in the organs of the circulatory system. Carrying causative genes in combination with clinical signs allows to change the tactics of medical and biological support of an athlete according to the proposed algorithm.

Keywords: sports cardiology, athlete's heart, cardiogenetics, sudden death, full genome sequencing, sport, professional athletes

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

Funding: The scientific research was carried out on the basis of fulfillment of the State task: "Study of genetic markers limiting and determining the success of competitive activity, prevention of undesirable consequences of such activity for life and health of athletes" (code: "MGI-22"). Registration number of the R&D project: 122032300491-3.

For citation: Zholinsky A.V., Kadykova A.I., Gladyshev N.S., Terekhov M.V., Ivashechkin A.A., Maksyutina V.V., Nekrasova A.I., Mitrofanov S.I., Ivanov M.V., Kashtanova D.A., Yudin V.S., Keskinov A.A., Yudin S.M., Deev R.V., Skvortsova V.I. Structure of circulatory system diseases and their genetic predictors in athletes with high intensity of training and competitive load. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2023;13(4):12–26. (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.4.9>

Received: 21 February 2024

Accepted: 8 April 2024

Online first: 25 April 2024

Published: 21 May 2024

*Corresponding author

1. Введение

Профессиональная спортивная подготовка ведет к морфофизиологическим изменениям в организме человека [1]. Основной системой, реагирующей на экстремальную физическую нагрузку, является система кровообращения (СК) [2]. Соответственно, и отклонения,

и заболевания органов СК имеют первостепенное значение при решении вопроса о допуске спортсмена к тренировочно-соревновательной деятельности и уровне допустимой нагрузки для предупреждения нежелательных исходов. В зависимости от основного характера спортивной деятельности (преобладание

статического или динамического компонента) адаптационная реакция органов СК может различаться [3]. Основными фенотипическими признаками адаптационных изменений со стороны органов СК являются снижение частоты сердечных сокращений, снижение артериального давления, увеличение массы миокарда и размеров правого и левого желудочков с сохранением их систолической и диастолической функции. Наиболее выражены морфофункциональные изменения в видах спорта с высоким уровнем динамических нагрузок, например в плавании и лыжных гонках. Следует отметить, что эти изменения начинают формироваться через 2–3 года интенсивных тренировок, и на этом этапе важно определить, являются они адаптационными или патологическими, так как несвоевременная диагностика может привести к неблагоприятному исходу [4, 5].

К нозологиям, требующим особого внимания при обследовании профессиональных спортсменов, относят гипертрофическую и дилатационную кардиомиопатию (ГКМП, ДКМП), аритмогенную кардиомиопатию правого желудочка (АКПЖ), хронические миокардиты, жизнеугрожающие нарушения ритма сердца [5]. Как правило, перечисленные заболевания имеют моногенный наследственный характер: доказана роль не менее 200 генов в их развитии [6]. Диагноз наследственных заболеваний органов СК подтверждается молекулярно-генетическим исследованием, которое позволяет доказать наличие патогенного варианта гена в сочетании с его фенотипическим проявлением [7]. Однако ограниченное количество достоверно описанных генетических вариантов, ассоциированных с развитием заболеваний органов СК, накладывает на клиническую интерпретацию ряд ограничений [8]. Например, выявление вариантов генов с неопределенным клиническим значением обуславливает неоднозначный результат тестирования, который может привести к ошибочной диагностике при наличии неубедительных клинических (фенотипических) признаков [9].

Несмотря на то что генетические методы диагностики стали более доступными с экономической точки зрения, проводить генетическое тестирование всем спортсменам не представляется возможным. Для рационального применения ДНК-диагностики важно определить группы спортсменов, которым необходимо проведение этого исследования для ранжирования рисков неблагоприятных исходов. Одним из методов определения таких групп является анализ большого количества медицинских данных долговременных наблюдений за спортсменами, полученных из электронных медицинских баз.

Принятие клинических решений, основанное на медицинских данных углубленного медицинского обследования (УМО) и результатах молекулярно-генетического тестирования, является неотъемлемой частью персонализированной спортивной медицины.

В связи с этим разработка персонализированного алгоритма медико-биологического сопровождения профессиональных спортсменов с отклонениями и заболеваниями органов кровообращения на основании клинических и геномных данных представляет практический интерес.

2. Материалы и методы исследования

В исследование включены медицинские данные 15 464 спортсменов сборных команд, проходивших УМО в 2021–2023 гг. в учреждениях ФМБА России. Изучена распространенность заболеваний органов СК по кодам МКБ-10, вынесенных в сводное заключение последнего УМО (табл. 1). Также в анализ включены такие параметры, как возраст, рост, пол и вид спорта.

В качестве факторной переменной был выбран вид спорта. Однако ввиду большого количества спортивных дисциплин (96 видов) для целей изучения влияния интенсивности динамических и статических нагрузок на СК спортсменов они были разделены согласно классификации Митчелла [10].

Из исследуемой выборки отобрано случайным образом (с использованием функции `sample` в языке программирования R v 4.3.0) 50 спортсменов с заболеваниями и отклонениями в состоянии органов СК по данным УМО, испытывающих различную степень нагрузки на сердечно-сосудистую систему. Этим спортсменам было проведено полногеномное секвенирование с целью диагностического поиска вариантов, ассоциированных с развитием наследственных моногенных заболеваний с преимущественным поражением миокарда.

Сбор образцов цельной крови проводился однократно путем венопункции в вакуумные пробирки с K2-ЭДТА. ДНК из образцов цельной крови выделяли с помощью набора QIAamp DNA Mini Kit (Qiagen, Германия). Библиотеку полногеномных последовательностей готовили с использованием набора Nextera DNA Flex (Illumina, США) в соответствии с инструкциями производителя. Образцы секвенировали с длиной прочтения 150 п.о. на приборе Illumina NovaSeq 6000, используя набор реагентов S4, 300 циклов (Illumina, США).

На этапе демультипликации данные секвенирования в формате BCL конвертировались в формат FASTQ программой Illumina bcl2fastq v2.20 [11]. Для контроля качества секвенирования использовалась программа Illumina Sequencing Analysis Viewer v2.4.7 [12], для контроля качества прочтений (формат FASTQ, GZ) — биоинформатический инструмент FastQC v0.11.9 [13]. Используемый пайплайн биоинформатической обработки был валидирован (F-мера = 99,83 %) на эталонном геноме HG001, предоставленном консорциумом Genome In A Bottle (GIAB) (v3.3.2) [14].

Поиск вариантов нуклеотидной последовательности был проведен с использованием проприетарного программного обеспечения (Genomena, Россия). Поиск функционально значимых замен производили по генам,

Таблица 1

Диагнозы по МКБ-10, включенные в статистический анализ

Table 1

ICD-10 diagnoses included in the statistical analysis

№	Диагноз	Код по МКБ-10
1	Открытый артериальный проток	Q25.0
2	Другие формы хронической ишемической болезни сердца	I25.8
3	Атеросклероз	I70.0, I70.1, I70.2, I70.8, I70.9
4	Другие врожденные аномалии сердечных камер и соединений	Q20.8
5	Другие врожденные аномалии сердечной перегородки	Q21.8
6	Дефект предсердной перегородки	Q21.1
7	Пролапс [пролабирование] митрального клапана	I34.1
8	Аортальная (клапанная) недостаточность	I35.1
9	Расстройство вегетативной [автономной] нервной системы неуточненное	G90.9
10	Отклонения от нормы, выявленные при проведении функциональных исследований сердечно-сосудистой системы	R94.3
11	Дилатационная кардиомиопатия	I42.0
12	Другие, неуточненные кардиомиопатии	I42.8, I42.9
13	Кардиомиопатии	I42.0, I42.1, I42.3, I42.4, I42.5, I42.6
14	Другая гипертрофическая кардиомиопатия	I42.2
15	Расслоение аорты (любой части)	I71.0
16	Аневризма аорты неуточненной локализации без упоминания о разрыве	I71.9
17	Обструктивная гипертрофическая кардиомиопатия	I42.1
18	Кардиомиопатия при болезнях, классифицированных в других рубриках	I43.0*, I43.2*, I43.8
19	Кардиомиопатия при метаболических нарушениях	I43.1*
20	Кардиомиопатия, обусловленная воздействием лекарственных средств и других внешних факторов	I42.7
21	Предсердно-желудочковая [атриовентрикулярная] блокада и блокада левой ножки пучка [Гиса]	I44.4
22	Другие уточненные нарушения проводимости	I45.8
23	Двухпучковая блокада	I45.2
24	Блокада правой ножки пучка	I45.0
25	Предсердно-желудочковая блокада первой степени	I44.0
26	Предсердно-желудочковая блокада второй степени	I44.1
27	Другие врожденные аномалии легочной артерии	Q25.7
28	Фибрилляция и трепетание предсердий	I48
29	Синусовая тахикардия	R00.0
30	Пароксизмальная тахикардия неуточненная	I47.9
31	Другие уточненные нарушения сердечного ритма	I49.8
32	Нарушение сердечного ритма неуточненное	I49.9
33	Синдром слабости синусового узла	I49.5
34	Преждевременная деполяризация желудочков	I49.3
35	Преждевременная деполяризация предсердий	I49.1
36	Другая и неуточненная преждевременная деполяризация	I49.4
37	Синдром преждевременного возбуждения	I45.6
38	Нарушение проводимости неуточненное	I45.9
39	Гипертензивная [гипертоническая] болезнь с преимущественным поражением сердца без (застойной) сердечной недостаточности	I11.9, I10

которые перечислены в Консенсусе экспертов о состоянии генетического тестирования на сердечные заболевания, таких как синдром удлиненного интервала QT (СУИQT), катехоламинергическая полиморфная желудочковая тахикардия (КПЖТ), синдром Бругада, синдром укороченного интервала QT, нарушения сердечной проводимости, фибрилляция предсердий, синдром слабости синусового узла, ГКМП, ДКМП и аритмогенная кардиомиопатия [15]. Также в анализируемую панель были включены гены, выгруженные из Онтологии фенотипа человека (Human Phenotype Ontology, HPO) по следующим запросам: «00001638 кардиомиопатии», «0003116 аномальная эхокардиограмма», «0030956 нарушение электрофизиологии», «0030680 аномалия морфологии сердечно-сосудистой системы» [16].

Всего в анализ был включен 2041 ген. Анализ вариантов проводили по следующим критериям: локализация варианта в кодирующих участках (миссенс- или нонсенс-замены), замены сайтов сплайсинга с частотой редкого аллеля менее 1 %, наличие влияния на белок по программе предсказания патогенности *in silico* (PolyPhen-2, Mutation Taster, SIFT, PROVEAN, FATMM, MutPred). Варианты с неопределенным клиническим значением и варианты с противоречивой интерпретацией неопределенной клинической значимости также вынесены в обсуждение. Патогенность обнаруженных вариантов была оценена согласно критериям, изложенным в Российском руководстве по интерпретации данных последовательности ДНК человека, полученных методами массового параллельного секвенирования (редакция 2018, версия 2). Валидация обнаруженных вариантов альтернативными лабораторными методами не проводилась.

Статистическую обработку и визуализацию данных осуществляли с использованием языка программирования R (версия 4.3.0) и пакетов *readxl v. 1.4.3* [13], *ggplot2 v. 3.4.3* [14] и *vegan v. 2.6–4* [17]. Количественные показатели оценивались на соответствие нормальному распределению с помощью критерия Колмогорова — Смирнова. При отсутствии нормального распределения количественные данные описывались с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1–Q3). Различия в структуре заболеваемости были исследованы с помощью критерия χ^2 Пирсона с поправкой на множественные сравнения Холма. Уровень статистической значимости для различий был задан как $\alpha = 0,05$.

Во время прохождения УМО от действующих спортсменов или их законных представителей (в случае, если участник несовершеннолетний) было получено добровольное информированное согласие на проведение исследования и обработку персональных данных. Одномоментное исследование было выполнено в соответствии с этическими принципами, изложенными в Хельсинкской декларации. Дизайн исследования был одобрен Этическим комитетом ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России (выписка № 2 от 24.10.22) и ФГБУ «ЦСП» ФМБА России (выписка № 1 от 01.06.21). Параметры УМО, выгруженные из электронных баз, были деперсонифицированными.

3. Результаты исследования

Характеристика выборки

Количество участников исследования составило 15 464 человека ($n = 8 837$ (57,1%) мужчин; $n = 6 627$ (42,9%) женщин). Распределение по полу и возрасту представлено на рис. 1.

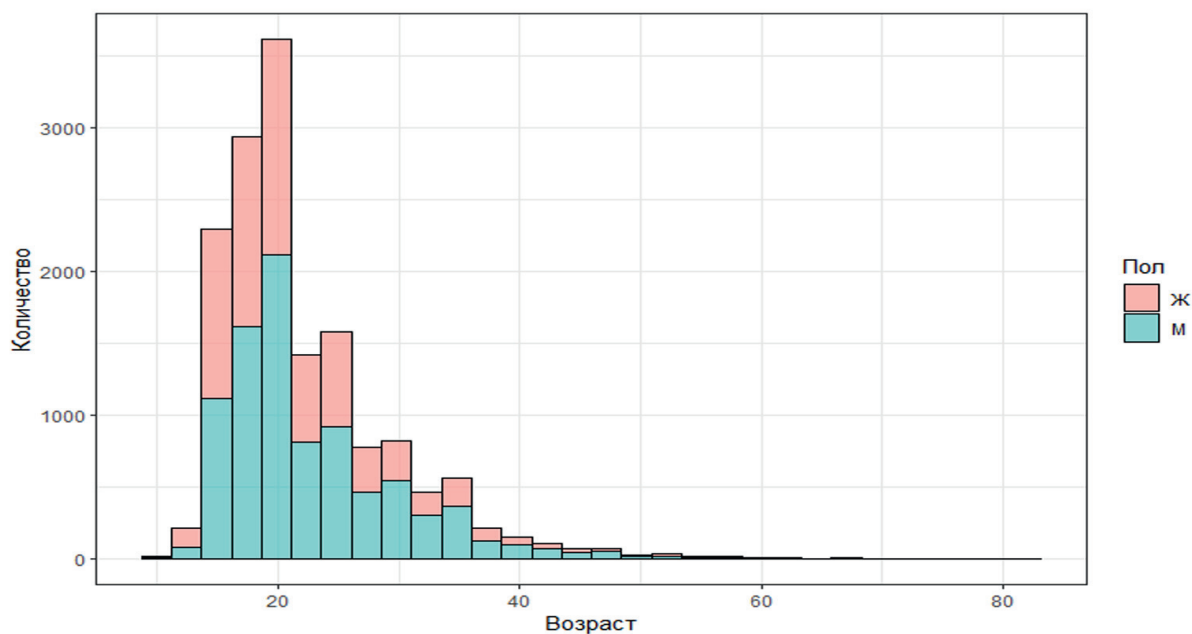


Рис. 1. Распределение исследуемой выборки по полу и возрасту
Fig.1. Distribution of the study sample by sex and age

Таблица 2

Количество спортсменов, объединенных в группы по классификации Митчелла

Table 2

Number of athletes grouped into Mitchell classification groups

№ группы	Количество спортсменов
IA	267
IB	902
IC	1173
IIA	452
IIВ	1527
IIС	1901
IIIA	2775
IIВ	1315
IIС	2396
Не вошедшие в группы (N/A)	2756

Для анализа влияния уровня интенсивности динамических и статических нагрузок использована классификация Митчелла. Выборка была сгруппирована по выделенным группам видов спорта (табл. 2).

Общее количество спортсменов с отклонениями и заболеваниями органов СК составило 6946 человек (45%). На рис. 2 представлены частоты распределения заболеваний исходя из классификации Митчелла.

Наибольшей встречаемостью среди анализируемых заболеваний СК характеризуются нарушения сердечного ритма (36,60%) — 149,8, отклонения от нормы, выявленные при проведении функциональных исследований СК (26,90%), — 1094,3 и пролапс [пролабирование] митрального клапана (11,58%) — 134,1.

В исследуемых группах по классификации Митчелла заболеваемость составила: I — 41,7%; II — 46,7%; III — 43,0%. Между группами были обнаружены статистически значимые различия ($p = 0,025$). Помимо этого, наблюдалась гетерогенность внутри групп. Так, частота заболеваний СК оказалась выше у спортсменов, относящихся к подгруппам, характеризующимся высоким потреблением кислорода: А — 37,6%; В — 43,2%; С — 48,7% ($p < 0,001$).

Характеристика участников, которым проведено полногеномное секвенирование

Характеристика спортсменов, которым проведено полногеномное секвенирование с целью диагностического поиска вариантов, ассоциированных с развитием

наследственных моногенных заболеваний с преимущественным поражением миокарда, представлена в табл. 3.

Результаты полногеномного секвенирования

В 50 образцах ДНК, полученной из цельной крови профессиональных спортсменов, было обнаружено 5 вероятно патогенных вариантов (10%), 19 вариантов с неопределенным клиническим значением (38%). Результаты исследования представлены в табл. 4.

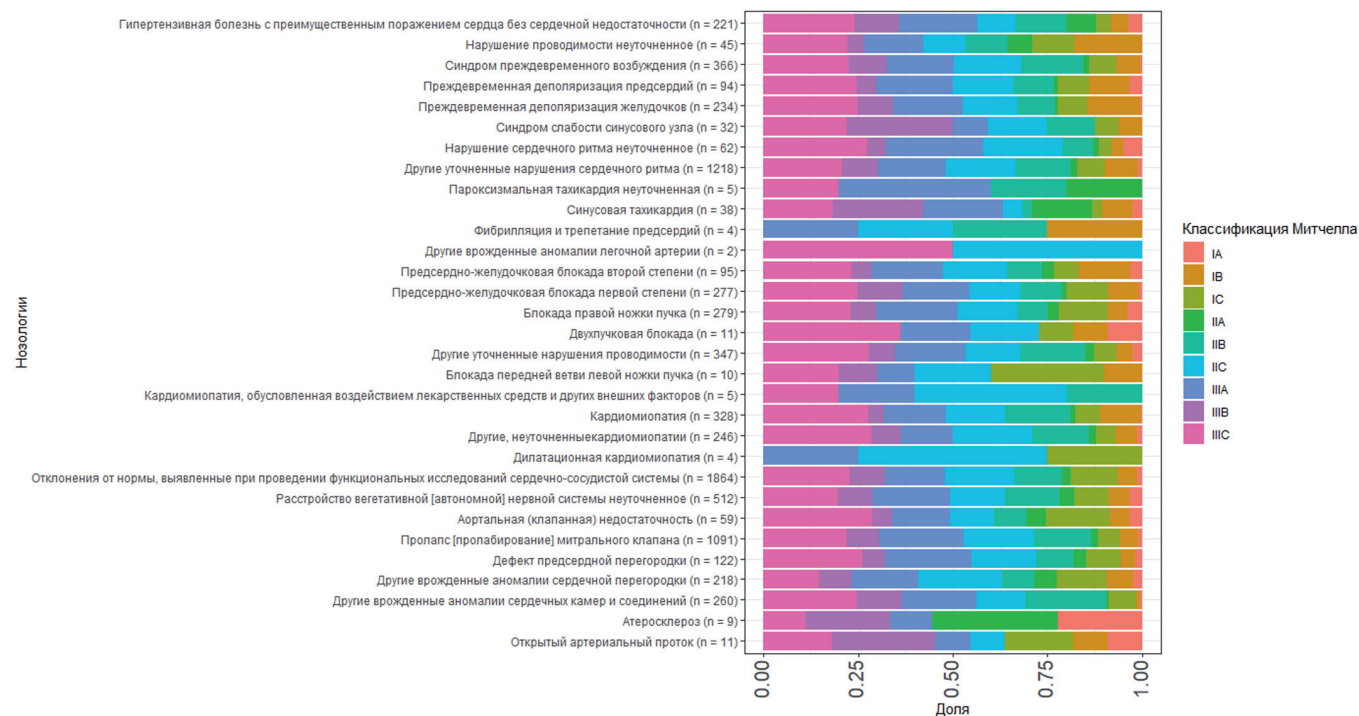


Таблица 3

Характеристика участников, которым проведено полногеномное секвенирование

Table 3

Characteristics of participants who underwent whole-genome sequencing

Вид спорта	Пол	Кол-во участников	Диагнозы	Возраст, полных лет (Me)
Баскетбол	Ж	4	Миграция водителя ритма, наджелудочковая экстрасистолия, синоаурикулярная блокада 2-й степени; пролапс митрального клапана; нарушения сердечного ритма (нарушение ритма по типу единичной желудочковой экстрасистолии)	20,5
Велосипедный спорт	М	1	Эксцентрическая гипертрофия миокарда левого желудочка, увеличение объема правого предсердия в рамках «спортивного сердца», синусовая брадикардия на фоне ваготонии; феномен ранней реполяризации желудочков; аномалия межпредсердной перегородки	30
	Ж	2		
Гребля на байдарках и каноэ	Ж	1	Неспецифические изменения конечной части желудочкового комплекса	29
Керлинг	М	7	Пролапс митрального клапана 1-й степени с митральной регургитацией 1-й степени, дистрофия миокарда 1-й степени, неспецифические изменения конечной части желудочкового комплекса; дистопированная хорда полости левого желудочка; желудочковая экстрасистолия; вегетососудистая дистония по смешанному типу; врожденная аномалия сердечных камер и соединений неуточненная, пролапс митрального клапана; нарушения сердечного ритма (по типу редкой желудочковой экстрасистолии)	29
	Ж	9		
Конный спорт	Ж	2	Пролапс митрального клапана (1-й степени с регургитацией)	24,5
Лыжное двоеборье	М	1	Аортальная клапанная недостаточность (II степени. НК 0)	27
Плавание	М	1	Пролапс митрального клапана; нарушение ритма по типу редкой одиночной желудочковой и наджелудочковой экстрасистолии, признаки умеренной эксцентрической гипертрофии миокарда левого желудочка; синдром преждевременного возбуждения, короткий PQ-интервал; врожденные аномалии сердечной перегородки (открытое овальное окно диаметром 1 мм)	22
	Ж	3		
Санный спорт	М	3	Открытое овальное окно со сбросом крови слева направо (шунт 2–3 мм); двустворчатый аортальный клапан с регургитацией 1–2-й степени. Створки клапана фиброзно изменены; Предсердно-желудочковая блокада второй степени (1-го и 2-го типа транзиторная); укорочение интервала PQ до 108–110 мс транзиторно, незначительная концентрическая гипертрофия миокарда левого желудочка	27
Спортивная гимнастика	Ж	1	Неспецифические изменения конечной части желудочкового комплекса	14
Спортивное ориентирование	Ж	1	Неспецифические изменения конечной части желудочкового комплекса, пролапс митрального клапана	37
Теннис	М	2	Пролапс митрального клапана; признаки незначительной эксцентрической гипертрофии миокарда левого желудочка	29
Фехтование	М	1	Неспецифические изменения конечной части желудочкового комплекса	32
Хоккей на траве	Ж	7	Признаки незначительной эксцентрической гипертрофии миокарда левого желудочка; функционально двустворчатый аортальный клапан с регургитацией 1-й степени; аневризма межпредсердной перегородки с пролабированием в сторону правого предсердия до 22,0 мм, без признаков шунтирования крови; предсердно-желудочковая блокада первой степени; регургитация аортального клапана 1-й степени	31,5
Художественная гимнастика	Ж	4	Пролабирование митрального клапана, недостаточность 1 степени; нарушение проводимости — неполная блокада правой ножки пучка Гиса; феномен ранней реполяризации желудочков	19

Таблица 4

Варианты, вероятно ассоциированные с фенотипом заболеваний органов СК

Table 4

Variants likely to be associated with circulatory disease phenotype

№ образца	Ген	Положение в кДНК: замена АК	Транскрипт	Частота аллеля по gnomAD	Покры- тие	Патогенность	Ассоциированный фенотип	Тип наследования
8	RYR1	c.6599C>T	NM_000540.3	0.00000398	54x	Вероятно патогенный	Злокачественная гипертермия (ОМПМ:145600)	Аутосомно-доминантное
27	MTFMT	c.994C>T	NM_139242.4	0.00009864	49x	Вероятно патогенный	Комбинированный дефицит окислительного фосфорилирования, 15 (ОМПМ: 614947)	Аутосомно-рецессивное
25	GMPPB	c.972dup	NM_021971.4	0.00000656	37x	Вероятно патогенный	Мышечная дистрофия-дистрогликанопатия, тип С, 14 (ОМПМ: 615320)	Аутосомно-рецессивное
48	SELENON	c.1397G>A	NM_020451.3	0.00005914	55x	Вероятно патогенный	Врожденная миопатия с жестким позвоночником (ОМПМ: 602771)	Аутосомно-рецессивное
49	APOB	c.10580G>A	NM_000384.3	0.0006903	62x	Вероятно патогенный	Семейная гиперхолестеринемия, 2 (ОМПМ: 144010)	Аутосомно-доминантное
1	TRPM4	c.1575G>A	NM_017636.4	0,0015	100x	Неопределенного клинического значения	Семейная блокада сердца типа IV (ОМПМ: 618531)	Аутосомно-доминантное
3	RBM20	c.3584C>A	NM_001134363.3	0.0003285	54x	Неопределенного клинического значения	Дилатационная кардиомиопатия, 1DD (ОМПМ: 613172)	Аутосомно-доминантное
9		c.1244G>A	NM_001134363.3	0.00003940	44x			
9	DSP	c.2623G>A	NM_004415.4	0	38x	Неопределенного клинического значения	Аритмогенная дисплазия правого желудочка, 8 (ОМПМ: 607450)	Аутосомно-доминантное
19		c.3600T>G	NM_004415.4	0.0001185	37x			
30		c.5513G>A	NM_004415.4	0.00008552	57x			
36		c.1715G>A	NM_004415.4	0.00002630	49x		Дилатационная кардиомиопатия с курчавыми волосами, кератодермией и агенезией зубов (ОМПМ: 615821)	
9	ACADVL	c.1239A>G	NM_000018.4	0.0001117	44x	Неопределенного клинического значения	Дефицит длинноцепочечной ACYL-CoA (ОМПМ:201475)	Аутосомно-рецессивное
14	MYBPC3	c.2003G>A	NM_000256.3	0.000004	41x	Неопределенного клинического значения	Кардиомиопатия семейная гипертрофическая (ОМПМ: 115197) Некомпактный левый желудочек (ОМПМ:615396)	Аутосомно-доминантное или аутосомно-рецессивное
17	CAVIN1	c.168C>A	NM_012232.6	0.0003679	51x	Неопределенного клинического значения	Липодистрофия врожденная генерализованная, 4 (ОМПМ: 613327)	Аутосомно-рецессивное

№ образца	Ген	Положение в кДНК: замена АК	Транскрипт	Частота аллеля по gnomAD	Покры- тие	Патогенность	Ассоциированный фенотип	Тип наследования
22	MYPH6	c.4999G>A	NM_002471.4	0.00003942	60x	Неопределенного клинического значения	Дилатационная кардиомиопатия (ОММ: 613252) Гипертрофическая кардиомиопатия (ОММ: 613251)	Аутосомно-доминантное
23	TTN	c.104015C>T	NM_001267550.2	0.00001973	46x	Неопределенного клинического значения	Дилатационная кардиомиопатия, 1G (ОММ: 604145)	Аутосомно-доминантное
31	MYPH7	c.802C>T	NM_032578.4	0.0003022	40x	Неопределенного клинического значения	Дилатационная кардиомиопатия, 1КК (ОММ: 615248)	Аутосомно-доминантное
38	MYPH7	c.4377G>T	NM_000257.4	0.0002299	83x	Неопределенного клинического значения	Дилатационная кардиомиопатия, 1S (ОММ: 613252) Гипертрофическая кардиомиопатия, 1 (ОММ: 613251)	Аутосомно-доминантное
42		c.5014G>A	NM_000257.4	0.00001971	25x			
40	RYP2	c.14098T>G	NM_001035.3	0.00003951	28x	Неопределенного клинического значения	Желудочковая тахикардия, катехо-ламинергическая полиморфная, 1 (ОММ: 604772) Желудочковые аритмии, обусловленные синдромом дефицита выделения кальция в сердечных риаинодиновых рецепторах (ОММ: 115000)	Аутосомно-доминантное

4. Обсуждение

Наибольшее количество заболеваний органов СК выявлено в группе видов спорта средней мощности с максимальными значениями уровня потребления кислорода, а именно в таких видах, как гандбол, плавание, современное пятиборье, хоккей, лыжное двоеборье, баскетбол, лыжные гонки, хоккей с мячом, биатлон. Полученные результаты согласуются с мировыми данными: именно в перечисленных видах спорта у спортсменов чаще всего происходит пропорциональное увеличение объема и массы сердца, размера камер, мощности миокарда левого желудочка. Описанные изменения формируются у спортсменов, которые преимущественно тренируют и развивают выносливость [18–20].

Гемодинамическая перегрузка, вызванная интенсивными и продолжительными тренировками на выносливость, приводит к увеличению правого и левого желудочков, а также к увеличению объема предсердий. Показано, что эксцентрическое ремоделирование правого желудочка, выявленное при проведении эхокардиографии у 61 % спортсменов-мужчин и 46 % спортсменок-женщин, требует дифференциации с АКПЖ [21]. Следует отметить, что причиной АКПЖ в 60 % случаев является наличие патогенного варианта генов, кодирующих десмосомные и недесмосомные белки. В постмортальном исследовании причин внезапной смерти профессиональных спортсменов показано, что каждый четвертый атлет скончался в результате АКПЖ [22]. В связи с этим внедрение технологий молекулярно-генетического тестирования в медико-биологическое сопровождение спортсменов уровня высшего спортивного мастерства является актуальной задачей.

Большое количество вариантов с неопределенным клиническим значением — одна из проблем молекулярно-генетического тестирования в кардиологии. Со временем их уровень патогенности, как правило, «понижают» — до вероятно доброкачественных и доброкачественных [23]. По результатам УМО и проведенного генетического исследования 48 спортсменов были допущены до тренировочно-соревновательной деятельности, а двое нет. После дообследования сердечно-сосудистой системы один спортсмен получил допуск, а второй отказался от проведения дополнительных исследований и остается не допущенным по причине обнаружения наджелудочковой экстрасистолии и транзиторной синоаурикулярной блокады 2-й степени (I45.8, I49.8). Однако для изменения уровня патогенности определенного варианта должно пройти немалое количество времени, а спортивным кардиологам и генетикам необходимо принимать решения об управлении рисками здоровьем спортсмена в момент получения результатов исследования. В одном из представленных клинических случаев был обнаружен вариант гена *RYR2* с неопределенным клиническим значением (с.14098T>G, NM_001035.3) — у 32-летнего мужчины, занимающегося велосипедным

спортом (группа IIIС) и имеющего изменения, которые были обозначены как «спортивное сердце». Также у него были выявлены нарушения проводимости в виде феномена ранней реполяризации, сопровождающейся полиморфной желудочковой тахикардией. Имеющиеся фенотипические проявления являются клиническими признаками двух заболеваний — желудочковой тахикардии, катехоламинергической полиморфной, 1 (OMIM:604772) и желудочковой аритмии, обусловленной синдромом дефицита выделения кальция в сердечных рианодиновых рецепторах (OMIM:115000). Оба состояния опасны тем, что потенциально могут привести к внезапной сердечной смерти, а физические нагрузки усиливают проявления симптомов. В отсутствие генетического тестирования кардиолог может сделать заключение о том, что имеющиеся изменения — это адаптация СК к физическим нагрузкам на выносливость, однако с позиции генетики имеются предикторы для формирования патологических изменений. Найденный вариант может быть переквалифицирован в вероятно патогенный на основе результатов функционального анализа (то есть изучения того, как изменяются белок и его деятельность в клетке). Функциональный анализ — многоступенчатый, трудоемкий процесс, и, например, в Российской Федерации только две научные лаборатории занимаются подобным родом исследований в области персональной геномики.

Согласно рекомендациям ведущих международных ассоциаций кардиологов, необходимо рассматривать возможность проведения молекулярно-генетического исследования спортсменам с отягощенным семейным анамнезом и увеличением толщины стенки ЛЖ более 15 мм, полиморфными аритмиями, парадоксальным удлинением интервала QT во время нагрузки, альтерацией T-зубцов, — для предупреждения неблагоприятных исходов, в том числе внезапной смерти [6, 15].

Для систематизации подхода к управлению рисками в спортивной кардиологии разработан алгоритм, описывающий порядок действий при генетическом тестировании и анализе клинических, лабораторных, инструментальных и анамнестических данных (рис. 3).

5. Заключение

Распространенность заболеваний органов СК среди профессиональных спортсменов весьма высока, и среди них наиболее часто встречаются заболевания, характеризующиеся нарушениями сердечного ритма, отклонения от нормы, выявленные при проведении функциональных исследований и пролапс [пролабирование] митрального клапана. Такие изменения органов СК у профессиональных спортсменов, как умеренно выраженная гипертрофия миокарда левого желудочка и концентрическая гипертрофия, с большей вероятностью могут оказаться признаками заболевания сердца, в том числе наследственного характера. Эти патологические изменения не только снижают результативность

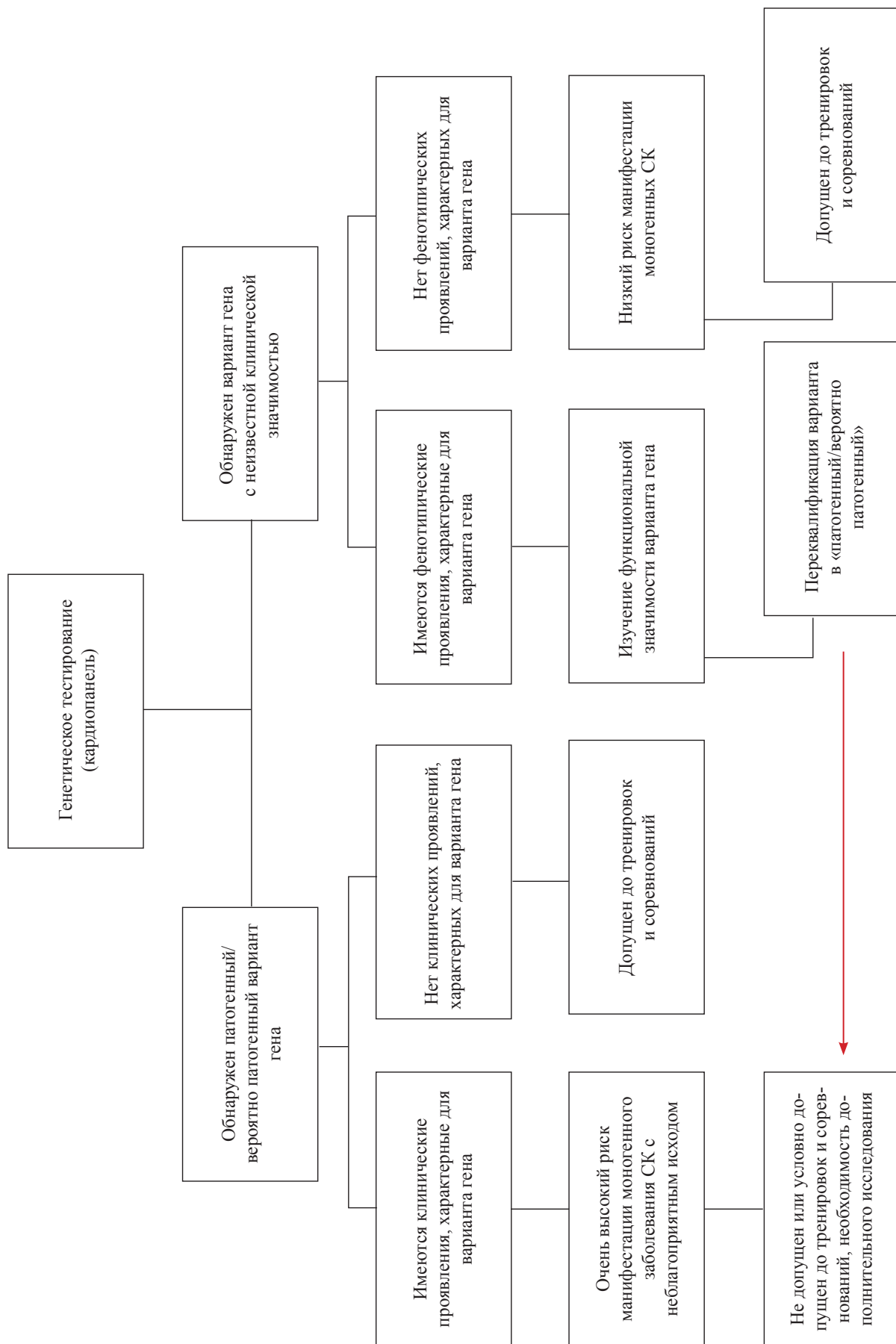


Рис. 3. Алгоритм персонализированного медико-биологического сопровождения спортсменов при проведении генетического исследования
Fig. 3. Algorithm of personalised medical and biological support of athletes during genetic testing

спортсмена, но и потенциально могут привести к внезапной смерти.

Ввиду того, что доказана роль различных генов в развитии и манифестации заболеваний органов СК, необходимо постепенно внедрять в систему УМО молекулярно-генетические методы диагностики. Их применение позволит эффективно дифференцировать адаптацию

Вклад авторов:

Жолинский Андрей Владимирович — концепция и дизайн публикации, написание первой версии текста, редактирование текста, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования, общая организация и координация работы;

Кадыкова Анастасия Игоревна — сбор данных или анализ и интерпретация данных, написание текста публикации;

Гладышев Никита Сергеевич — сбор данных или анализ и интерпретация данных, написание текста публикации;

Терехов Михаил Валерьевич — интерпретация данных, редактирование текста публикации;

Ивашечкин Алексей Александрович — работа с образцами и проведение полногеномного секвенирования;

Максютина Валентина Валерьевна — работа с образцами и проведение полногеномного секвенирования;

Некрасова Александра Игоревна — работа с образцами, редактирование текста публикации;

Митрофанов Сергей Игоревич — проверка данных полногеномного секвенирования, редактирование текста публикации;

Иванов Михаил Вячеславович — интерпретация данных, редактирование текста публикации;

Каштанова Дарья Андреевна — интерпретация данных, редактирование текста публикации;

Юдин Владимир Сергеевич — общая организация и координация работы;

Кескинов Антон Артурович — общая организация и координация работы;

Юдин Сергей Михайлович — общая организация и координация работы;

Деев Роман Вадимович — редактирование текста, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования;

Скворцова Вероника Игоревна — общая организация и координация работы, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования.

Список литературы / References

1. **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;4(64):58–62.

Vershinin E.G., Guro O.A., Goncharova A.A. Comparative analysis of the structure of morbidity of athletes and persons engaged in sports in Volgograd in 2010-2016. Journal of Volgograd State Medical University. 2017;4(64):58–62 (In Russ.).

2. **Горбенко А., Скирденко Ю., Николаев Н., Замахина О., Шерстюк С., Ершов А.** Спортивное сердце: норма или патология. Патология кровообращения и кардиохирургия. 2020;24(2):16–25. <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2020-2-16-25>

органов СК к интенсивным физическим нагрузкам и наследственные заболевания с преимущественным поражением миокарда. При обнаружении патогенных и вероятно патогенных вариантов генов, ассоциированных с высоким риском внезапной смерти, возможно, управлять рисками неблагоприятных исходов по предлагаемому алгоритму.

Authors' contribution:

Andrey V. Zholinsky — concept and design of the publication, writing the first version of the text, editing of the text, final approval of the version of the article for publication, general organization and coordination of the work;

Anastasia I. Kadykova — data collection or data analysis and interpretation, writing the text of the publication;

Nikita S. Gladyshev — data collection or data analysis and interpretation, writing the text of the publication;

Mikhail V. Terekhov — data interpretation, editing the text of the publication;

Alexey A. Ivashchkin — working with samples and performing full genome sequencing;

Valentina V. Maksyutina — working with samples and performing full genome sequencing;

Alexandra I. Nekrasova — working with samples and editing the text of the publication;

Sergey I. Mitrofanov — verification of full genome sequencing data, editing of the publication text;

Mikhail V. Ivanov — data interpretation, editing of the publication text;

Darya A. Kashtanova — data interpretation, text editing;

Vladimir S. Yudin — general organization and coordination of work;

Anton A. Keskinov — general organization and coordination of work;

Sergey M. Yudin — general organization and coordination of work;

Roman V. Deev — text editing, final approval of the version of the article to be published;

Veronika I. Skvortsova — general organization and coordination of work, final approval of the version of the article for publication.

Gorbenko A., Skirdenko Y., Nikolaev N., Zamahina O., Sherstyuk S., Ershov A. Physiological or pathological hypertrophy of athlete's heart syndrome. *Patologiya Krovoobrashcheniya i Kardiokirurgiya*. 2020;24(2):16–25 (In Russ.). <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2020-2-16-25>

3. **Baumgartner L., Schulz T., Oberhoffer R., Weberruß H.** Influence of Vigorous Physical Activity on Structure and Function of the Cardiovascular System in Young Athletes-The MuCAYA-Study. *Front. Cardiovasc. Med*. 2019;6:148. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2019.00148>

4. **Гаврилова Е.А., Чурганов О.А., Брынцева Е.В., Ларинцева О.С.** Нарушения ритма сердца как проявление патологического спортивного сердца на разных этапах спортивной подготовки. *Современные вопросы биомедицины*. 2022;6(1):11. https://doi.org/10.51871/2588-0500_2022_06_01_11.

Gavrilova E.A., Churganov O.A., Bryntseva E.V., Lartseva O.S. Heart rhythm disorders as a manifestation of the pathological athletic heart at different stages of sports training. *Modern Issues of Biomedicine*. 2022;6(1):11 (In Russ.). https://doi.org/10.51871/2588-0500_2022_06_01_11

5. **Смоленский А.В., Михайлова А.В.** Кардиология: Национальное руководство. Спорт и сердечно-сосудистые заболевания. Кардиология: Новости. Мнения. Обучение. 2019;(4):62–65.

Smolenskiy A.V., Mikhaylova A.V. Cardiology. A National Leadership. Sport and cardiovascular diseases. *Cardiology: News. Opinions. Training*. 2019;(4):62–65 (In Russ.).

6. **Fellmann F., van El C.G., Charron P., Michaud K., Howard H.C., Boers S.N., et al.** European recommendations integrating genetic testing into multidisciplinary management of sudden cardiac death. *Eur. J. Hum. Genet.* 2019;27(12):1763–1773. <https://doi.org/10.1038/s41431-019-0445-y>

7. **Castelletti S., Zorzi A., Ballardini E., Basso C., Biffi A., Brancati F., et al.** Molecular genetic testing in athletes: Why and when a position statement from the Italian Society of Sports Cardiology. *Int. J. Cardiol.* 2022;364:169–177. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2022.05.071>

8. **Asatryan B., Schaller A., Seiler J., Servatius H., Noti F., Baldinger S.H., et al.** Usefulness of Genetic Testing in Sudden Cardiac Arrest Survivors With or Without Previous Clinical Evidence of Heart Disease. *Am. J. Cardiol.* 2019;123(12):2031–2038. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2019.02.061>

9. **Lubitz S.A., Ellinor P.T.** Next-generation sequencing for the diagnosis of cardiac arrhythmia syndromes. *Heart Rhythm*. 2015;12(5):1062–1070. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2015.01.011>

10. **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>

11. **bcl2fastq and bcl2fastq2 Conversion Software Downloads** [internet]. Available at: https://emea.support.illumina.com/sequencing/sequencing_software/bcl2fastq-conversion-software/downloads.html (accessed 21 November 2022).

12. **Sequencing Analysis Viewer Support** [internet]. Available at: https://support.illumina.com/sequencing/sequencing_software/sequencing_analysis_viewer_sav.html (accessed 21 November 2022).

13. **Babraham Bioinformatics - FastQC A Quality Control tool for High Throughput Sequence Data** [internet]. Available at: <https://www.bioinformatics.babraham.ac.uk/projects/fastqc/> (accessed 21 November 2022).

14. **Krusche P., Trigg L., Boutros P.C., Mason C.E., De La Vega F.M., Moore B.L., et al.** Best practices for benchmarking

germline small-variant calls in human genomes. *Nat. Biotechnol.* 2019;37(5):555–560. <https://doi.org/10.1038/s41587-019-0054-x>

15. **Wilde A.A.M., Semsarian C., Márquez M.F., Shamloo A.S., Ackerman M.J., Ashley E.A., et al.** European Heart Rhythm Association (EHRA)/Heart Rhythm Society (HRS)/Asia Pacific Heart Rhythm Society (APHRS)/Latin American Heart Rhythm Society (LAHRS) Expert Consensus Statement on the state of genetic testing for cardiac diseases. *Europace*. 2022;24(8):1307–1367. <https://doi.org/10.1093/europace/euac030>

16. **Human Phenotype Ontology** [internet]. Available at: <https://hpo.jax.org/app/>

17. **Wickham H., Bryan J.** Readxl: Read Excel Files. R Package Version 1.3.1. 2019. Available at: <https://CRAN.R-project.org/package=readxl>

18. **George K., Whyte G.P., Green D.J., Oxborough D., Shave R.E., Gaze D., Somauroo J.** The endurance athletes heart: acute stress and chronic adaptation. *Br. J. Sports Med.* 2012;46(suppl 1):i29–i36. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091141>

19. **Pujadas S., Doñate M., Li C.H., Merchan S., Cabanillas A., Alomar X., et al.** Myocardial remodelling and tissue characterisation by cardiovascular magnetic resonance (CMR) in endurance athletes. *BMJ Open Sport Exerc. Med.* 2018;4(1):e000422. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2018-000422>

20. **Domenech-Ximenes B., Sanz-de la Garza M., Prat-González S., Sepúlveda-Martínez A., Crispi F., Duran-Fernandez K., et al.** Prevalence and pattern of cardiovascular magnetic resonance late gadolinium enhancement in highly trained endurance athletes. *J. Cardiovasc. Magn. Reson.* 2020;22(1):62. <https://doi.org/10.1186/s12968-020-00660-w>

21. **Wickham H.** ggplot2. *WIREs Computational Statistics*. 2011;3(2):180–185. <https://doi.org/10.1002/wics.147>

22. **Dixon P.** VEGAN, a package of R functions for community ecology. *J. Veg. Sci.* 2003;14(6):927–930. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2003.tb02228.x>

23. **Гаврилова Е.** Актуальные проблемы спортивной кардиологии. Москва: Спорт; 2022.

Gavrilova E. Actual problems of sports cardiology. Moscow: Sport Publ.; 2022 (In Russ.).

24. **Larsson E., Wesslén L., Lindquist O., Baandrup U., Eriksson L., Olsen E., Rolf C., Friman G.** Sudden unexpected cardiac deaths among young Swedish orienteers — Morphological changes in hearts and other organs. *APMIS*. 1999;107(3):325–336. <https://doi.org/10.1111/j.1699-0463.1999.tb01561.x>

25. **Masson E., Zou W.B., Génin E., Cooper D.N., Gac G.L., Fichou Y., et al.** Expanding ACMG variant classification guidelines into a general framework. *Hum. Genomics*. 2022;16(1):31. <https://doi.org/10.1186/s40246-022-00407-x>

Информация об авторах:

Жолинский Андрей Владимирович, кандидат медицинских наук, директор ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», Россия, 121059, Москва, ул. Б. Дорогомиловская, 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0267-9761> (+7 (499) 795-68-53; ZholinskiAV@sportfmba.ru)

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. <https://orcid.org/0000-0003-2996-6194> (+7 (960) 878-26-17; KadykovaAI@sportfmba.ru)

Гладышев Никита Сергеевич, младший научный сотрудник ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», Россия, 121059, Москва, ул. Б. Дорогомиловская, 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2732-5676> (+7 (963) 346-55-57; GladyshevNS@sportfmba.ru)

Терехов Михаил Валерьевич, аналитик отдела медицинской геномики ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, Россия, 119121, Москва, ул. Погодинская, 10, стр. 1. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4549-7470> (8 (495) 540-61-75 доб. 4131, Mterekhov@cspfmba.ru)

Ивашечкин Алексей Александрович, аналитик 2-й категории лаборатории биобанкирования и мультиомиксных методов исследований ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, Россия, 119121, Москва, ул. Погодинская, 10, стр. 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0148-1112> (8 (495) 540-61-75 доб. 4711, Aivashchkin@cspfmba.ru)

Максютина Валентина Валерьевна, аналитик 2-й категории лаборатории биобанкирования и мультиомиксных методов исследований ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, Россия, 119121, Москва, ул. Погодинская, 10, стр. 1. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-8136-2379> (8 (495) 540-61-75 доб. 4731, VMaksyutina@cspfmba.ru)

Некрасова Александра Игоревна, аналитик 1-й категории отдела медицинской геномики ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, Россия, 119121, Москва, ул. Погодинская, 10, стр. 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7951-2003> (8 (495) 540-61-75 доб. 4110, Akinshina@cspfmba.ru)

Митрофанов Сергей Игоревич, начальник отдела системной биологии и биоинформатики ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, Россия, 119121, Москва, ул. Погодинская, 10, стр. 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0358-0568> (8 (495) 540-61-75 доб. 4010, Mitrofanov@cspfmba.ru)

Иванов Михаил Вячеславович, ведущий аналитик отдела медицинской геномики ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, Россия, 119121, Москва, ул. Погодинская, 10, стр. 1. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7070-5636> (8 (495) 540-61-75 доб. 4124, MIvanov@cspfmba.ru)

Каштанова Дарья Андреевна, заместитель начальника отдела медицинской геномики ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, Россия, 119121, Москва, ул. Погодинская, 10, стр. 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8977-4384> (8 (495) 540 61 75 доб. 4120, DKashtanova@cspfmba.ru)

Юдин Владимир Сергеевич, директор Института синтетической биологии и геномной инженерии ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, Россия, 119121, Москва, ул. Погодинская, 10, стр. 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9199-6258> (8 (495) 540 61 75 доб. 4003, VYudin@cspfmba.ru)

Кескинов Антон Артурович, заместитель генерального директора ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, Россия, 119121, Москва, ул. Погодинская, 10, стр. 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7378-983X> (8 (495) 540 61 75 доб. 4001, Keskinov@cspfmba.ru)

Юдин Сергей Михайлович, генеральный директор ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, Россия, 119121, Москва, ул. Погодинская, 10, стр. 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7942-8004> (8 (495) 540 61 71, info@cspfmba.ru)

Деев Роман Вадимович, кандидат медицинских наук, доцент, ведущий научный сотрудник ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», Россия, 121059, Москва, ул. Б. Дорогомилдовская, 5. Первый заместитель директора НИИ морфологии человека им. академика А.П. Авцына ГНЦ РФ ФГБНУ РНЦХ им. академика Б.В. Петровского, 117418, г. Москва, ул. Цюрупы, д. 3. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8389-3841> (+7 (499) 795-68-53); DeevRV@sportfmba.ru)

Скворцова Вероника Игоревна, член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, руководитель Федерального медико-биологического агентства, Россия, 123182, Москва, Волоколамское шоссе, 30. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2815-280X> (+7 (495) 617-09-10, Skvortsova@cspfmba.ru)

Information about the authors:

Andrey V. Zholinsky, M.D., Ph.D. (Medicine), Director, Federal Scientific and Clinical Center for Sports Medicine and Rehabilitation of the Federal Medical and Biological Agency, Russia, 121059, Moscow, 5, B. Dorogomilovskaya str. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0267-9761> (+7 (499) 795-68-53; ZholinskiiAV@sportfmba.ru)

Anastasia I. Kadykova*, Doctor of Clinical Laboratory Diagnostics, Federal Scientific and Clinical Center for Sports Medicine and Rehabilitation of the Federal Medical and Biological Agency, Russia, 121059, Moscow, 5, B. Dorogomilovskaya St., <https://orcid.org/0000-0003-2996-6194> (+7 (960) 878-26-17; KadykovaAI@sportfmba.ru).

Nikita S. Gladyshev, junior researcher, Federal Scientific-Clinical Center for Sports Medicine and Rehabilitation of the Federal Medical and Biological Agency, Russia, 121059, Moscow, 5, B. Dorogomilovskaya str. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2732-5676> (+7 (963) 346-55-57; GladyshevNS@sportfmba.ru)

Mikhail V. Terekhov, Analyst, Medical Genomics Department, Center for Strategic Planning and Management of Medical and Biological Health Risks, Federal Medical and Biological Agency, Russia, 119121, Moscow, 10 Pogodinskaya St., p. 1. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4549-7470> (8 (495) 540-61-75 ext. 4131, Mterekhov@cspfmba.ru)

Alexey A. Ivashchkin, Analyst, 2nd category, Laboratory of Biobanking and Multi-omics Research Methods, Center for Strategic Planning and Management of Medical and Biological Health Risks, Federal Medical and Biological Agency, Russia, 119121, Moscow, 10, Pogodinskaya St., p. 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0148-1112> (8 (495) 540-61-75 ext. 4711, Aivashchkin@cspfmba.ru)

Valentina V. Maksyutina, Analyst, 2nd category, Laboratory of Biobanking and Multimix Research Methods, Center for Strategic Planning and Management of Medical and Biological Health Risks, Federal Medical and Biological Agency, Russia, 119121, Moscow, 10, Pogodinskaya str. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-8136-2379> (8 (495) 540-61-75 ext. 4731, VMaksyutina@cspfmba.ru)

Alexandra I. Nekrasova, Analyst, 1st category, Medical Genomics Department, Center for Strategic Planning and Management of Medical and Biological Health Risks, Federal Medical and Biological Agency, Russia, 119121, Moscow, 10, Pogodinskaya St., p. 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7951-2003> (8 (495) 540-61-75 ext. 4110, Akinshina@cspfmba.ru)

Sergey I. Mitrofanov, Head of the Department of Systems Biology and Bioinformatics, Center for Strategic Planning and Management of Medical and Biological Health Risks, Federal Medical and Biological Agency, Russia, 119121, Moscow, 10, Pogodinskaya St., p. 1. 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0358-0568> (8 (495) 540-61-75 ext. 4010, Mitrofanov@cspfmba.ru)

Mikhail V. Ivanov, Leading Analyst, Medical Genomics Department, Center for Strategic Planning and Management of Medical and Biological Health Risks, Federal Medical and Biological Agency, Russia, 119121, Moscow, 10, Pogodinskaya St., p. 1. 1. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7070-5636> (8(495)540-61-75 ext. 4124, MIvanov@cspfmba.ru)

Darya A. Kashtanova, Deputy Head of Medical Genomics Department, Center for Strategic Planning and Management of Medical and Biological Health Risks, Federal Medical and Biological Agency, Russia, 119121, Moscow, 10, Pogodinskaya St., p. 1. 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8977-4384> (8 (495) 540 61 75 ext. 4120, DKashtanova@cspfmba.ru).

Vladimir S. Yudin, Director, Institute of Synthetic Biology and Genetic Engineering, Center for Strategic Planning and Management of Medical and Biological Health Risks, Federal Medical and Biological Agency, Russia, 119121, Moscow, 10, Pogodinskaya St., p. 1. 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9199-6258> (8 (495) 540 61 75 ext. 4003, VYudin@cspfmba.ru).

Anton A. Keskinov, Deputy Director General, Center for Strategic Planning and Management of Medical and Biological Health Risks, Federal Medical and Biological Agency, Russia, 119121, Moscow, 10, Pogodinskaya St., p. 1. 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7378-983X> (8 (495) 540 61 75 ext. 4001, Keskinov@cspfmba.ru).

Sergey M. Yudin, Director General, Center for Strategic Planning and Management of Medical and Biological Health Risks, Federal Medical and Biological Agency, Russia, 119121, Moscow, 10 Pogodinskaya str., p. 1. 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7942-8004> (8 (495) 540 61 71, info@cspfmba.ru).

Roman V. Deev, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor, Leading Researcher, Federal Scientific and Clinical Center for Sports Medicine and Rehabilitation of the Federal Medical and Biological Agency, Russia, 121059, Moscow, B. Dorogomilovskaya St., 5. First Deputy Director of the Avtsyn research institute of human morphology of Federal state budgetary scientific institution "Petrovsky National research centre of surgery", Russia, 3, Tsyurupy St., Moscow, 117418. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8389-3841> (+7 (499) 795-68-53); DeevRV@sportfmba.ru)

Veronika I. Skvortsova, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, Head of the Federal Medical and Biological Agency, Russia, 123182, Moscow, Volokolamskoye Shosse, 30. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2815-280X> (+7 (495) 617-09-10, Skvortsova@cspfmba.ru)



Тревожность у элитных спортсменов, половозрастные особенности и ассоциация с видами спорта

Г.С. Пушкарев^{1,*}, О.В. Сенаторова², Л.А. Темпель¹, Д.И. Бутов¹, Е.Ф. Туровина²

¹ ГАУЗ Тюменской области «Многопрофильный консультативно-диагностический центр»,
Центр спортивной медицины, Тюмень, Россия

² ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России, Тюмень, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение: Тревога является значимым фактором риска развития и прогрессирования сердечно-сосудистых заболеваний. В то же время спорт высоких достижений связан с повышенной распространенностью таких факторов риска, как избыточная масса тела, дислипидемия, гипертония. Поэтому исследование тревожности у элитных спортсменов нам представляется актуальной задачей.

Цель: оценить распространенность тревожной симптоматики у элитных спортсменов Тюменской области и выявить ассоциации показателей тревожности с видами спорта и клинико-инструментальными параметрами спортсменов.

Материалы и методы: Всего в исследование был включен 141 элитный спортсмен Тюменской области, 40 (28,4%) женщин и 101 (71,6%) мужчина. Возраст участников варьировал от 14 до 38 лет (средний возраст $21,0 \pm 4,2$ года). Выделяли следующие виды спорта, индивидуальные дисциплины (биатлон, дзюдо, $n = 62$ (44,0%)) и командные виды спорта (волейбол, хоккей, $n = 79$ (56,0%)). Тревожность (реактивную и личностную) оценивали при помощи опросника Спилбергера — Ханина. Для оценки независимой связи рассматриваемых переменных с показателями тревожности использовали мультивариантный анализ — мультиномиальную логистическую регрессию.

Результаты: Выраженная реактивная тревожность встречалась у 21 (15,7%) спортсмена, выраженная личностная тревожность — у 26 (19,5%) спортсменов. У 80 (59,7%) спортсменов была выявлена умеренная реактивная тревожность, у 83 (62,4%) — умеренная личностная тревожность. При проведении мультивариантного анализа были установлены независимые ассоциации реактивной тревожности с возрастом (ОШ = 1,25, 95% ДИ 1,08 — 1,45, $p = 0,003$), видами спорта (ОШ = 0,39, 95% ДИ 0,17 — 0,94, $p = 0,036$) и полом (ОШ = 0,23, 95% ДИ 0,06 — 0,93, $p = 0,039$). Личностная тревожность была независимо ассоциирована с полом (ОШ = 0,12, 95% ДИ 0,02 — 0,63, $p = 0,013$) и видами спорта (ОШ = 0,29, 95% ДИ 0,11 — 0,77, $p = 0,013$).

Заключение: Таким образом, среди элитных спортсменов распространенность тревожной симптоматики была достаточно высока. Показатель реактивной тревожности у элитных спортсменов был независимо и значимо ассоциирован с возрастом, видами спорта и полом, а показатель личностной тревожности — с полом и видами спорта.

Ключевые слова: тревога, спорт, опросник Спилбергера — Ханина

Конфликт интересов: авторы заявляют отсутствие конфликта интересов.

Для цитирования: Пушкарев Г.С., Сенаторова О.В., Темпель Л.А., Бутов Д.И., Туровина Е.Ф. Тревожность у элитных спортсменов, половозрастные особенности и ассоциация с видами спорта. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2023;13(4):27–35. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.4.7>

Поступила в редакцию: 22.12.2023

Принята к публикации: 07.02.2024

Online first: 11.04.2024

Опубликована: 21.05.2024

* Автор, ответственный за переписку

Anxiety in elite athletes, sex and age characteristics and association with sports

Georgiy S. Pushcarov¹, Olga V. Senatorova², Larisa A. Tempel¹, Dmitriy I. Butov¹, Elena F. Turovinina²

¹ Multidisciplinary Consultative and Diagnostic Center, Center for Sports Medicine, Tyumen, Russia

² Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia

ABSTRACT

Introduction: Long-term anxiety can lead to increased injuries and negatively affect physical performance, but it is also a significant risk factor for the development and progression of cardiovascular diseases. At the same time, participation in certain sports at a professional level is associated with an increased prevalence of risk factors such as excess body weight, dyslipidemia and hypertension. Therefore, the study of anxiety in elite athletes seems to us an urgent task.

Objective: to assess the prevalence of anxiety of varying severity among elite athletes permanently residing in the Tyumen region, and to identify possible associations of anxiety indicators with sports, gender and age.

Materials and methods: The study involved 141 elite athletes of the Tyumen region (40 (28.4 %) and 101 (71.6 %) female and male, respectively) aged from 14 to 38 years (average age 21.0 ± 4.2). Participants competed in both individual (biathlon and judo, $n = 62$ (44.0 %)) and team sports (volleyball, hockey, $n = 79$ (56.0 %)). Anxiety (reactive and personal) was assessed using the Spielberger — Hanin questionnaire. To assess the independent relationship of the variables under consideration with anxiety indicators, multivariate analysis was used — multinomial logistic regression.

Results: Severe reactive anxiety was found in 21 (15.7 %) athletes, and severe personal anxiety in 26 (19.5 %) athletes. 80 (59.7 %) athletes had moderate reactive anxiety, and 83 (62.4 %) had moderate personal anxiety. When conducting multivariate analysis, independent associations of reactive anxiety with age (OR = 1.25, 95 % CI 1.08–1.45, $p = 0.003$), types of sports (OR = 0.39, 95 % CI 0.17) were established -0.94 , $p=0.036$) and gender (OR=0.23, 95 % CI 0.06–0.93, $p=0.039$). Personal anxiety was independently associated with gender (OR = 0.12, 95 % CI 0.02–0.63, $p = 0.013$) and type of sport (OR = 0.29, 95 % CI 0.11–0.77, $p = 0.013$).

Conclusion: The prevalence of anxiety symptoms among elite athletes was quite high. Moreover, the indicator of reactive anxiety among them was independently and significantly associated with age, types of sports and gender, and the indicator of personal anxiety was associated with gender and types of sports.

Keywords: anxiety, sport, state-trait anxiety inventory

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

For citation: Pushcarov G.S., Senatorova O.V., Tempel L.A., Butov D.I., Turovinina E.F. Anxiety in elite athletes, sex and age characteristics and association with sports. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2023;13(4):27–35. (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.4.7>

Received: 22 December 2023

Accepted: 07 February 2024

Online first: 11 April 2024

Published: 21 May 2024

*Corresponding author

1. Введение

В настоящее время хорошо известно, что регулярная дозированная физическая активность приводит к существенному снижению риска развития сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) и является важным компонентом в их профилактике и реабилитации [1]. Доказано, что она положительно воздействует на многие факторы риска ССЗ, в том числе на повышенное артериальное давление, гиперхолестеринемию, а также приводит к снижению уровня глюкозы в сыворотке крови при сахарном диабете и массы тела при ожирении, что в конечном счете приводит к значительному снижению сердечно-сосудистого риска, причем независимо от пола и возраста [2, 3]. В то же время в научной литературе есть данные о том, что постоянные и интенсивные физические нагрузки у спортсменов могут приводить к неблагоприятным процессам в сердечной мышце, включая фиброз миокарда с его отеком и последующей структурной перестройкой [4, 5, 6]. По данным

недавнего крупного метаанализа также было установлено, что занятия такими видами спорта, как американский футбол, регби, бейсбол и соккер, могут быть связаны с повышенной распространенностью таких факторов риска развития ССЗ, как избыточная масса тела, дислипидемия, высокое систолическое артериальное давление [7]. Не следует забывать и о чрезмерных психоэмоциональных нагрузках, которые испытывают спортсмены во время соревновательного периода [8]. Планка спортивных результатов повышается с каждым годом, что не может не отражаться на личностных ресурсах, особенно в спорте высоких достижений. Так, актуальной становится проблема психической устойчивости в условиях соревновательного процесса [9]. Недавние исследования показали, что высокий уровень тревоги и депрессии приводит к снижению физической работоспособности и повышению риска возникновения травм [10]. К тому же, как показали последние работы, психические расстройства (в том числе и тревожные

расстройства) значимо увеличивают риск смерти, особенно среди мужчин [11]. Все это свидетельствует о том, что профессиональные спортсмены находятся в зоне повышенного риска, в том числе развития ССЗ. Таким образом, изучение тревожности среди элитных спортсменов и факторов, влияющих на ее выраженность, имеет большой практический интерес. А проблема ментальных расстройств в целом и изучение их распространенности среди спортсменов представляется очень актуальной задачей в сфере спортивной медицины.

2. Материалы и методы

Всего в исследование был включен 141 элитный спортсмен, постоянно проживающий в Тюменской области (40 (28,4%) и 101 (71,6%) женского и мужского пола) в возрасте от 14 до 38 лет (средний возраст $21,0 \pm 4,2$ года). Среди участников 62 человека (44,0%) представляли индивидуальные виды спорта (биатлон и дзюдо), а 79 человек (56%) — командные виды спорта (волейбол, хоккей). Все участники исследования были членами региональных сборных, и среди них были три (2,1%) мастера спорта международного класса, 28 (19,9%) мастеров спорта России, 66 (46,8%) кандидатов в мастера спорта. Остальные 44 (31,2%) спортсмена представляли хоккей и входили в спортивные команды Всероссийской хоккейной лиги и Молодежной хоккейной лиги.

Все участники исследования проходили комплексное клинично-инструментальное обследование спортсменов согласно программе углубленного медицинского обследования лиц, занимающихся физической культурой и спортом, на этапах совершенствования спортивного мастерства и высшего спортивного мастерства (ВСМ) [12]. В обследование в том числе были включены антропометрия и спирография, стандартная 12-канальная электрокардиограмма (ЭКГ) в покое, во время и после погрузки, а также стандартная трансторакальная эхокардиография (ЭхоКГ) с использованием ультразвуковых аппаратов Hitachi Aloka Prosound Alpha 7 (Япония). ЭхоКГ проводили согласно действующим рекомендациям Американского общества эхокардиографии [13].

Оценку тревожной симптоматики проводили при помощи опросника реактивной и личностной тревожности Спилбергера в адаптации Ханина [14]. Полностью его заполнили 133 спортсмена (отклик на анкетирование составил 94,3%).

Первичное анкетирование спортсменов проводилось очно в рамках углубленного медицинского осмотра (УМО), которое спортсмены проходили в межсоревновательный период. Данная шкала имеет высокую валидность и надежность и применяется для определения как реактивной тревожности (выраженность эмоционального состояния тревоги в момент заполнения шкалы), так и личностной тревожности (устойчивая личностная характеристика пациента, в том числе и у спортсменов [15, 16, 17]). Опросник состоит из сорока вопросов и двух субшкал (по 20 вопросов в каждой

из них), оценивающих реактивную (РТ) и личностную (ЛТ) тревожность. В опроснике Спилбергера — Ханина используется 4-балльная шкала Лайкерта с градацией ответов от 1 («никогда») до 4 («почти всегда»). Итоговый балл вычисляется суммированием баллов по всем прямым вопросам и добавлением суммы баллов по непрямым вопросам с предварительной обратной перекодировкой. Для выделения уровней тревожности использовали следующие критерии: до 30 баллов — симптомы тревожности отсутствуют, от 31 до 44 баллов — умеренные симптомы тревожности, 45 и более баллов — выраженные симптомы тревожности.

Исследование было одобрено локальным этическим комитетом Тюменского ГМУ (протокол № 113/2 от 13 марта 2023). Пациентов включали в исследование только после подписания ими информированного согласия.

Статистический анализ проводили с использованием пакета статистических программ IBM® SPSS® Statistics ver. 21.0. Распределение переменных определяли с помощью критерия Колмогорова — Смирнова. Показатели представлены в виде $M \pm SD$ (среднее \pm стандартное отклонение) в случае нормального распределения количественных переменных. При распределении отличающегося от нормального использовали медиану (Me) и интерквартильный размах в виде 25 и 75 перцентилей [25; 75]. Сравнение между долями совокупности проводили при помощи критерия χ^2 Пирсона. Для сравнения количественных величин в двух группах при их нормальном распределении использовали t -критерий Стьюдента, при распределении, не являющемся нормальным, — H -критерия Краскела — Уоллиса и U -критерия Манна — Уитни. Для оценки независимой связи рассматриваемых переменных с показателями тревожности использовали мультивариантный анализ-мультиномиальную логистическую регрессию.

3. Результаты

Проведенное исследование продемонстрировало, что среди участников исследования была широко распространена и реактивная, и личностная тревожность. Выраженная реактивная тревожность встречалась у 21 (15,7%) спортсмена, выраженная личностная тревожность — у 26 (19,5%) спортсменов. У 80 (59,7%) спортсменов была выявлена умеренная реактивная тревожность, у 83 (62,4%) — умеренная личностная тревожность. И, соответственно, у 33 (24,6%) респондентов отсутствовали симптомы реактивной тревожности, а у 24 (18,0%) — симптомы личностной тревожности (табл. 1).

Также было выявлено зависимость выраженности реактивной и личностной тревожности от целого ряда факторов. Так, в отношении шкалы реактивной тревожности были обнаружены статистически значимые различия для таких показателей, как возраст ($p = 0,005$) и индекс массы тела ($p = 0,002$). В отношении шкалы

Таблица 1

Демографическая и психологическая характеристика обследованных спортсменов

Table 1

Demographic and psychological characteristics of the examined athletes

Показатель	Значение	
Возраст, лет	21,2 ± 4,2	
Пол, <i>n</i> (%)	Мужской	99 (74,4)
	Женский	34 (25,6)
Вид спорта, <i>n</i> (%)	Индивидуальный	54 (40,6)
	Командный	79 (59,4)
Масса тела, кг	75,9 ± 12,5	
Индекс массы тела, кг/м ²	23,4 ± 2,8	
Реактивная тревожность, баллы	36,2 ± 7,9	
Реактивная тревожность, <i>n</i> (%)	Отсутствует	33 (24,6)
	Умеренная тревожность	80 (59,7)
	Выраженная тревожность	21 (15,7)
Личностная тревожность, баллы	38,3 ± 7,5	
Личностная тревожность, <i>n</i> (%)	Отсутствует	24 (18,0)
	Умеренная тревожность	83 (62,4)
	Выраженная тревожность	26 (19,5)

личностной тревожности значимые различия были обнаружены для пола ($p = 0,048$), вида спорта ($p = 0,042$), индекса массы тела ($p = 0,001$) и массы миокарда ЛЖ ($p = 0,005$) (табл. 2).

При последующем попарном сравнении групп было установлено, что спортсмены с выраженной реактивной тревогой были статистически значимо старше спортсменов с умеренной реактивной тревожностью или без симптомов тревоги ($23,9 \pm 4,0$ и $20,8 \pm 4,4$ соответственно ($p = 0,002$) и $23,9 \pm 4,0$ и $20,6 \pm 3,5$ соответственно ($p = 0,004$)). Спортсмены без симптомов тревоги имели более высокие значения индекса массы тела по сравнению со спортсменами с умеренными симптомами реактивной тревожности ($24,8 \pm 3,3$ и $22,8 \pm 2,4$ соответственно $p = 0,001$).

В зависимости от пола статистически значимые различия между группами были выявлены только в отношении личностной тревожности ($p = 0,048$). При проведении внутригруппового анализа в зависимости от пола было установлено, что в группе спортсменов с выраженной тревожной симптоматикой женщины встречаются значимо чаще, чем мужчины по сравнению с группой спортсменов без симптомов тревоги, где процент женщин был самым низким (29,4% и 16,2%; 5,9% и 22,2, соответственно ($p = 0,013$)).

В зависимости от видов спорта, значимые различия также были выявлены только в отношении шкалы личностной тревожности ($p = 0,042$). У спортсменов командных видов спорта чаще выявляли умеренные симптомы тревожности и, соответственно, у них реже определяли отсутствие симптомов тревожности по сравнению

со спортсменами из индивидуальных дисциплин (70,9% и 12,7% против 50,0% и 25,9% соответственно ($p = 0,022$)).

При проведении мультивариантного анализа были установлены независимые ассоциации реактивной тревожности с возрастом (ОШ = 1,25, 95% ДИ 1,08 – 1,45, $p = 0,003$), видами спорта (ОШ = 0,39, 95% ДИ 0,17 – 0,94, $p = 0,036$) и полом (ОШ = 0,23, 95% ДИ 0,06 – 0,93, $p = 0,039$) (табл. 3).

Личностная тревожность была независимо ассоциирована с полом (ОШ = 0,12, 95% ДИ 0,02 – 0,63, $p = 0,013$) и видами спорта (ОШ = 0,29, 95% ДИ 0,11 – 0,77, $p = 0,013$) (табл. 4).

4. Обсуждение

В зарубежной литературе опубликованы данные, в которых спортсмены с высоким уровнем страха неудачи имеют более высокие баллы по личностному и эмоциональному выгоранию и показателям тревоги [18]. По данным литературы известно, что в популяции выраженные симптомы тревоги встречаются чаще у женщин по сравнению с мужчинами [19]. По всей видимости, гендерные особенности встречаемости тревоги среди спортсменов совпадают с популяционными данными. Таким образом, наше исследование совпадает с данными других исследований и подтверждает, что у женщин уровень тревожности выше в сравнении с мужчинами [19, 20]. Спортсмены с выраженной реактивной тревожностью были старше, что, по всей видимости, связано с тем, что с возрастом растет количество травм и заболеваний у спортсменов [21, 22]. Таким образом, можно

Таблица 2

Сравнительная клинико-инструментальная характеристика спортсменов в зависимости от выраженности реактивной и личностной тревожности

Table 2

Comparative clinical and instrumental characteristics of athletes depending on the severity of reactive and personal anxiety

Показатель	Тревожность отсутствует		Умеренная реактивная тревожность	Выраженная реактивная тревожность		p	Тревожность отсутствует		Умеренная личностная тревожность	Выраженная личностная тревожность		p
	1	2		3	1		2	3				
Возраст, лет	19 [18; 23] ¹	19 [18; 23] ²	23 [22; 27] ^{1,2}	20 [18; 23]	19 [18; 24]	22 [19; 24]	0,005	20 [18; 23]	19 [18; 24]	22 [19; 24]	0,46	
Пол, n (%)	28 (28,0)	58 (58,0)	14 (14,0)	22 (22,2) ⁴	61 (61,6)	16 (16,2) ⁴	0,26	22 (22,2) ⁴	61 (61,6)	16 (16,2) ⁴	0,048	
Женский	5 (14,5)	22 (64,5)	7 (20,6)	2 (5,9)	22 (64,7)	10 (29,4)		2 (5,9)	22 (64,7)	10 (29,4)		
Вид спорта, n (%)	18 (32,7)	28 (50,9)	9 (16,4)	14 (25,9) ⁵	27 (50,0) ⁵	13 (24,1)	0,16	14 (25,9) ⁵	27 (50,0) ⁵	13 (24,1)	0,042	
Командный	15 (19,0)	52 (65,8)	12 (15,2)	10 (12,7)	56 (70,9)	13 (16,5)		10 (12,7)	56 (70,9)	13 (16,5)		
Индекс массы тела, кг/м ²	24,8 ± 3,3 ³	22,8 ± 2,4 ³	23,9 ± 2,8	25,3 ± 3,1 ^{6,7}	23,1 ± 2,6 ⁶	22,9 ± 2,5 ⁷	0,002	25,3 ± 3,1 ^{6,7}	23,1 ± 2,6 ⁶	22,9 ± 2,5 ⁷	0,001	
Систолическое АД, мм рт. ст.	120 [110; 120]	120 [110; 120]	110 [110; 120]	120 [110; 120]	120 [110; 120]	110 [110; 120]	0,52	120 [110; 120]	120 [110; 120]	110 [110; 120]	0,30	
Диастолическое АД, мм рт. ст.	70 [60; 80]	70 [70; 80]	70 [60; 75]	70 [70; 80]	70 [70; 80]	70 [60; 70]	0,35	70 [70; 80]	70 [70; 80]	70 [60; 70]	0,19	
Артериальная гипертензия, n (%)	0 (0,0)	3 (3,8)	1 (5,0)	0 (0,0)	4 (4,8)	0 (0,0)	0,49	0 (0,0)	4 (4,8)	0 (0,0)	0,30	
Синусовый ритм по ЭКГ, n (%)	28 (84,8)	72 (90,0)	17 (81,0)	22 (91,7)	71 (85,5)	23 (88,5)	0,48	22 (91,7)	71 (85,5)	23 (88,5)	0,72	
Экстрасистолия по ЭКГ, n (%)	1 (3,0)	2 (2,5)	0 (0,0)	0 (0,0)	3 (3,6)	0 (0,0)	0,35	0 (0,0)	3 (3,6)	0 (0,0)	0,76	
Признаки гипертрофии ЛЖ по ЭКГ, n (%)	1 (3,0)	6 (7,5)	3 (14,3)	0 (0,0)	7 (8,4)	2 (7,7)	0,31	0 (0,0)	7 (8,4)	2 (7,7)	0,34	
Общий холестерин, ммоль/л	4,1 ± 0,8	4,2 ± 0,9	4,6 ± 1,0	4,0 ± 0,8	4,2 ± 0,9	4,4 ± 0,9	0,12	4,0 ± 0,8	4,2 ± 0,9	4,4 ± 0,9	0,28	
Триглицериды, ммоль/л	0,9 [0,6; 1,2]	0,7 [0,6; 1,1]	0,7 [0,6; 1,0]	0,9 [0,5; 1,3]	0,8 [0,6; 1,1]	0,7 [0,6; 0,9]	0,22	0,9 [0,5; 1,3]	0,8 [0,6; 1,1]	0,7 [0,6; 0,9]	0,66	
Кортизол, нмоль/л	345,2 ± 137,3	366,4 ± 159,5	384,7 ± 187,9	332,3 ± 116,5	376,6 ± 164,0	345,4 ± 170,9	0,67	332,3 ± 116,5	376,6 ± 164,0	345,4 ± 170,9	0,41	
Тестостерон, нг/мл	4,9 [4,2; 7,3]	5,0 [0,6; 7,2]	3,4 [0,4; 8,6]	5,2 [4,6; 6,7]	5,0 [0,6; 7,6]	4,0 [0,5; 6,9]	0,54	5,2 [4,6; 6,7]	5,0 [0,6; 7,6]	4,0 [0,5; 6,9]	0,31	
Тиреотропный гормон, мкМЕ/мл	1,83 [1,37; 2,91]	2,27 [1,63; 2,98]	1,84 [1,26; 2,41]	2,42 [1,20; 2,90]	2,16 [1,51; 2,69]	1,93 [1,28; 2,51]	0,25	2,42 [1,20; 2,90]	2,16 [1,51; 2,69]	1,93 [1,28; 2,51]	0,59	
Конечно-диастолический размер ЛЖ, мм	51,5 ± 3,1	50,7 ± 3,7	52,1 ± 3,1	51,8 ± 3,3	51,2 ± 3,7	50,5 ± 3,0	0,21	51,8 ± 3,3	51,2 ± 3,7	50,5 ± 3,0	0,42	
Масса миокарда ЛЖ, г	172,5 ± 32,2	156,8 ± 29,6	165,7 ± 38,6	179,0 ± 31,9 ^{9,10}	161,4 ± 32,5 ⁹	149,5 ± 27,9 ¹⁰	0,061	179,0 ± 31,9 ^{9,10}	161,4 ± 32,5 ⁹	149,5 ± 27,9 ¹⁰	0,005	
Фракция выброса ЛЖ, %	61 [61; 63]	62 [61; 63]	61 [61; 62]	61 [61; 63]	62 [61; 63]	61 [61; 62]	0,28	61 [61; 63]	62 [61; 63]	61 [61; 62]	0,42	

¹ — p между 1 и 3 = 0,004, ² — p между 2 и 3 = 0,002; ³ — p между 1 и 2 = 0,001; ⁴ — p между 1 и 3 = 0,013; ⁵ — p между 1 и 2 = 0,022; ⁶ — p между 1 и 2 = 0,001; ⁷ — p между 1 и 3 = 0,002; ⁸ — p между 1 и 2 = 0,005; ⁹ — p между 1 и 2 = 0,020; ¹⁰ — p между 1 и 3 = 0,001.

Примечания: АД — артериальное давление, ЛЖ — левый желудочек.

¹ — p between 1 and 3 = 0,004, ² — p between 2 and 3 = 0,002; ³ — p between 1 and 2 = 0,001; ⁴ — p between 1 and 3 = 0,013; ⁵ — p between 1 and 2 = 0,022; ⁶ — p between 1 and 2 = 0,001; ⁷ — p between 1 and 3 = 0,002; ⁸ — p between 1 and 2 = 0,005; ⁹ — p between 1 and 2 = 0,020; ¹⁰ — p between 1 and 3 = 0,001.

Notes: BP — blood pressure, LV — left ventricle.

Таблица 3

Параметры, значимо и независимо связанные с выраженностью симптомов реактивной тревожности

Table 3

Parameters significantly and independently associated with the severity of reactive anxiety symptoms

Зависимая переменная: Реактивная тревожность	Независимые переменные	ОШ	95% ДИ для ОШ		p
			Нижняя граница	Верхняя граница	
Умеренная тревожность	Вид спорта (индивидуальный/ командный)	0,394	0,165	0,941	0,036
Выраженная тревожность	Пол (мужской / женский)	0,230	0,057	0,931	0,039
	Возраст	1,254	1,082	1,454	0,003

Примечание: референтная группа — спортсмены, у которых отсутствует тревожность; ОШ — отношение шансов; ДИ — доверительный интервал.

Note: reference group — athletes who do not have anxiety; OR — odds ratio; CI — confidence interval.

Таблица 4

Параметры, значимо и независимо связанные с выраженностью симптомов личностной тревожности

Table 4

Parameters significantly and independently associated with the severity of symptoms of personal anxiety

Зависимая переменная: Личностная тревожность	Независимые переменные	ОШ	95% ДИ для ОШ		p
			Нижняя граница	Верхняя граница	
Умеренная тревожность	Вид спорта (индивидуальный/командный)	0,286	0,106	0,774	0,013
Выраженная тревожность	Пол (мужской/женский)	0,118	0,022	0,634	0,013

Примечание: референтная группа — спортсмены, у которых отсутствует тревожность; ОШ — отношение шансов; ДИ — доверительный интервал.

Note: reference group — athletes who do not have anxiety; OR — odds ratio; CI — confidence interval.

предположить, что прохождение периодических медицинских осмотров с целью получения допуска к соревнованиям и тренировкам спортсменам более старшего возраста становится сложнее, что, вероятно, повышает реактивную тревожность в этот период времени. Это может быть связано с опасением со стороны спортсменов в отношении возможного отстранения по состоянию здоровья. Однако это предположение требует дальнейшего подтверждения.

По данным мультивариантной логистической регрессии в отношении распространенности тревожности разных типов в отношении различных видов спорта была выявлена закономерность. Так, шанс для спортсменов из индивидуальных дисциплин оказаться в группе с умеренными симптомами тревоги гораздо ниже в сравнении со спортсменами из командных видов спорта. Вероятно, при умеренных признаках тревоги спортсмены предпочитают находиться в коллективе для снижения уровня тревожности. Известно, что команда может

оказать значительную структурную и функциональную социальную поддержку [23], тем самым снижая пагубное воздействие стресса и тревоги [24].

Самый высокий индекс массы тела и масса миокарда ЛЖ определялись в группе спортсменов без симптомов тревоги, что, по всей видимости, обусловлено тем, что в этой группе доля мужчин была максимальной.

Безусловно, участие в спортивных мероприятиях приносит много пользы для индивидуального здоровья и благополучия, но профессионально занимающиеся спортсмены подвергаются дополнительным факторам риска, которые могут повлиять на психологическую составляющую. Врач спортивной медицины и другие участники спортивной команды имеют возможности для раннего выявления психологических проблем и своевременного вмешательства в данный процесс. В зарубежных руководствах отводят исключительную роль в оценке психологического компонента здоровья спортсменов, для своевременного выявления, лечения

и профилактике проблем психического здоровья у соревнующихся спортсменов, так как это безусловно оказывает положительное влияние на здоровье и спортивный результат [10, 25].

В проведенном исследовании есть ряд ограничений. Во-первых, это одноцентровое кросс-секционное исследование с относительно небольшим количеством участников, и поэтому все ограничения данного вида исследований относятся и к представленной работе. К основным из них можно отнести невозможность достоверно установить причинно-следственные связи и ограниченную обобщающую способность (характеристики или поведение исследуемой выборки могут быть нерепрезентативными для всей целевой группы). Во-вторых, определение симптомов тревоги проводилось только при помощи опросника без интервьюирования психотерапевта/психиатра, что могло отразиться

Вклад авторов:

Пушкарев Георгий Сергеевич — написание статьи, анализ материала;

Сенаторова Ольга Владимировна — анализ материала;

Темпель Лариса Анатольевна — набор материала;

Бутов Дмитрий Иванович — набор материала;

Туровина Елена Фаридовна — анализ материала.

Список литературы

1. Кардиоваскулярная профилактика 2017. Российские национальные рекомендации. Российский кардиологический журнал. 2018;(6):7–122. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2018-6-7-122>
2. **Aminian O., Saraei M., Najieb Pour S., Eftekhari S.** Association between type of physical activity and risk factors for cardiovascular disease, Islamic Republic of Iran. East. Mediterr. Health J. 2021;27(11):1061–1068. <https://doi.org/10.26719/emhj.21.060>
3. **Kubota Y., Evenson K.R., Maclehose R.F., Roetker N.S., Joshu C.E., Folsom A.R.** Physical Activity and Lifetime Risk of Cardiovascular Disease and Cancer. Med. Sci. Sports Exerc. 2017;49(8):1599–1605. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001274>
4. **Шарькин А.С., Бадтиева В.А., Трунина И.И., Османов И.М.** Фиброз миокарда — новый компонент ремоделирования сердца у спортсменов? Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2019;18(6):126–135. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2019-6-126-135>
5. **Cocker M.S., Strohm O., Smith D.J., Butler C., Belenkie I., Meeuwisse W., Friedrich M.G.** Increased Incidence of Myocardial Fibrosis with Reduced Cardiac Function in Elite High-Endurance Athletes: A Cardiovascular Magnetic Resonance (CMR) Study. Circulation. 2008;118(18):S840.
6. **Eijsvogels T.M.H., Oxborough D.L., O'Hanlon R., Sharma S., Prasad S., Whyte G., George K.P., Wilson M.G.** Global and regional cardiac function in lifelong endurance athletes with and without myocardial fibrosis. Eur. J. Sport Sci. 2017;17(10):1297–1303. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1373864>
7. **McHugh C., Hind K., Cunningham J., Davey D., Wilson F.** A career in sport does not eliminate risk of cardiovascular disease: A systematic review and meta-analysis of the cardiovascular health

на точности определения выраженных симптомов тревоги. В-третьих, в исследовании не оценивались результаты спортсменов.

В связи с этим представляется необходимым проведение проспективных исследований с участием спортсменов высокого уровня с целью определения влияния выраженных симптомов тревоги на здоровье и их спортивную успешность.

5. Заключение

Среди элитных спортсменов распространенность тревожной симптоматики была достаточно высока. Показатель реактивной тревожности в этой группе был независимо и значимо ассоциирован с возрастом, видами спорта и полом, а показатель личностной тревожности — с полом и видами спорта.

Author contributions:

Georgy S. Pushkarev — article writing, analysis of the material;

Olga V. Senatorova — analysis of the material;

Larisa A. Tempel — set of materials;

Dmitry I. Butov — set of materials;

Elena F. Turovinina — analysis of the material.

References

1. Cardiovascular Prevention 2017. National Guidelines. Russian Journal of Cardiology. 2018;(6):7–122. (In Russ.). <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2018-6-7-122>
2. **Aminian O., Saraei M., Najieb Pour S., Eftekhari S.** Association between type of physical activity and risk factors for cardiovascular disease, Islamic Republic of Iran. East. Mediterr. Health J. 2021;27(11):1061–1068. <https://doi.org/10.26719/emhj.21.060>
3. **Kubota Y., Evenson K.R., Maclehose R.F., Roetker N.S., Joshu C.E., Folsom A.R.** Physical Activity and Lifetime Risk of Cardiovascular Disease and Cancer. Med. Sci. Sports Exerc. 2017;49(8):1599–1605. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001274>
4. **Sharykin A.S., Badtieva V.A., Trunina I.I., Osmanov I.M.** Myocardial fibrosis — a new component of cardiac remodeling in athletes? Cardiovascular therapy and prevention. 2019;18(6):126–135. (In Russ.). <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2019-6-126-135>
5. **Cocker M.S., Strohm O., Smith D.J., Butler C., Belenkie I., Meeuwisse W., Friedrich M. G.** Increased Incidence of Myocardial Fibrosis with Reduced Cardiac Function in Elite High-Endurance Athletes: A Cardiovascular Magnetic Resonance (CMR) Study. Circulation. 2008;118(18):S840.
6. **Eijsvogels T.M.H., Oxborough D.L., O'Hanlon R., Sharma S., Prasad S., Whyte G., George K.P., Wilson M.G.** Global and regional cardiac function in lifelong endurance athletes with and without myocardial fibrosis. Eur. J. Sport Sci. 2017;17(10):1297–1303. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1373864>
7. **McHugh C., Hind K., Cunningham J., Davey D., Wilson F.** A career in sport does not eliminate risk of cardiovascular disease: A systematic review and meta-analysis of the cardiovascular health

of field-based athletes. *J. Sci. Med. Sport.* 2020;23(9):792–799. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.02.009>

8. **Горская Г.Б., Совмиз З.Р.** Психологические ресурсы преодоления долговременных психических нагрузок на разных этапах профессиональной карьеры спортсменов командных видов спорта. *Физическая культура, спорт — наука и практика.* 2018;3:88–93.

9. **Белоконь В.О.** Психическая устойчивость к соревновательному стрессу у спортсменов разного пола, занимающихся командными и индивидуальными видами спорта. *Актуальные вопросы физической культуры и спорта.* 2020;22:75–91.

10. **Clemente F.M., Afonso J., Costa J., Oliveira R., Pino-Ortega J., Rico-González M.** Relationships between Sleep, Athletic and Match Performance, Training Load, and Injuries: A Systematic Review of Soccer Players. *Healthcare (Basel).* 2021;9(7):808. <https://doi.org/10.3390/healthcare9070808>

11. **Kingsbury M., Sucha E., Horton N.J., et al.** Lifetime experience of multiple common mental disorders and 19-year mortality: results from a Canadian population-based cohort. *Epidemiol. Psychiatr. Sci.* 2019;29:e18. <https://doi.org/10.1017/S2045796018000859>

12. Об утверждении порядка организации оказания медицинской помощи лицам, занимающимся физической культурой и спортом (в том числе при подготовке и проведении физкультурных мероприятий и спортивных мероприятий), включая порядок медицинского осмотра лиц, желающих пройти спортивную подготовку, заниматься физической культурой и спортом в организациях и (или) выполнить нормативы испытаний (тестов) Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса «Готов к труду и обороне» (ГТО) и форм медицинских заключений о допуске к участию в физкультурных и спортивных мероприятиях. Приказ МЗ РФ от 23 октября 2020 N 1144н [интернет]. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74898631/>

13. **Mitchell C., Rahko P.S., Blauwet L.A., Canaday B., Finstuen J.A., Foster M.C., [et al.]** Guidelines for Performing a Comprehensive Transthoracic Echocardiographic Examination in Adults: Recommendations from the American Society of Echocardiography. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2019;32(1):1–64. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2018.06.004>

14. **Ханин Ю. Л.** Краткое руководство к шкале реактивной и личностной тревожности Ч. Д. Спилбергера. Ленинград; 1976.

15. **Вергунов Е.Г., Николаева Е.И., Боброва Ю.В.** К вопросу о психометрической надежности некоторых психологических методик. *Теоретическая и экспериментальная психология.* 2019;12(1):61–68.

16. **Rice S.M., Gwyther K., Santesteban-Echarri O., Baron D., Gorczyński P., Gouttebarga V., et al.** Determinants of anxiety in elite athletes: a systematic review and meta-analysis. *Br. J. Sports Med.* 2019;53(11):722–730. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-100620>

17. **Донцов В.В.** Влияние мотивации и уровня тревожности на результативность соревновательной деятельности в спортивном ориентировании. *Ученые записки Орловского государственного университета.* 2017;(2):231–235.

18. **Gustafsson H., Sagar S.S., Stenling A.** Fear of failure, psychological stress, and burnout among adolescent athletes competing in high level sport. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2017;27(12):2091–2102. <https://doi.org/10.1111/sms.12797>

19. **McLean C.P., Asnaani A., Litz B.T., Hofmann S.G.** Gender differences in anxiety disorders: prevalence, course of illness, comorbidity and burden of illness. *J. Psychiatr. Res.* 2011;45(8):1027–1035. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2011.03.006>

of field-based athletes. *J. Sci. Med. Sport.* 2020;23(9):792–799. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.02.009>

8. **Gorskaya G.B., Sovmiz Z.R.** Psychological resources for overcoming long-term mental stress at different stages of the professional career of team sports athletes. *Physical Education, Sports — Science and Practice.* 2018;3:88–93. (In Russ.).

9. **Belokon V.O.** Mental resistance to competitive stress in athletes of different genders involved in team and individual sports. *Aktual'nye voprosy fizicheskoi kul'tury i sporta.* 2020;22:75–91 (In Russ.).

10. **Clemente F.M., Afonso J., Costa J., Oliveira R., Pino-Ortega J., Rico-González M.** Relationships between Sleep, Athletic and Match Performance, Training Load, and Injuries: A Systematic Review of Soccer Players. *Healthcare (Basel).* 2021;9(7):808. <https://doi.org/10.3390/healthcare9070808>

11. **Kingsbury M., Sucha E., Horton N.J., et al.** Lifetime experience of multiple common mental disorders and 19-year mortality: results from a Canadian population-based cohort. *Epidemiol. Psychiatr. Sci.* 2019;29:e18. <https://doi.org/10.1017/S2045796018000859>

12. On approval of the procedure for organizing the provision of medical care to persons involved in physical education and sports (including during the preparation and conduct of physical education events and sports events), including the procedure for medical examination of persons wishing to undergo sports training, engage in physical education and sports in organizations and (or) comply with the test standards of the All-Russian Physical Culture and Sports Complex “Ready for Labor and Defense” (GTO) and forms of medical reports on admission to participation in physical education and sports events. Order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated October 23, 2020 N 1144n [internet]. Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74898631/> (In Russ.).

13. **Mitchell C., Rahko P.S., Blauwet L.A., Canaday B., Finstuen J.A., Foster M.C. [et al.]** Guidelines for Performing a Comprehensive Transthoracic Echocardiographic Examination in Adults: Recommendations from the American Society of Echocardiography. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2019;32(1):1–64. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2018.06.004>

14. **Khanin Yu.L.** A quick guide to using the C.D. Spielberger state-trait Anxiety inventory (STAI). Ленинград; 1976. (In Russ.).

15. **Vergunov E.G., Nikolaeva E.I., Bobrova Yu.V.** On the issue of psychometric reliability of some psychological methods. *Theoretical and Experimental Psychology.* 2019;12(1):61–68. (In Russ.).

16. **Rice S.M., Gwyther K., Santesteban-Echarri O., Baron D., Gorczyński P., Gouttebarga V., et al.** Determinants of anxiety in elite athletes: a systematic review and meta-analysis. *Br. J. Sports Med.* 2019;53(11):722–730. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-100620>

17. **Dontsov V.V.** The influence of motivation and anxiety on the effectiveness of the of competitive activities in sport orienteering. *Scientific Notes of Orel State University.* 2017;(2):231–235. (In Russ.).

18. **Gustafsson H., Sagar S.S., Stenling A.** Fear of failure, psychological stress, and burnout among adolescent athletes competing in high level sport. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2017;27(12):2091–2102. <https://doi.org/10.1111/sms.12797>

19. **McLean C.P., Asnaani A., Litz B.T., Hofmann S.G.** Gender differences in anxiety disorders: prevalence, course of illness, comorbidity and burden of illness. *J. Psychiatr. Res.* 2011;45(8):1027–1035. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2011.03.006>

20. **Parker G., Brotchie H.** Gender differences in depression. *Int. Rev. Psychiatry.* 2010;22(5):429–436. <https://doi.org/10.3109/09540261.2010.492391>

21. QuickStats: Injury Deaths as a Percentage of Total Deaths, by Age Group — National Vital Statistics System, United States, 2019. *MMWR Morb. Mortal. Wkly. Rep.* 2021;70(31):1066. <http://doi.org/10.15585/mmwr.mm7031a3>

22. **DeHaven K.E., Lintner D.M.** Athletic injuries: comparison by age, sport, and gender. *Am. J. Sports Med.* 1986;14(3):218–224. <https://doi.org/10.1177/036354658601400307>

23. **DeFreese J.D., Smith A.L.** Teammate social support, burn-out, and self-determined motivation in collegiate athletes. *Psychol. Sport Exerc.* 2013;14(2):258–265. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2012.10.009>

24. **Forsdyke D., Madigan D., Gledhill A., Smith A.** Perceived Social Support, Reinjury Anxiety, and Psychological Readiness to Return to Sport in Soccer Players. *J. Sport Rehabil.* 2022;31(6):749–755. <https://doi.org/10.1123/jsr.2021-0181>

25. **Chang C., Putukian M., Aerni G., Diamond A., Hong G., Ingram Y., Reardon G.L., Wolanin A.** Mental health issues and psychological factors in athletes: detection, management, effect on performance and prevention: American Medical Society for Sports Medicine Position Statement-Executive Summary. *Br. J. Sports Med.* 2020;54(4):216–220. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101583>

20. **Parker G., Brotchie H.** Gender differences in depression. *Int. Rev. Psychiatry.* 2010;22(5):429–436. <https://doi.org/10.3109/09540261.2010.492391>

21. QuickStats: Injury Deaths as a Percentage of Total Deaths, by Age Group — National Vital Statistics System, United States, 2019. *MMWR Morb. Mortal. Wkly. Rep.* 2021;70(31):1066. <http://doi.org/10.15585/mmwr.mm7031a3>

22. **DeHaven K.E., Lintner D.M.** Athletic injuries: comparison by age, sport, and gender. *Am. J. Sports Med.* 1986;14(3):218–224. <https://doi.org/10.1177/036354658601400307>

23. **DeFreese J.D., Smith A.L.** Teammate social support, burn-out, and self-determined motivation in collegiate athletes. *Psychol. Sport Exerc.* 2013;14(2):258–265. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2012.10.009>

24. **Forsdyke D., Madigan D., Gledhill A., Smith A.** Perceived Social Support, Reinjury Anxiety, and Psychological Readiness to Return to Sport in Soccer Players. *J. Sport Rehabil.* 2022;31(6):749–755. <https://doi.org/10.1123/jsr.2021-0181>

25. **Chang C., Putukian M., Aerni G., Diamond A., Hong G., Ingram Y., Reardon G.L., Wolanin A.** Mental health issues and psychological factors in athletes: detection, management, effect on performance and prevention: American Medical Society for Sports Medicine Position Statement-Executive Summary. *Br. J. Sports Med.* 2020;54(4):216–220. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101583>

Информация об авторах:

Пушкарев Георгий Сергеевич*, к.м.н., врач ультразвуковой диагностики, ГАУЗ Тюменской области «Многопрофильный консультативно-диагностический центр», Центр спортивной медицины, 625026, ул. Мельникайте 117, г. Тюмень, Россия (pushcarov@mail.ru)

Сенаторова Ольга Владимировна, к.м.н., доцент кафедры детских болезней и поликлинической педиатрии ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава РФ, 625023, ул. Одесская 54, г. Тюмень, Россия (olga_senatorova@mail.ru)

Темпель Лариса Анатольевна, заведующий центром спортивной медицины ГАУЗ Тюменской области «Многопрофильный консультативно-диагностический центр», главный внештатный специалист по спортивной медицине Департамента здравоохранения Тюменской области, 625026, ул. Мельникайте 117, г. Тюмень, Россия (tempel.la@mail.ru)

Бутов Дмитрий Иванович, главный врач ГАУЗ Тюменской области «Многопрофильный консультативно-диагностический центр», 625026, ул. Мельникайте 117, г. Тюмень, Россия (kdc@med-to.ru)

Туровина Елена Фаридовна, д.м.н., заведующий кафедрой медицинской профилактики и реабилитации ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России, 625023, ул. Одесская 54, г. Тюмень, Россия (e_turov@mail.ru)

Information about the authors:

Georgy S. Pushcarov*, M.D., Ph.D. (Medicine), ultrasound diagnostics doctor, Multidisciplinary Consultative and Diagnostic Center, Center for Sports Medicine, 625026, st. Melnikaite 117, Tyumen, Russia (pushcarov@mail.ru)

Olga V. Senatorova, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Outpatient Pediatrics of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Tyumen State Medical University" of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 625023, st. Odesskaya 54, Tyumen, Russia (olga_senatorova@mail.ru)

Larisa A. Tempel, head of the sports medicine center of the State Autonomous Institution of the Tyumen Region "Multidisciplinary Consultative and Diagnostic Center", chief freelance specialist in sports medicine of the Department of Health of the Tyumen Region, 625026, st. Melnikaite 117, Tyumen, Russia (tempel.la@mail.ru)

Dmitriy I. Butov, chief physician of the State Autonomous Institution of the Tyumen Region "Multidisciplinary Consultative and Diagnostic Center", 625026, st. Melnikaite 117, Tyumen, Russia (kdc@med-to.ru)

Elena F. Turovinina, M.D., Dr. Sc. (Medicine), Head of the Department of Medical Prevention and Rehabilitation of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Tyumen State Medical University" of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 625023, st. Odesskaya 54, Tyumen, Russia (e_turov@mail.ru)

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.4.3>

УДК: 617.3

Тип статьи: Оригинальная статья / Original Research



Сравнительные результаты субъективной оценки профессиональными спортсменами функционального состояния коленного сустава после пластики передней крестообразной связки ауто трансплантатами из сухожилий полусухожильной и нежной мышц бедра и сухожилия длинной малоберцовой мышцы голени

М.Н. Величко¹, А.Ю. Терсков¹, А.М. Белякова^{2,*}, Е.О. Храброва³, А.В. Бодров¹, А.В. Штурмин¹,
А.С. Умников¹, А.А. Шурыгина¹

¹ ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия

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

³ ООО «АЛЬФА МЕДИКС», Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель: оценить функциональное состояние коленного сустава у профессиональных спортсменов после артроскопической пластики передней крестообразной связки в зависимости от вида ауто трансплантата.

Материалы и методы: в исследование были включены 37 профессиональных спортсменов, разделенных на 2 группы. Спортсменам первой группы была проведена артроскопическая пластика передней крестообразной связки с использованием ауто трансплантата из сухожилий полусухожильной и нежной мышц (группа ST/GR). Спортсменам второй — операция с использованием ауто трансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы (группа PL). Для субъективной оценки состояния коленного сустава использовались опросники IKDC, Lysholm и Cincinnati.

Результаты: полученные данные свидетельствуют о высоких оценках в обеих группах при оценке функционального состояния коленных суставов с использованием всех используемых опросников. Имеется тенденция к более высокой оценке в группе PL, однако различия статистически не значимы при $p < 0,05$. Согласно опроснику Cincinnati медиана оценки спортсменами из группы ST/GR составила 96,0 балла, из группы PL — 100,0 балла (Me [Q1; Q3]: 96,0 [91,0; 100,0] и 100,0 [92,3; 100,0] соответственно). Согласно критериям оценочной шкалы Lysholm медиана оценки в баллах в группе ST/GR составила 95,0, а в группе PL — 97,5 балла (Me [Q1; Q3]: 95,0 [90,0; 100,0] и 97,5 [92,0; 100,0] соответственно). Согласно шкале IKDC медианный балл в группе ST/GR составил 90,8, а в группе PL — 95,4 (Me [Q1; Q3]: 90,8 [81; 94,3] и 95,4 [89,1; 98,5] соответственно).

Заключение: сухожилие длинной малоберцовой мышцы голени в качестве источника ауто трансплантата при пластике передней крестообразной связки не уступает трансплантату из сухожилий полусухожильной и нежной мышц бедра и может быть безопасно использовано у профессиональных спортсменов.

Ключевые слова: коленный сустав, передняя крестообразная связка, пластика передней крестообразной связки, сухожилия полусухожильной и нежной мышц, сухожилие длинной малоберцовой мышцы, профессиональные спортсмены, анкетирование

Для цитирования: Величко М.Н., Терсков А.Ю., Белякова А.М., Храброва Е.О., Бодров А.В., Штурмин А.В., Умников А.С., А.А. Шурыгина. Сравнительные результаты субъективной оценки профессиональными спортсменами функционального состояния коленного сустава после пластики передней крестообразной связки ауто трансплантатами из сухожилий полусухожильной и нежной мышц бедра и сухожилия длинной малоберцовой мышцы голени. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2023;13(4):36–46. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.4.3>

Поступила в редакцию: 22.06.2022

Принята к публикации: 07.12.2023

Online first: 14.02.2024

Опубликована: 21.05.2024

* Автор, ответственный за переписку

Comparative results of subjective assessment by professional athletes of the functional state of the knee joint after anterior cruciate ligament repair with semitendinosus and gracilis tendons or peroneus longus tendon grafts

Maxim N. Velichko¹, Alexander U. Terskov¹, Anna M. Belyakova^{2,*}, Ekaterina O. Hrabrova³, Anton V. Bodrov¹, Anton V. Shturmin¹, Alexei S. Umnikov¹, Anastasia A. Shurygina¹

Russian State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

² Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia;

³ LLC "ALFA MEDICS", Moscow, Russia

ABSTRACT

Aim: to evaluate the subjective functional state of the knee joint in professional athletes after arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament depending on the type of the autograft.

Materials and methods: the study included 37 professional athletes, divided into 2 groups. Athletes of the first group underwent arthroscopic ACL reconstruction using hamstring tendon autograft, i. e. semitendinosus and gracilis tendons (ST/GR group). Athletes of the second group underwent reconstruction using peroneus longus autograft (PL group). For subjective evaluation IKDC, Lysholm and Cincinnati questionnaires were used. The significance of differences was assessed using the Mann — Whitney test. Differences were considered significant at $p < 0.05$.

Results: according to the Cincinnati questionnaire, the median scores of athletes from the ST/GR group was 96.0 points, from the PL group — 100.0 points (Me [Q1; Q3]: 96.0 [91.0; 100.0] and 100.0 [92.3; 100.0], respectively). According to the criteria of the rating scale, the median Lysholm score in points in the ST/GR group was 95.0, and in the PL group — 97.5 points (Me [Q1; Q3]: 95.0 [90.0; 100.0] and 97.5 [92.0; 100.0], respectively). According to IKDC measurements, the median score in the ST/GR group was 90.8, and in the PL group — 95.4 (Me [Q1; Q3]: 90.8 [81.0; 94.3] and 95.4 [89.1; 98.5], respectively).

Conclusion: peroneus longus tendon autograft can be used for ACL reconstruction in professional athletes.

Keywords: knee joint, anterior cruciate ligament, anterior cruciate ligament reconstruction, semitendinosus and gracilis tendons, peroneus longus tendon, professional athletes, questionnaire

For citation: Velichko M.N., Terskov A.U., Belyakova A.M., Hrabrova E.O., Bodrov A.V., Shturmin A.V., Umnikov A.S., Shurygina A.A. Comparative results of subjective assessment by professional athletes of the functional state of the knee joint after anterior cruciate ligament repair with semitendinosus and gracilis tendons or peroneus longus tendon grafts. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2023;13(4):36–46. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.4.3>

Received: 22 June 2022

Accepted: 07 December 2023

Online first: 14 February 2024

Published: 21 May 2024

*Corresponding author

1. Введение

Из всех травм области коленного сустава на долю повреждений передней крестообразной связки (ПКС) приходится 31–60% [1]. По разным оценкам, частота повреждений ПКС составляет от 32 до 78 случаев на 100 000 человек ежегодно [1, 2, 3, 4, 5]. Среди факторов риска получения данной травмы выделяют молодой возраст и активный образ жизни [2, 6, 7, 8]. Это объясняет высокую частоту травм ПКС у спортсменов [9, 10].

Несостоятельность ПКС зачастую приводит к хронической передней нестабильности [11], а также увеличивает риск развития остеоартрита коленного сустава и вероятность повреждения менисков [12, 13]. По этим причинам, а также с учетом потребности в высоком уровне физической активности разрывы ПКС в большинстве случаев предпочитают лечить хирургически. Пациенты после хирургического восстановления

связки чаще демонстрируют удовлетворенность исходом лечения в сравнении с пациентами, получившими консервативное лечение [11, 14]. Эталонным методом пластики ПКС во всем мире является пластика связки под эндоскопическим контролем с использованием различных трансплантатов. В настоящее время предложено множество хирургических техник и имплантатов для восстановления целостности ПКС, но выделить единственный оптимальный хирургический метод, источник трансплантата или вид фиксации до сих пор не представляется возможным. Наиболее широкое распространение в качестве источника ауто трансплантата для пластики ПКС получили сухожилия мышц задней группы бедра, а именно сухожилие полусухожильной и нежной мышц (semitendinosus et gracilis ST/GR) и сухожилие связки надколенника с костными блоками (bone — patellar tendon — bone — ВТВ) [15, 16].

У каждого из этих двух вариантов есть свои преимущества и недостатки. Многие специалисты отдают предпочтение трансплантату ST/GR из-за менее трудоемкого процесса забора сухожильной ткани, отсутствия такого осложнения, как послеоперационная боль в переднем отделе коленного сустава, малой морбидности донорской зоны, а также других осложнений характерных для использования ВТВ (например, тендинитов, артрофиброза, перелома надколенника, дефицита силы четырехглавой мышцы бедра) [17, 18, 19]. Однако если разрыву ПКС сопутствует повреждение большеберцовой коллатеральной связки, то выключение таких стабилизаторов коленного сустава, как ST/GR, может привести к медиальной нестабильности. Нормальная функция и достаточная сила мышц задней группы бедра важны для пациентов, перенесших пластику ПКС, так как они препятствуют переднему смещению голени, проявляющемуся в симптоме переднего выдвижного ящика. Это смещение происходит при сокращении четырехглавой мышцы бедра [20, 21]. Наконец, к минусам забора ST/GR относится потенциальная недостаточность диаметра трансплантата у диспластичных или низкорослых пациентов [22].

Сторонники использования ауто трансплантата ВТВ отдают ему предпочтение из-за его более высокой прочности и меньшем числе повторных разрывов в данной группе оперируемых. К преимуществам можно отнести и анатомическое сродство используемых при фиксации тканей: костный блок интегрируется в костное ложе, обеспечивая прочную фиксацию связки [16, 23].

В качестве источников для пластики ПКС находят свое применение и другие сухожильные структуры, а также аллотрансплантаты. Однако использование их не так распространено, как двух вышеперечисленных. Поиск методов улучшения качества лечения пациентов с разрывом ПКС ведется постоянно [16, 24, 25].

Описанные выше недостатки наиболее часто используемых трансплантатов, сочетанные повреждения нескольких связочных структур и повторные разрывы заставляют задуматься о поиске альтернативных источников для реконструкции связочного аппарата. С этой целью было предложено использовать сухожилие длинной малоберцовой мышцы голени (PL) [26], которое, по мнению целого ряда исследователей, имеет достаточную длину и прочность, в качестве достойной альтернативы другим ауто трансплантатам [27, 28, 29]. За последнее десятилетие данная методика приобрела большую популярность и стала рутинно использоваться в некоторых травматологических центрах.

Среди преимуществ забора PL можно выделить отсутствие дополнительной травматизации параартикулярных тканей коленного сустава, которое происходит при использовании сухожилий ST/GR или сухожилия связки надколенника, со всеми описанными выше возможными осложнениями. При использовании сухожилия PL практически всегда гарантирован достаточный

диаметр трансплантата, что также выгодно отличает его от ST/GR. При этом результаты оперативного лечения с использованием сухожилия PL в качестве материала, по данным некоторых источников, сопоставимы в отдаленном периоде с таковыми при использовании сухожильных трансплантатов из ST/GR и трансплантата ВТВ [30, 31, 32, 33, 34, 35].

Относительно выбора источника трансплантата и техники фиксации его в костных каналах у профессиональных спортсменов общепринятого протокола в настоящее время не существует. По данным метаанализа Andern и соавт., известно, что к занятиям спортом возвращаются более 80 % пациентов, перенесших пластику ПКС, но к прежнему уровню физической активности — лишь 65 % [36]. По данным метаанализа Lai и соавт., после пластики ПКС в спорт возвращаются 83 % спортсменов разного уровня и в 5,2 % случаев у них произойдет повторный разрыв связки [37].

Поиск в электронных базах данных (PubMed, MEDLINE, Google Scholar, а также e-library) не выявил исследований, где было бы проведено прямое сравнение результатов пластики ПКС у профессиональных спортсменов с использованием сухожилия ST/GR и PL. В статье Zhao и соавт. описывались функциональные результаты и осложнения у спортсменов после пластики ПКС с использованием ауто трансплантата из сухожилия PL. Данный ауто трансплантат демонстрировал удовлетворительные результаты по субъективной и объективной оценке функции коленного сустава, а также удовлетворительную оценку функции голеностопного сустава. Однако исследование имеет множество ограничений, в том числе отсутствие контрольной группы, а также отсутствие информации о количестве пациентов, вернувшихся к занятиям спортом [30].

Разумеется, исход лечения передней нестабильности на фоне повреждения ПКС зависит не только от особенностей оперативного вмешательства, но и от множества других факторов, таких как продолжительность и качество реабилитации, своевременность перехода к привычным спортивным нагрузкам, особенности тканей пациента и т. д. [38, 39]. Однако при прочих равных условиях роль выбора источника трансплантата сложно переоценить.

Целью данного исследования является сравнение результатов пластики ПКС коленного сустава у профессиональных спортсменов, членов сборных команд Российской Федерации в зависимости от источника ауто трансплантата с определением перспектив его использования в спортивной травматологии.

2. Материалы и методы

Был проведен ретроспективный анализ результатов артроскопической пластики ПКС у 37 профессиональных спортсменов сборных команд Российской Федерации по различным видам спорта. Все операции были выполнены одним хирургом на базе отделения

спортивной травматологии и спортивной медицины ФГБУ «ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна» ФМБА России.

Критериями включения в исследование были: односторонний разрыв ПКС без повреждения других связочных структур коленного сустава в сочетании или без разрыва менисков, требующих парциальной резекции, занятие спортом на профессиональном уровне, отсутствие острой соматической патологии, отсутствие предшествующего оперативного вмешательства на коленном суставе.

Критериями невключения в исследование были: ранее перенесенная травма нижних конечностей (перелом или разрыв связок), травма нескольких связочных структур сустава, выявленная по результатам МРТ и клинического тестирования, отсутствие у пациента на момент проведения операции и анкетирования подтвержденного статуса члена одной из сборных команд.

Критериями исключения были отказ пациента от анкетирования, выявленные во время операции повреждения, обуславливающих необходимость шва мениска, в том числе с рефиксацией корня мениска, а также остеохондральные повреждения суставных поверхностей III–IV ст. по Outerbridge.

В группу исследования вошли 24 мужчины и 13 женщин. Средний возраст пациентов составил 24 года (Me [Q1; Q3]: 24 [19; 27]). Все спортсмены имели первичный разрыв передней крестообразной связки, подтвержденный магнитно-резонансной томографией (МРТ) и клиническим осмотром (тест переднего выдвигающего ящика, тест Лахмана без наркоза и после анестезии). Средний срок с момента получения травмы до операции составил 66 дней (Me [Q1; Q3]: 66 [26; 160]).

Спортсмены были разделены на две группы.

1) Группа ST/GR, в которой пластика ПКС выполнялась с использованием ауто трансплантата из сухожилий полусухожильной и нежной мышц бедра. В нее вошли 19 спортсменов.

2) Группа PL, в которой пластика выполнялась с использованием ауто трансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы голени. В нее были включены 18 спортсменов.

Обе группы были однородны по гендерному признаку и возрасту, при $p > 0,05$ (табл. 1). В первую группу вошли 12 мужчин и 7 женщин, возрастом от 18 до 31 года (Me [Q1; Q3]: 25,0 [20,5; 27,5]). Во вторую — 12 мужчин и 6 женщин, возрастом от 18 до 33 лет (Me [Q1; Q3]: 21,5 [18,3; 25,5]). При оценке антропометрических данных (рост, вес, ИМТ) значимых различий между группами также не выявлено, при $p > 0,05$.

Все участники наблюдения получили травмы во время занятия спортом: на тренировках или соревнованиях. В группе ST/GR сроки до операции составили от 5 до 376 дней (Me [Q1; Q3]: 54,0 [21,5; 108,5]), в группе PL — от 10 до 389 дней (Me [Q1; Q3]: 93,0 [29,0; 168,3]). При сравнении сроков по критерию Манна — Уитни

между группами статистически значимых различий не выявлено, при $p > 0,05$.

Фиксация трансплантата выполнялась методом all-inside на двух самозатягивающихся пуговицах. Все пациенты подписали информированные согласия на участие в исследовании.

Было проведено изучение субъективной оценки спортсменами функционального состояния оперированного коленного сустава по шкале mCKRS (Modified Cincinnati Knee Rating System), опроснику IKDC (International Knee Documentation Committee) и шкале Lysholm. Для этого был проведен телефонный опрос спортсменов в сроки от 8 месяцев до 2,7 года после операции: в первой группе от 306 до 946 дней с момента операции (Me [Q1; Q3]: 664,0 [580,0; 769,0]), во второй — от 250 до 986 дней (Me [Q1; Q3]: 474,0 [313,8; 683,0]).

С помощью модифицированной шкалы Cincinnati можно оценить состояние коленного сустава, основываясь на таких параметрах, как наличие клинической симптоматики (боль, отек области сустава, ощущение нестабильности), уровень повседневной и спортивной активности [40]. Модификация изначальной шкалы как раз была ориентирована на пациентов с травмой ПКС [41]. В финальную оценку включают ответы на 8 вопросов. Максимальное количество — 100 баллов.

Опросник IKDC считается важным инструментом оценки состояния пациентов с повреждениями связочного аппарата коленного сустава и включает 10 вопросов с максимальным количеством 100 баллов [42, 25, 33]. Он не только позволяет оценить наличие типичных жалоб и уровень активности пациента, но также имеет в своем составе вопросы спорт-специфичной направленности: оценка болезненности при резкой смене направления движения, глубоких приседаниях, стоянии с опорой на колено и др.

Согласно шкале Lysholm субъективное функциональное состояние коленного сустава оценивается по 8 группам вопросов (наличие боли, отека, чувства нестабильности и блокады сустава, а также уровень бытовой активности) [43]. Опросник зачастую используется для оценки функции коленного сустава после оперативного вмешательства [44]. Максимальное количество — 100 баллов.

В связи с малым количеством наблюдений использовались непараметрические статистические методы. Данные опроса представлены в виде медианы и нижнего и верхнего квартилей (Me [Q1; Q3]). Значимость различий оценивали по критерию Манна — Уитни. Значимыми считали различия при $p < 0,05$.

3. Результаты

Согласно опроснику Cincinnati, медиана оценки спортсменами из группы ST/GR составила 96 баллов (Me [Q1; Q3]: 96,0 [91,0; 100,0]), из группы PL — 100 баллов (Me [Q1; Q3]: 100,0 [92,3; 100,0]). По критерию

Манна — Уитни статистически значимых различий между группами не выявлено, при $p > 0,05$ (табл. 2). При этом, согласно данной шкале, респонденты из первой группы оценили состояние коленного сустава более чем на 80 баллов в 84,2 % случаев. Спортсмены из второй группы оценили результат операции по этой же шкале более чем на 80 пунктов в 94,4 % случаев. Оценок менее чем на 55 баллов в обеих группах не было.

Согласно критериям оценочной шкалы Lysholm, медиана оценки в баллах в группе ST/GR составила 95,0 балла (Me [Q1; Q3]: 95,0 [90,0; 100,0]), а в группе PL — 97,5 балла (Me [Q1; Q3]: 97,5 [92,0; 100,0]). Однако и здесь при сопоставлении показателей интегральной оценки данных групп статистически значимых различий не выявлено, что подтверждено критерием Манна — Уитни ($p > 0,05$). При этом, по данным опросника Lysholm, в группе ST/GR у 84,2 % балл был выше 90. В группе PL оценку свыше 90 баллов дали 83,3 % спортсменов.

Согласно шкале IKDC, медианный балл в группе ST/GR составил 90,8 (Me [Q1; Q3]: 90,8 [81,0; 94,3]), а в группе PL — 95,4 (Me [Q1; Q3]: 95,4 [89,1; 98,5]). По критерию Манна — Уитни статистически значимых различий между группами также не выявлено ($p > 0,05$). При этом, по данным опросника, в группе ST/GR у 52,6 % были получены баллы выше 90. У 15,8 % — регистрировался низкий балл — менее 70. В группе PL результаты на 90 баллов и более оценили свое самочувствие 72,2 % спортсменов. Оценки менее 70 баллов в данной группе обследуемых отсутствовали. Свидетельств о разрыве трансплантата, подтвержденного по МРТ, от спортсменов на момент опроса получено не было.

Каждый раз телефонный опрос помимо записи оценки по шкалам в группе PL содержал отдельный пункт, касающийся жалоб на боли, нестабильность, ограничение объема движений в голеностопном суставе на стороне забора трансплантата. На момент опроса зафиксирован один случай, когда спортсмен предъявлял жалобы на боль и «неуверенность» в голеностопном суставе на стороне забора сухожилия длинной малоберцовой мышцы.

4. Обсуждение

В проведенном исследовании данные, полученные при помощи шкалы Cincinnati, демонстрируют более высокие баллы по сравнению с остальными функциональными опросниками. Максимально возможную оценку в группе ST/GR поставили 7 из 19 опрошенных, а в группе PL — 10 из 18 опрошенных. Шкала Cincinnati имеет свои ограничения. Например, она не так чувствительна к оценке возможности выполнения определенных движений, характерных для занятий спортом.

Более низкие значения по шкале IKDC связаны с необходимостью оценки спортсменских движений, а также степени выраженности боли и отека. Это вносит свои коррективы в итоговый оценочный балл. Также IKDC задает более высокие требования к уровню

удовлетворенности результатом лечения, чем другие шкалы.

При опросе основными причинами снижения результатов по шкалам выступали боль при нагрузках, чувство неуверенности/нестабильности, а также сложности различной степени выраженности в выполнении таких активностей, как бег, глубокие приседания и прыжки.

Очевидно, что запросы, предъявляемые к коленному суставу в профессиональном спорте, превышают таковые у спортсменов-любителей. В проведенном исследовании при наличии максимально низких баллов, по данным нескольких опросников, только один спортсмен (из группы ST/GR) закончил профессиональную карьеру. Все остальные вернулись к занятиям спортом на профессиональном уровне. То есть процент возвращения в спорт составил 97 %, что соответствует данным литературы [36, 37]. Однако следует отметить, что в данном нашем исследовании фиксировался лишь факт возврата к спортивным нагрузкам в общей группе. Уровень занятий спортом, возможность прогресса после восстановления связей в рамках данного исследования не фиксировали. Обращаясь к данным литературы, можно встретить следующие оценки состояния коленного сустава после пластики ПКС по различным шкалам. Andern и соавт. в исследовании, посвященном результатам пластики ПКС у профессиональных спортсменов [45] (источник ауто трансплантата — сухожилия полусухожильной и нежной мышц), через год после операции получили следующие данные. Пациенты оценили состояние оперированного коленного сустава по шкале Cincinnati на $82,9 \pm 16,4$, по шкале IKDC результаты оценили как «отличные» и «хорошие» в 48 и 45 % случаев соответственно. Runer и соавт. сообщают об оценке в 87 баллов по шкале Lysholm через 12 месяцев после пластики ПКС у пациентов с использованием ауто трансплантата из сухожилий мышц хамстринг-группы и 93,4 балла — через 24 месяца [46]. По данным метаанализа Mouarbes и соавт., средний балл субъективных опросников среди пациентов после пластики ПКС различными ауто трансплантатами составил 90,7 по шкале Lysholm и 83,1 по шкале IKDC [25]. Полученные нами данные свидетельствуют о лучших результатах, чем в вышеупомянутых исследованиях, что может быть связано с более жесткими критериями отбора пациентов.

Полученные нами в результате опроса данные не противоречат выводам метаанализа Jinshen He и соавт., в котором сравниваются группы пациентов с ауто трансплантатом из сухожилий мышц хамстринг-группы и сухожилия длинной малоберцовой мышцы. При оценке по шкале IKDC и Lysholm баллы были выше у пациентов из группы PL (по шкале IKDC 90,8; по шкале Lysholm 91,7), и преимущество в пользу группы PL было статистически значимым [33].

В упомянутом метаанализе функция стопы оценивалась по шкалам AOFAS (American Orthopaedic Foot and Ankle Society) и FADI (Foot and Ankle Disability Index).

Таблица 1

Статистические данные спортсменов, участвовавших в исследовании

Table 1

Statistical data of athletes participating in the study

№	Вид спорта	Возраст, лет	Пол	Рост, см	Вес, кг	ИМТ	Стаж занятий, лет	Срок травмы — операция, день	Срок операция — опрос, день
Группа ST/GR									
1	Самбо	31	м	180	82	25.31	13	262	715
2	Вольная борьба	18	ж	166	62	22.50	7	168	687
3	Вольная борьба	18	ж	156	63	25.89	Нет данных	66	611
4	Универсальный бой	31	ж	172	79	26.70	4	53	540
5	Лыжные гонки	25	ж	158	55	22.03	11	14	315
6	Корфбол	29	м	190	66	18.28	Нет данных	31	306
7	Кикбоксинг	23	м	176	83	26.79	16	205	853
8	Регби	25	м	195	105	27.61	Нет данных	11	645
9	Дзюдо	25	м	177	83	26.49	Нет данных	26	664
10	Регби	26	ж	167	65	23.31	3	5	793
11	Греко-римская борьба	29	м	180	89	27.47	19	105	768
12	Вольная борьба	20	ж	168	64	22.68	Нет данных	27	311
13	Баскетбол	18	м	183	75	22.40	Нет данных	84	559
14	Тхэквондо	28	м	184	82	24.22	Нет данных	17	907
15	Вольная борьба	21	м	187	112	32.03	11	112	641
16	Самбо	27	м	177	90	28.73	5	62	946
17	Универсальный бой	27	м	172	70	23.66	7	376	601
18	Тайский бокс	24	ж	177	70	22.34	3	12	742
19	Гандбол	18	м	190	92	25.48	5	54	770
	Me [Q1; Q3]	25,0 [20,5; 27,5]		177,0 [170,0; 183,5]	79,0 [65,5; 86,0]	25,31 [22,59; 26,75]		54,0 [21,5; 108,5]	664,0 [580,0; 769,0]
Во всех случаях $p > 0,05$, различия статистически не значимы.									
Группа PL									
1	Регби	18	м	180	116	35.80	Нет данных	29	475
2	Хоккей	19	м	180	85	26.23	Нет данных	21	433
3	Тхэквондо	24	ж	172	60	20.28	14	29	986
4	Регби	18	м	183	86	25.68	Нет данных	95	811
5	Регби	22	ж	168	70	24.80	2	129	471
6	Фрисгайл	20	м	191	85	23.30	Нет данных	26	454

Таблица. Продолжение
Table. Continuation

№	Вид спорта	Возраст, лет	Пол	Рост, см	Вес, кг	ИМТ	Стаж занятий, лет	Срок травма — операция, день	Срок операция — опрос, день
7	Сноуборд	24	м	183	80	23.89	12	13	533
8	Гандбол	18	ж	169	67	23.46	Нет данных	185	274
9	Регби	18	м	180	95	29.32	Нет данных	51	473
10	Сумо	33	ж	164	85	31.60	15	171	817
11	Греко-римская борьба	28	м	167	70	25.10	14	138	261
12	Самбо	21	м	170	63	21.80	Нет данных	332	250
13	Тхэквондо	19	ж	173	59	19.71	14	318	686
14	Спортивная борьба	23	м	192	98	26.58	Нет данных	91	674
15	Дзюдо	27	м	189	92	25.76	16	10	643
16	Фехтование	18	м	200	90	22.50	Нет данных	160	259
17	Бобслей	26	ж	170	68	23.53	Нет данных	73	816
18	Самбо	31	м	185	94	27.47	25	389	254
	Me [Q1; Q3]	21,5 18,3; 25,5]		180,0 170,0; 184,5]	85,0 68,5; 91,5]	24,95 23,34; 26,49]		93,0 [29,0; 168,3]	474,0 [313,8; 683,0]

Во всех случаях $p > 0,05$, различия статистически не значимы.

Таблица 2

Медианные значения и нижний и верхний квартили оценки результатов лечения по ортопедическим шкалам пациентов 1-й и 2-й групп

Table 2

Median values and lower and upper quartiles of the assessment of treatment results according to orthopedic scales of patients of groups 1 and 2

	Опросник Cincinnati (Me [Q1; Q3])	Шкала Lysholm (Me [Q1; Q3])	Опросник IKDC (Me [Q1; Q3])
ST/GR	96,0 [91,0; 100,0]	95,0 [90,0; 100,0]	90,8 [81,0; 94,3]
PL	100,0 [92,3; 100,0]	97,5 [92,0; 100,0]	95,4 [89,1; 98,5]

Для всех групп $p > 0,05$ — по критерию Манна — Уитни статистически значимых различий не выявлено

Незначительная, но статистически значимая разница присутствовала между группами PL и ST/GR (в пользу ST/GR) по шкале AOFAS. По шкале же FADI статистически значимой разницы в упомянутой работе между состоянием голеностопного сустава до операции и в отдаленном периоде при использовании трансплантата PL не наблюдалось. В нашем исследовании, как уже было сказано, всего один пациент имел жалобы со стороны голеностопного сустава.

К ограничениям проведенного исследования можно отнести небольшое количество участников, а также относительно незначительный период наблюдения после проведения оперативного вмешательства. Также к ним можно отнести неоднородность групп по срокам, прошедшим после операции, а также отсутствие оценки функции голеностопного сустава.

Отсутствие в настоящее время сравнительных исследований разных источников трансплантатов

Вклад авторов:

Величко Максим Николаевич — разработка концепции, проведение исследования, подготовка и редактирование текста, утверждение окончательного варианта статьи;

Терсков Александр Юрьевич — проведение исследования;

Белякова Анна Михайловна — подготовка и редактирование текста;

Храброва Екатерина Олеговна — проведение исследования;

Бодров Антон Владимирович — проведение исследования;

Штурмин Антон Валерьевич — проведение исследования;

Умников Алексей Сергеевич — проведение исследования;

Шурыгина Анастасия Алексеевна — проведение исследования.

Список литературы / References

1. **Kaeding C.C., Léger-St-Jean B., Magnussen R.A.** Epidemiology and Diagnosis of Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Clin. Sports Med.* 2017;36(1):1–8. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2016.08.001>
2. **Sanders T.L., Maradit Kremers H., Bryan A.J., Larson D.R., Dahm D.L., Levy B.A., Stuart M.J., Krych A.J.** Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tears and Reconstruction: A 21-Year Population-Based Study. *Am. J. Sports Med.* 2016;44(6):1502–1507. <https://doi.org/10.1177/0363546516629944>
3. **Gianoti S.M., Marshall S.W., Hume P.A., Bunt L.** Incidence of anterior cruciate ligament injury and other knee ligament injuries: a national population-based study. *J. Sci. Med. Sport.* 2009;12(6):622–627. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2008.07.005>
4. **Granán L.P., Forssblad M., Lind M., Engebretsen L.** The Scandinavian ACL registries 2004–2007: baseline epidemiology. *Acta Orthop.* 2009;80(5):563–567. <https://doi.org/10.3109/17453670903350107>
5. **Janssen K.W., Orchard J.W., Driscoll T.R., van Mechelen W.** High incidence and costs for anterior cruciate ligament reconstructions performed in Australia from 2003–2004 to 2007–2008: time for an anterior cruciate ligament register by Scandinavian model? *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2012;22(4):495–501. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01253.x>
6. **Hamrin Senorski E., Svantesson E., Baldari A., Ayeni O.R., Engebretsen L., Franceschi F., Karlsson J., Samuelsson K.** Factors

при пластике ПКС у профессиональных спортсменов определяет направления для проведения дальнейших исследований. Отдельный интерес представляет и оценка функции голеностопного сустава после забора сухожилия длинной малоберцовой мышцы голени.

5. Заключение

На основании сравнительного анализа данных субъективных опросников IKDC, Lysholm и Cincinnati после хирургического восстановления передней крестообразной связки коленного сустава у профессиональных спортсменов можно сделать вывод, что сухожилие длинной малоберцовой мышцы наряду с другими может рассматриваться в качестве источника аутотрансплантата у профессиональных спортсменов.

Оценка функционального состояния коленного сустава в группе PL была выше, чем в группе ST/GR, но разница не была статистически значимой.

Authors' contribution:

Maxim N. Velichko — concept development, research, preparation and editing of the text, approval of the final version of the article;

Alexander U. Terskov — conducting research;

Anna M. Belyakova — preparation and editing of text;

Ekaterina O. Hrabrova — conducting research;

Anton V. Bodrov — conducting research;

Anton V. Shturmin — conducting research;

Alexei S. Umnikov — conducting research;

Anastasia A. Shurygina — conducting research.

that affect patient reported outcome after anterior cruciate ligament reconstruction—a systematic review of the Scandinavian knee ligament registers. *Br. J. Sports Med.* 2019;53(7):410–417. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098191>

7. **Kvist J., Kartus J., Karlsson J., Forssblad M.** Results from the Swedish national anterior cruciate ligament register. *Arthroscopy.* 2014;30(7):803–810. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2014.02.036>

8. **Joseph A.M., Collins C.L., Henke N.M., Yard E.E., Fields S.K., Comstock R.D.** A multisport epidemiologic comparison of anterior cruciate ligament injuries in high school athletics. *J. Athl. Train.* 2013;48(6):810–817. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-48.6.03>

9. **Tarka M.C., Davey A., Lonza G.C., O'Brien C.M., Delaney J.P., Endres N.K.** Alpine Ski Racing Injuries. *Sports Health.* 2019;11(3):265–271. <https://doi.org/10.1177/1941738119825842>

10. **Mehl J., Diermeier T., Herbst E., Imhoff A.B., Stoffels T., Zantop T., Petersen W., Achtnich A.** Evidence-based concepts for prevention of knee and ACL injuries. 2017 guidelines of the ligament committee of the German Knee Society (DKG). *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 2018;138(1):51–61. <https://doi.org/10.1007/s00402-017-2809-5>

11. **Leys T., Salmon L., Waller A., Linklater J., Pinczewski L.** Clinical results and risk factors for reinjury 15 years after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective study of hamstring and patellar tendon grafts. *Am. J. Sports Med.* 2012;40(3):595–605. <https://doi.org/10.1177/0363546511430375>

12. **Snoeker B., Turkiewicz A., Magnusson K., Frobell R., Yu D., Peat G., Englund M.** Risk of knee osteoarthritis after different types of knee injuries in young adults: a population-based cohort study. *Br. J. Sports Med.* 2020;54(12):725–730. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-100959>
13. **Lien-Iversen T., Morgan D.B., Jensen C., Risberg M.A., Engebretsen L., Viberg B.** Does surgery reduce knee osteoarthritis, meniscal injury and subsequent complications compared with non-surgery after ACL rupture with at least 10 years follow-up? A systematic review and meta-analysis. *Br. J. Sports Med.* 2020;54(10):592–598. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-100765>
14. **Ardern C.L., Sonesson S., Forssblad M., Kvist J.** Comparison of patient-reported outcomes among those who chose ACL reconstruction or non-surgical treatment. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2017;27(5):535–544. <https://doi.org/10.1111/sms.12707>
15. **Papastergiou S.G., Konstantinidis G.A., Natsis K., Papatheanasiou E., Koukoulis N., Papadopoulos A.G.** Adequacy of semitendinosus tendon alone for anterior cruciate ligament reconstruction graft and prediction of hamstring graft size by evaluating simple anthropometric parameters. *Anat. Res. Int.* 2012;2012:424158. <https://doi.org/10.1155/2012/424158>
16. **Webster K.E., Johnson N.R., Hewett T.E., Krych A.J.** Hamstring Autograft versus Patellar Tendon Autograft for ACL Reconstruction: Is There a Difference in Graft Failure Rate? A Meta-analysis of 47,613 Patients. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2017;475(10):2459–2468. <https://doi.org/10.1007/s11999-017-5278-9>
17. **Thompson S.M., Salmon L.J., Waller A., Linklater J., Roe J.P., Pinczewski L.A.** Twenty-Year Outcome of a Longitudinal Prospective Evaluation of Isolated Endoscopic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction With Patellar Tendon or Hamstring Autograft. *Am. J. Sports Med.* 2016;44(12):3083–3094. <https://doi.org/10.1177/0363546516658041>
18. **Xie X., Liu X., Chen Z., Yu Y., Peng S., Li Q.** A meta-analysis of bone-patellar tendon-bone autograft versus four-strand hamstring tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee.* 2015;22(2):100–110. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2014.11.014>
19. **Widner M., Dunleavy M., Lynch S.** Outcomes Following ACL Reconstruction Based on Graft Type: Are all Grafts Equivalent? *Curr. Rev. Musculoskelet Med.* 2019;12(4):460–465. <https://doi.org/10.1007/s12178-019-09588-w>
20. **Goradia V.K., Grana W.A., Pearson S.E.** Factors associated with decreased muscle strength after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring tendon grafts. *Arthroscopy.* 2006;22(1):80. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2005.10.012>
21. **Burks R.T., Crim J., Fink B.P., Boylan D.N., Greis P.E.** The effects of semitendinosus and gracilis harvest in anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2005;21(10):1177–1185. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2005.07.005>
22. **Mardani-Kivi M., Karimi-Mobarakeh M., Mirbolook A., Keyhani S., Saheb-Ekhtiari K., Hashemi-Motlagh K., Porteghal P.** Predicting the Hamstring Tendon Diameter Using Anthropometric Parameters. *Arch. Bone Jt. Surg.* 2016;4(4):314–317
23. **Mohtadi N.G., Chan D.S., Dainty K.N., Whelan D.B.** Patellar tendon versus hamstring tendon autograft for anterior cruciate ligament rupture in adults. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2011;2011(9):CD005960. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD005960.pub2>
24. **Samuelson B.T., Webster K.E., Johnson N.R., Hewett T.E., Krych A.J.** Hamstring Autograft versus Patellar Tendon Autograft for ACL Reconstruction: Is There a Difference in Graft Failure Rate? A Meta-analysis of 47,613 Patients. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2017;475(10):2459–2468. <https://doi.org/10.1007/s11999-017-5278-9>
25. **Mouarbes D., Menetrey J., Marot V., Courtot L., Berard E., Cavaignac E.** Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis of Outcomes for Quadriceps Tendon Autograft Versus Bone-Patellar Tendon-Bone and Hamstring-Tendon Autografts. *Am. J. Sports Med.* 2019;47(14):3531–3540. <https://doi.org/10.1177/0363546518825340>
26. **Kerimoğlu S., Aynaci O., Saraçoğlu M., Aydin H., Turhan A.U.** Peroneus longus tendon ile ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu [Anterior cruciate ligament reconstruction with the peroneus longus tendon]. *Acta Orthop. Traumatol. Turc.* 2008;42(1):38–43 (Turkish). <https://doi.org/10.3944/aott.2008.038>
27. **Zhao J., Huangfu X.** The biomechanical and clinical application of using the anterior half of the peroneus longus tendon as an autograft source. *Am. J. Sports Med.* 2012;40(3):662–671. <https://doi.org/10.1177/0363546511428782>
28. **Лычагин А.В., Алиев Р.И., Богатов В.В., Чурбанов С.Н., Тимашев П.С., Музыченков А.В. и др.** Применение сухожилия длинной малоберцовой мышцы при пластике передней крестообразной связки: биомеханические свойства трансплантата, корреляционные взаимосвязи. *Российский журнал биомеханики.* 2020;24(4):505–512. [Lychagin A.V., Aliev R.I., Bogatov V.B., Churbanov S.N., Timashev P.S., Muzychenkov A.V., et al. Application of the long fibular tendon in anterior cruciate ligament plastic surgery: biomechanical properties of the graft, correlation relationships. *Russian journal of biomechanics.* 2020;24(4):432–438 (In Russ.). <https://doi.org/10.15593/RZh-Biomeh/2020.4.08>
29. **He J., Tang Q., Ernst S., Linde M.A., Smolinski P., Wu S., Fu F.** Peroneus longus tendon autograft has functional outcomes comparable to hamstring tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2021;29(9):2869–2879. <https://doi.org/10.1007/s00167-020-06279-9>
30. **Bi M., Zhao C., Zhang Q., Cao L., Chen X., Kong M., Bi Q.** All-Inside Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using an Anterior Half of the Peroneus Longus Tendon Autograft. *Orthop. J. Sports Med.* 2021;9(6):2325967121991226. <https://doi.org/10.1177/2325967121991226>
31. **Bi M., Zhao C., Zhang S., Yao B., Hong Z., Bi Q.** All-Inside Single-Bundle Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament with the Anterior Half of the Peroneus Longus Tendon Compared to the Semitendinosus Tendon: A Two-Year Follow-Up Study. *J. Knee Surg.* 2018;31(10):1022–1030. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1627466>
32. **Ertogrul R., Varol A., Oc Y., Kilinc B.E.** Is Peroneus Longus Allograft Good Alternative for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: a Comparison Study. *Acta Chir. Orthop. Traumatol. Cech.* 2021;88(1):58–62. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2008.07.005>
33. **He J., Tang Q., Ernst S., Linde M.A., Smolinski P., Wu S., Fu F.** Peroneus longus tendon autograft has functional outcomes comparable to hamstring tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2021;29(9):2869–2879. <https://doi.org/10.1007/s00167-020-06279-9>
34. **Rhatomy S., Hartoko L., Setyawan R., Soekarno N.R., Zainal Asikin A.I., Pridianto D., Mustamsir E.** Single bundle ACL reconstruction with peroneus longus tendon graft: 2-years follow-up. *J. Clin. Orthop. Trauma.* 2020;11(Suppl 3):S332–S336. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2019.09.004>

35. **Кожевников Е.В., Баженов П.А.** Пластическое восстановление передней крестообразной связки свободным аутографтом из сухожилия длинной малоберцовой мышцы. Политравма. 2011;(1):76–81. [**Kozhevnikov E.V., Bazhenov P.A.** Plastic recovery of anterior crucial ligament with free autograft out of tendon of long peroneal muscle. Polytrauma. 2011;(1):76–81. (In Russ.)].

36. **Ardern C.L., Taylor N.F., Feller J.A., Webster K.E.** Fifty-five per cent return to competitive sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: an updated systematic review and meta-analysis including aspects of physical functioning and contextual factors. Br. J. Sports Med. 2014;48(21):1543–1552. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093398>

37. **Lai C.C.H., Ardern C.L., Feller J.A., Webster K.E.** Eighty-three per cent of elite athletes return to preinjury sport after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review with meta-analysis of return to sport rates, graft rupture rates and performance outcomes. Br. J. Sports Med. 2018;52(2):128–138. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096836>

38. **Yabroudi M.A., Irrgang J.J.** Rehabilitation and return to play after anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. Clin. Sports Med. 2013;32(1):165–175. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2012.08.016>

39. **van Melick N., van Cingel R.E., Brooijmans F., Neeter C., van Tienen T., Hullegie W., Nijhuis-van der Sanden M.W.** Evidence-based clinical practice update: practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus. Br. J. Sports Med. 2016;50(24):1506–1515. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095898>

40. **Marx R.G., Jones E.C., Allen A.A., Altchek D.W., O'Brien S.J., Rodeo S.A., Williams R.J., Warren R.F., Wickiewicz T.L.** Reliability, validity, and responsiveness of four knee outcome scales for athletic patients. J. Bone Joint Surg. Am. 2001;83(10):1459–1469. <https://doi.org/10.2106/00004623-200110000-00001>

41. **Shelbourne K.D., Nitz P.** Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. Am. J. Sports Med. 1990;18(3):292–299. <https://doi.org/10.1177/036354659001800313>

42. **Johnson D.S., Smith R.B.** Outcome measurement in the ACL deficient knee--what's the score? Knee. 2001;8(1):51–57. [https://doi.org/10.1016/s0968-0160\(01\)00068-0](https://doi.org/10.1016/s0968-0160(01)00068-0)

43. **Tegner Y., Lysholm J.** Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. Clin. Orthop. Relat. Res. 1985;(198):43–49. <https://doi.org/10.1097/00003086-198509000-00007>

44. **Briggs K.K., Steadman J.R., Hay C.J., Hines S.L.** Lysholm score and Tegner activity level in individuals with normal knees. Am. J. Sports Med. 2009;37(5):898–901. <https://doi.org/10.1177/0363546508330149>

45. **Ardern C.L., Webster K.E., Taylor N.F., Feller J.A.** Return to the preinjury level of competitive sport after anterior cruciate ligament reconstruction surgery: two-thirds of patients have not returned by 12 months after surgery. Am. J. Sports Med. 2011;39(3):538–543. <https://doi.org/10.1177/0363546510384798>

46. **Runer A., Wierer G., Herbst E., Hepperger C., Herbolt M., Gföller P., Hoser C., Fink C.** There is no difference between quadriceps- and hamstring tendon autografts in primary anterior cruciate ligament reconstruction: a 2-year patient-reported outcome study. Knee Surg. Sports. Traumatol Arthrosc. 2018;26(2):605–614. <https://doi.org/10.1007/s00167-017-4554-2>

Информация об авторах:

Величко Максим Николаевич, заведующий отделением спортивной травматологии, спортивной медицины и артроскопической хирургии ЦКП ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства, Россия, 123098, Москва, ул. Маршала Новикова, 23 (maxveldoc@yandex.ru)

Терсков Александр Юрьевич, к.м.н., заведующий отделением травматологии и ортопедии ЦКП ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства, Россия, 123098, Москва, ул. Маршала Новикова, 23 (terskov72@mail.ru)

Белякова Анна Михайловна*, к.м.н., ассистент кафедры спортивной медицины и медицинской реабилитации Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, Россия, г.Москва, 119992, Трубецкая, 8, строение 2 (md.belyakova@gmail.com)

Храброва Екатерина Олеговна, врач ЛФК ООО «АЛЬФА МЕДИКС», Россия, 125130, Москва, ул. Большая Академическая, 15, 1 (karlo-med@mail.com)

Бодров Антон Владимирович, аспирант ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства, Россия, 123098, Москва, ул. Маршала Новикова, 23 (bodroff.antoaha@yandex.ru)

Штурмин Антон Валерьевич, врач по лечебной физкультуре отделения спортивной травматологии, спортивной медицины и артроскопической хирургии ЦКП ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства, Россия, 123098, Москва, ул. Маршала Новикова, 23 (shurmav@yandex.ru)

Умников Алексей Сергеевич, к.м.н., руководитель центра комбинированных поражений ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства, Россия, 123098, Москва, ул. Маршала Новикова, 23 (dr.umnikov@gmail.com)

Шурыгина Анастасия Алексеевна, врач-ординатор кафедры травматологии и ортопедии Медико-биологического университета инноваций и непрерывного образования ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства, Россия, 123098, Москва, ул. Маршала Новикова, 23 (den4099@yandex.ru)

Information about the authors:

Maxim N. Velichko, Head of the Department of Sports Traumatology, Sports Medicine and Arthroscopic Surgery, Clinical Lesions Center of Russian State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, , 23 Marshal Novikov str., Moscow, 123098, Russia. (maxveldoc@yandex.ru)

Alexander U. Terskov, Cand. Sci. (Medicine), Head of the Department of Traumatology and Orthopedics, Clinical Lesions Center of Russian State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, , 23 Marshal Novikov str., Moscow, 123098, Russia. (terskov72@mail.ru)

Anna M. Belyakova*, Cand. Sci. (Medicine), Assistant at the Department of Sports Medicine and Medical Rehabilitation Sechenov First Moscow State Medical University Russia, Moscow, 119992, Trubetskaya, 8, building 2 (md.belyakova@gmail.com)

Ekaterina O. Hrabrova, doctor of exercise therapy LLC “ALFA MEDICS”, Russia, 125130, Moscow, st. Bolshaya Akademicheskaya, 15 building 1 (karlo-med@mail.com)

Anton V. Bodrov, graduate student of Russian State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Russia, 123098, Moscow, Marshal Novikov str., 23 (bodroff.antoaha@yandex.ru)

Anton V. Shturmin, physical therapy doctor Department of Sports Traumatology, Sports Medicine and Arthroscopic Surgery, Clinical Lesions Center of Russian State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Russia, 123098, Moscow, Marshal Novikov str., 23 (shurmav@yandex.ru)

Alexei S. Umnikov, Cand. Sci. (Medicine), Head of the Center for Combined Lesions of Russian State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Russia, 123098, Moscow, Marshal Novikov str., 23 (dr.umnikov@gmail.com)

Anastasia A. Shurygina, Resident Doctor, Department of Traumatology and Orthopedics, Medical and Biological University of Innovation and Continuing Education of Russian State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Russia, 123098, Moscow, Marshal Novikov str., 23 (den4099@yandex.ru)

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author



Клинический случай посткоммоционного синдрома у взрослой профессиональной футболистки

А.В. Борисова^{1,2,*}, М.Р. Журавлёва², Ф.В. Тахавиева¹, М.С. Бутовский^{1,2}

¹ ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет», Казань, Россия

² Футбольный клуб «Рубин», Казань, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: описать клиническое наблюдение за спортсменкой с развившимся после неоднократного сотрясения головного мозга посткоммоционным синдромом.

Материалы и методы: представление динамического клинического наблюдения с сопутствующим лабораторно-инструментальным мониторингом за взрослой профессиональной футболисткой с неоднократным сотрясением головного мозга, осложненным посткоммоционным синдромом.

Результаты: у профессиональной взрослой футболистки в результате повторного сотрясения головного мозга развился симптомокомплекс, включающий в себя головные боли, общую слабость, субфебрилитет, на течение которого не влиял прием нестероидных противовоспалительных препаратов. При проведении инструментальных исследований головного мозга (МРТ, МСКТ) были выявлены изменения в его структуре. В результате индивидуально подобранного плана реабилитации спортсменка смогла вернуться на дотравматический уровень физической нагрузки без каких-либо жалоб со стороны центральной нервной системы.

Заключение: посткоммоционный синдром после перенесенного сотрясения головного мозга может значительно ограничивать переносимость физической нагрузки и представлять опасность для здоровья. Однако до сих пор не существует четкого алгоритма лечения и реабилитации таких пациентов. В связи с этим данное клиническое наблюдение может представлять интерес для врачей, работающих со спортсменами из контактных видов спорта.

Ключевые слова: черепно-мозговая травма, сотрясение головного мозга, посткоммоционный синдром, футбол

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Борисова А.В., Журавлёва М.Р., Тахавиева Ф.В., Бутовский М.С. Клинический случай посткоммоционного синдрома у элитной профессиональной футболистки // Спортивная медицина: наука и практика. 2023;13(4):47–53. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.4.2>

Поступила в редакцию: 01.11.2023

Принята к публикации: 28.12.2023

Online first: 31.01.2024

Опубликована: 21.05.2024

* Автор, ответственный за переписку

A clinical case of post-concussion syndrome in an elite professional football player

Alyona V. Borisova^{1,2,*}, Madina R. Zhuravleva², Farida V. Takhavieva¹, Mikhail S. Bytovsky^{1,2}

¹Kazan State Medical University, Kazan, Russia

²Rubin Football Club, Kazan, Russia

ABSTRACT

Objective: to demonstrate our own clinical case of an athlete with an unusual post-concussion syndrome after repeated concussion of the brain.

Materials and methods: presentation of own clinical observation in dynamics of a professional football player with repeated concussion of the brain complicated by post-concussion syndrome with laboratory-instrumental diagnostic methods.

Results: a professional football player, as a result of a re-diagnosed concussion of the brain, had headaches, mainly in the temporal and occipital regions, weather dependence, subfebrility, while there was no effect from taking nonsteroidal anti-inflammatory drugs. As a result of instrumental examinations, changes in MCT and MRI were revealed. The conducted examinations, methods of treatment, the plan of an individual rehabilitation program are described.

Conclusion: this clinical case is of great interest to practicing sports doctors, due to frequently recurring head injuries, especially in contact sports and the lack of an algorithm for treatment and rehabilitation of highly qualified athletes.

Keywords: traumatic brain injury, concussion, post-concussion syndrome, professional football player

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

For citation: Borisova A.V., Zhuravleva M.R., Takhavieva F.V., Bytovsky M.S. A clinical case of post-concussion syndrome in an elite professional football player. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2023;13(4):47–53. (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.4.2>

Received: 01 November 2023

Accepted: 28 December 2023

Online first: 31 January 2024

Published: 21 May 2024

*Corresponding author

1. Введение

Ежегодно легкие травмы головного мозга получают приблизительно от 1,6 до 3,8 миллиона спортсменов, а среди всех черепно-мозговых травм частота спортивных составляет около 20% [1]. По данным ряда исследований, частота спортивной черепно-мозговой травмы составляет от 3,5 случая в Италии до 31,5 случая — в США на 100 000 населения, однако в исследованиях учитывались только обратившиеся за помощью в медицинские учреждения спортсмены [2]. Согласно исследованию Theadometal и соавт., в Новой Зеландии частота травм головного мозга в спортивных мероприятиях составила 170 случаев на 100 000 населения, что связано с включением в анализируемую группу обратившихся и не обратившихся в медицинские учреждения спортсменов [3].

Сотрясение головного мозга (СГМ) — это сложный патофизиологический процесс, возникающий вследствие травмы, сопровождающийся нарушением функционального статуса головного мозга без морфологических изменений при стандартных методах нейровизуализации. Обычно СГМ проявляется нарушениями сознания, координации движений, памяти, внимания, реже — нарушениями произвольных движений. Симптомы развиваются быстро, сохраняются недолго и регрессируют спонтанно. Согласно современным критериям, потеря сознания не является обязательным атрибутом СГМ.

Изменения носят исключительно функциональный и обратимый характер [4].

Исследование неврологического статуса спортсмена с потенциальной травмой головного мозга преследует три цели: оценку факта травмы головы, решение вопроса о необходимости транспортировки в медицинское учреждение для дальнейшего обследования и достижение критериев, позволяющих ему вернуться к участию в тренировках. Очевидно, что обнаружение потенциально опасной для жизни или неврологически значимой травмы имеет первостепенное значение. При этом важно помнить, что из-за угрозы развития посткоммоционного синдрома спортсменов с легкими травмами головы следует наблюдать и возвращать в полноценный тренировочный процесс только тогда, когда полностью отсутствуют неврологические симптомы, а переносимость нагрузок позволяет им участвовать в тренировках без ограничений.

Посткоммоционный синдром (ПКС) представляет собой совокупность физических, когнитивных и эмоциональных симптомов, которые сохраняются у незначительного количества пациентов, перенесших СГМ. До настоящего времени не существует сколь-либо точного описания этого синдрома. Некоторые специалисты называют им любые симптомы, которые испытывает пациент после СГМ. Однако существует типичная

по выраженности и длительности симптоматика, связанная с сотрясением головного мозга, и ее нельзя относить к ПКС, отличительной чертой которого является длительность сохранения симптомов [5].

Таким образом, ПКС у спортсменов — это сохранение когнитивных, физических или эмоциональных симптомов СГМ в течение периода времени, более длительного, чем можно было ожидать. Симптомы, сохраняющиеся от одной до шести недель, были предложены в качестве пороговых значений для постановки диагноза ПКС, связанного со спортом [5].

2. Клинический случай

Представлено клиническое наблюдение за профессиональной футболисткой 26 лет с неоднократным сотрясением головного мозга. Спортсменка подписала информированное согласие и разрешение на использование данных для научных исследований.

Анамнез. Футболом занимается с 9 лет, в течение спортивной карьеры, со слов спортсменки, неоднократно были контактные травмы головы, которые в некоторых случаях приводили к пропуску тренировок на срок более четырех недель: в возрасте 14 лет (столкновение головами с соперницей) и в возрасте 17 лет (попадание мяча в нос). Кроме того, мама и бабушка спортсменки страдают гипертонической болезнью, которая у обеих из них манифестировала в возрасте 32–35 лет. У самой спортсменки также было несколько эпизодов повышения артериального давления, связанного с игрой головой, при этом оно оставалось повышенным как минимум в течение суток после окончания игры.

На протяжении последних нескольких лет контактных травм головы и шеи у спортсменки не было. Однако в текущем соревновательном сезоне во время одного из матчей при столкновении с соперницей она получила травму головы, в связи с чем в экстренном порядке была госпитализирована в стационар с подозрением на черепно-мозговую травму, сотрясение головного мозга. При поступлении в стационар была выполнена мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) головного мозга, по результатам которой были исключены костно-травматические повреждения черепа, внутримозговые и оболочечные гематомы. При анализе полученных данных обращало на себя внимание сужение боковых желудочков мозга и субарахноидальных пространств больших полушарий, что является косвенными признаками диффузного травматического отека (рис. 1).

Также была проведена магнитно-резонансная томография (МРТ) головного мозга, при анализе которой была обнаружена подпапневротическая гематома височно-лобной-теменной области справа размером 72×6×80 мм (ПЗР×Т×В) и немногочисленные мелкие очаговые изменения в лобных долях дисциркуляторно-дистрофического характера размером до 5 мм (рис. 2).

Спортсменка была госпитализирована, назначено медикаментозное лечение, включающее в себя

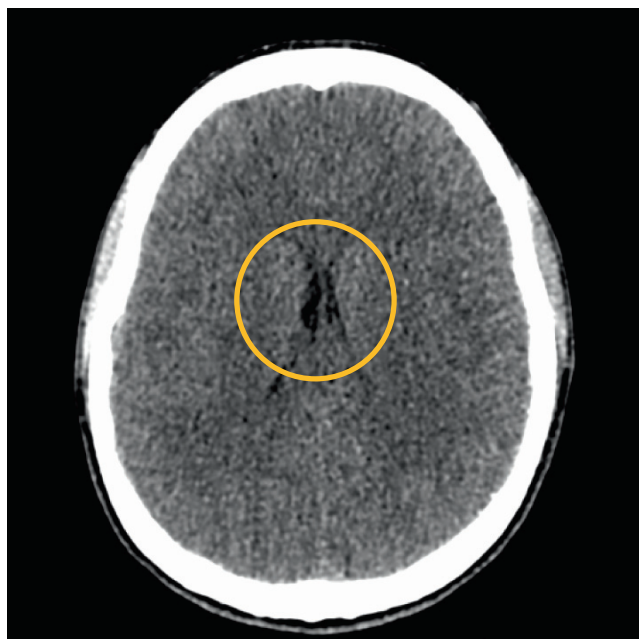


Рис. 1. МСКТ головного мозга в первые часы после получения травмы. Визуализируется сужение боковых желудочков мозга, субарахноидальные щели вдоль больших полушарий не прослеживаются

Fig. 1. MCT scan of the brain shows narrowing of the lateral ventricles of the brain, subarachnoid slits along the large hemispheres are not traced

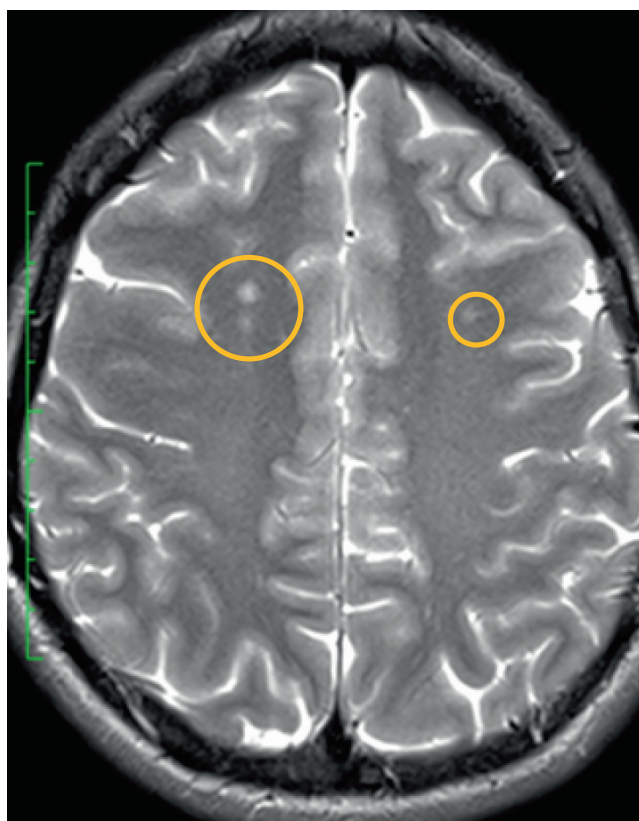


Рис. 2. МРТ головного мозга в первые часы после получения травмы. На аксиальном T2-ВИ головного мозга определяются гиперинтенсивные субкортикальные очаги в лобных долях

Fig. 2. Axial T2-WI of the brain shows hyperintense subcortical lesions in both frontal lobes, MRI 3T

Таблица 1

Влияние температуры окружающей среды на температуру тела и артериальное давление

Table 1

Influence of ambient temperature on body temperature and blood pressure

Дата	Температура окружающей среды	Температура тела	АД
5-й день после травмы	+30	37,4	107/46
6-й день после травмы	+30	37,3	105/60
7-й день после травмы	+30	36,9	104/73
8-й день после травмы	+33	37	124/78
9-й день после травмы	+29	37	109/55
10-й день после травмы	+33	37,2	113/76
11-й день после травмы	+28	37,1	112/58
12-й день после травмы	+16	37,1	116/62
13-й день после травмы	+21	37	105/59
14-й день после травмы	+22	37	106/62
15-й день после травмы	+23	37	103/75
16-й день после травмы	+21	37	101/61
17-й день после травмы	+24	36,9	103/75
18-й день после травмы	+27	36,9	104/53

пероральный прием кеторола 10 мг 1–2 раза в день при болях в течение 7 дней, а также прием 15 %-го раствора димефосфона по 1 столовой ложке после еды внутрь 3 раза в день в течение 2 недель.

После перенесенного СГМ в течение двух недель спортсменка отмечала сохранение головных болей, преимущественно в затылочной области, интенсивностью 3–4 балла по визуально-аналоговой шкале (ВАШ), ухудшение самочувствия, снижение настроения.

Однако через две недели симптоматика полностью купировалась, и спортсменка приступила к реабилитационным мероприятиям по индивидуальной программе, учитывая рекомендации Консенсусного заявления о сотрясении мозга в спорте от 2022 года [6]. Продолжительность реабилитации составила два месяца с момента получения травмы. На момент начала тренировок в общей группе без ограничений спортсменка жалоб не предъявляла и не испытывала психологического дискомфорта. Проведенные перед началом тренировок функциональные тесты (тест Купера, бип-тест и изокинетическое тестирование силы мышц бедра) свидетельствовали об оптимальном функциональном состоянии, сопоставимом с дотравматическим уровнем.

Спустя один месяц после возобновления тренировок (и три месяца после получения первой в текущем соревновательном сезоне травмы) спортсменка при верховом единоборстве столкнулась головой с головой соперницы. Спортсменка не была заменена и доиграла матч, во время которого за медицинской помощью не обращалась. После игры обратилась с жалобами на повторяющуюся рвоту, осмотрена врачом команды согласно протоколу SKAT5 [7]. Учитывая анамнез, а также усиливающуюся головную

боль и многократную рвоту, была вызвана бригада скорой медицинской помощи (СМП). При осмотре врачом СМП — сознание ясное, когнитивные функции не нарушены, головокружения, потери сознания нет, менингеальные знаки отрицательные, артериальное давление 140/95 мм рт. ст. По назначению врача спортсменка перорально приняла эналаприл 5 мг и подъязычно глицин 100 мг.

На фоне проводимой терапии через 10 минут АД снизилось до 115/80 мм рт. ст. Однако в течение двух часов после окончания матча состояние ухудшилось, в связи с чем она была госпитализирована в клинику для дообследования и верификации диагноза. При выполнении МСКТ головного мозга свежих травматических изменений выявлено не было, и после консультации нейрохирургом она была госпитализирована в неврологическое отделение, находясь в котором в течение трех дней, получала следующее лечение: кеторолак 2 мл один раз в день внутримышечно, омепразол 20 мг перорально 2 раза в день, метоклопрамид 2 мл два раза в день внутримышечно. При выписке у пациентки клинически значимой неврологической симптоматики не было, сохранялись жалобы на невыраженную головную боль.

Объективный статус описывался следующим образом: «Состояние удовлетворительное. Неврологический статус: сознание ясное, по ШКГ-15 баллов, зрачки D=S, фотореакция живая. Нистагм горизонтальный в крайних отведениях. Корнеальные рефлексы живые, парезов мимической мускулатуры нет. Язык по средней линии. Фокация, глотание не нарушены. Слух не снижен. Сухожильные и периостальные рефлексы D=S, повышены, патологические рефлексы не вызываются, мышечная сила 5 баллов. Координационные пробы выполняет

уверенно, в позе Ромберга устойчива. Менингеальные знаки отрицательные».

Однако на следующий день спортсменка отметила ухудшение состояния: появились жалобы на давящие боли в висках (на 6–7 баллов по ВАШ), тошноту, укачивание в транспорте. После консультации неврологом было назначено следующее лечение: кеторол 10 мг один раз в день перорально при болях, мексидол 250 мг 2 раза в перорально день в течение 1 месяца, драмина однократно 50 мг перед поездкой в транспорте, ведение дневника самоконтроля, учитывающего характер и время возникновения головных болей, а также артериального давления и температуру тела (см. табл. 1).

В связи с отсутствием положительной динамики и появлением стойкого субфебрилитета 36,9–37,4 °С было проведено повторное МРТ головного мозга, которое не выявило отрицательной динамики по сравнению с данными предыдущих исследований (рис. 3).

Спустя 13 дней после травмы у спортсменки сохранялись жалобы на давящие боли в височной и затылочной областях, тошноту, укачивание в транспорте, бессонницу, а также отмечались эпизоды подъема температуры до 37,4 °С. Со слов спортсменки, подъемы температуры были связаны с температурой окружающего воздуха: чем она была выше, тем выше была температура тела. Чаще всего спортсменка просыпалась около трех часов ночи и затем не могла уснуть в течение часа. Она также отмечала, что прием назначенных неврологом нестероидных противовоспалительных препаратов не приводил к уменьшению выраженности болевого синдрома.

После повторной консультации неврологом ей было рекомендовано продолжить назначенное ранее лечение, выполнить общий анализ крови (ОАК) с лейкоформулой и общий анализ мочи (ОАМ), а также получить консультацию у терапевта и оториноларинголога. При интерпретации данных ОАК и ОАМ патологических изменений в них обнаружено не было.

После консультации терапевтом получено заключение «хронический тонзиллит (?), субфебрилитет неясного генеза, закрытая черепно-мозговая травма». По итогам консультации оториноларинголога данных за острую патологию не обнаружено, мазок на микрофлору из носа и зева — без особенностей.

Через 30 дней после травмы на фоне сохраняющихся жалоб на головные боли в затылочной боли (5–6 баллов по ВАШ) и головокружение была повторно проконсультирована неврологом. Рекомендовано следующее лечение: мильгамма по 100 мг два раза в день перорально в течение 30 дней, цераксон по 100 мг один раз в день перорально в течение 60 дней, мексидол по 125 мг два раза в день перорально в течение 30 дней, мелаксен по 3 мг однократно перорально при сложностях с засыпанием.

Через 60 дней после получения травмы повторно проконсультирована неврологом. Спортсменка отмечала сохранение жалоб на головные боли в затылочной области (3–4 балла по ВАШ), снижение настроения, быструю

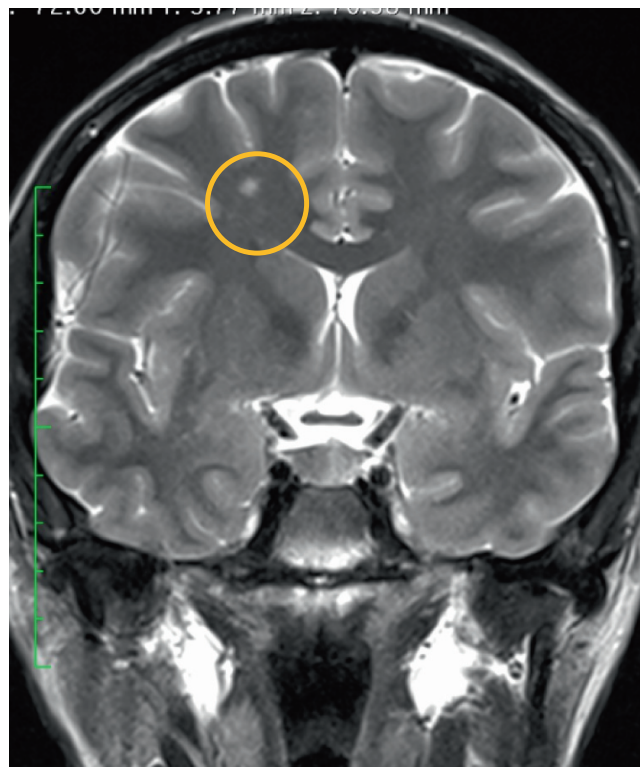


Рис. 3. Корональная T2-ВИ головного мозга демонстрирует стабильные резидуальные очаги в белом веществе размерами до 3–4 мм

Fig. 3. Coronal T2-WI of the brain demonstrates stable residual lesions in the white matter up to 3–4 mm in size

утомляемость. В связи с длительно сохраняющейся симптоматикой рекомендовано выполнение дуплексного сканирования интракраниальных и экстракраниальных отделов брахиоцефальных артерий, при выполнении которого получено следующее заключение: «Окклюзирующих изменений экстракраниального отдела сонных и позвоночных артерий не выявлено. Правая позвоночная артерия малого диаметра, гемодинамически преобладание левой позвоночной артерии. Отмечается незначительная непрямолинейность хода обеих позвоночных артерий в канале поперечных отростков шейных позвонков. На транскраниальной доплерографии (ТКДГ) эхопризнаки внутричерепной гипертензии». На основании жалоб, анамнеза заболевания, данных инструментальных методов исследования был сформирован предварительный клинический диагноз: «Повторные сотрясения головного мозга, посткоммоционный синдром, эпизоды доброкачественного пароксизмального позиционного головокружения, персистирующее постуральное перцептивное головокружение. Стресс-индуцированная (посттравматическая) головная боль (?). В качестве сопутствующего заболевания была указана «доброкачественная внутричерепная гипертензия».

Через 70 дней после травмы спортсменка приступила к индивидуальной программе реабилитации, включающей в себя упражнения аэробной направленности. В течение 1-й реабилитационной недели она

выполняла вестибулярную гимнастику и общеразвивающие упражнения в тренажерном зале, со 2-й недели приступила к гладкому бегу на поле с частотой сердечных сокращений (ЧСС) 130 ударов в минуту, с 3-й недели — с ЧСС до 140–150 ударов в минуту, были добавлены спорт-специфичные упражнения, с 4-й недели с ЧСС до 160 ударов в минуту с добавлением смены направлений, с 5-й недели — с ЧСС до 175 ударов в минуту, с ускорениями разной интенсивности. Во время реализации индивидуальной программы реабилитации клинически значимых жалоб спортсменка не предъявляла, температура тела, ЧСС в покое и АД находились в пределах нормальных значений.

Общий срок лечения и реабилитации после перенесенной черепно-мозговой травмы составил 98 дней. Однако следует отметить, что, несмотря на отсутствие противопоказаний к продолжению занятий в общей группе, у спортсменки сохранилась головная боль в затылочной области (1 балл) при смене погодных условий.

3. Обсуждение

Единых универсальных критериев, сроков возврата к тренировочным и спортивным мероприятиям после перенесенного СГМ не существует. Рекомендуется не возобновлять участие в спортивных играх в день получения сотрясения мозга. При наличии спонтанных и индуцированных провокационными пробами клинических симптомов любая физическая нагрузка категорически запрещается.

Адаптация к тренировкам должна постепенно повышаться от легкой аэробной нагрузки

Вклад авторов:

Борисова Алёна Владимировна — разработка темы, литературный обзор, сбор материала, обобщение полученных данных;

Журавлёва Мадина Равилевна — наблюдение, сбор данных;

Тахавиева Фариды Вазиховна — разработка темы исследования, анализ, редактирование материала;

Бутовский Михаил Сергеевич — анализ, редактирование материала.

Литература / References

1. Яковленко Ю.Г., Фомин В.Л., Чертов Н.В., Чертов О.В. Хроническая травматическая энцефалопатия у спортсменов. Медицинский вестник Юга России. 2023;14(2):97–105. [Yakovlenko Y.G., Fomin V.L., Chertov N.V., Chertov O.V. Chronic traumatic encephalopathy in athletes. *Medical Herald of the South of Russia*. 2023;14(2):97–105. (In Russ.)] <https://doi.org/10.21886/2219-8075-2023-14-2-97-105>
2. Li M., Zhao Z., Yu G., Zhang J. Epidemiology of Traumatic Brain Injury over the World: A Systematic Review. *Austin Neurol & Neurosci*. 2016;1(2):1007. Available at: <https://austinpublishinggroup.com/neurology-neurosciences/fulltext/ann-v1-id1007.php#Top>
3. Theadom A., Starkey N. J., Dowell T., Hume P. A., Kahan M., McPherson K., et al. Sports-related brain injury in the

до спорт-специфичных тренировок максимальной интенсивности с постоянным контролем переносимости нагрузки. При развитии ПКС необходимо исключение физической нагрузки любой интенсивности до полной резорбции клинической симптоматики, с последующей постепенной адаптацией к спорт-специфичной нагрузке. При появлении новых симптомов в этот период необходимо в обязательном порядке обратиться за консультацией к профильному специалисту [1].

Существует эмпирическая пятиступенчатая система возвращения спортсмена к спортивным мероприятиям после получения СГМ. Первый шаг включает легкую анаэробную активность, повышающую ЧСС, длительностью 5–10 минут. На следующем этапе физическая активность должна быть умеренной, допускаются движения туловищем или головой, при этом можно включать силовые тренировки. Третий шаг подразумевает более интенсивные, но бесконтактные виды физической активности (бег, велотренажер, силовые тренировки без субмаксимальных и максимальных усилий. На четвертом этапе можно приступать к контролируемым контактным тренировкам. Заключительный этап включает стандартные полноконтактные тренировки [5].

4. Заключение

Данное клиническое наблюдение представляет большой интерес для практикующих спортивных врачей в связи с часто повторяющимися травмами головы, особенно в контактных видах спорта и отсутствием алгоритма лечения и реабилитации у спортсменов высокой квалификации.

Author contributions:

Allyona V. Borisova — topic development, literary review, collection of material, generalization of the data obtained;

Madina R. Zhuravleva — data collection;

Farida V. Takhavieva — development of the research topic, analysis, editing of the material;

Mikhail S. Bytovsky — analysis, editing of the material.

general population: an epidemiological study. *J. Sci. Med. Sport*. 2014;17(6):591–596. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.02.001>

4. Greenberg M. S. Handbook of neurosurgery. 9th ed. New York: Thieme; 2020. <https://doi.org/10.1055/b-006-161147>

5. Jotwani V., Harmon K.G. Postconcussion Syndrome in Athletes. *Curr. Sports Med. Rep.* 2010;9(1):21–26. <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e3181ccb55e>

6. Patricios J.S., Schneider K.J., Dvorak J., Ahmed O.H., Blauwet C., Cantu R.C., et al. Consensus statement on concussion in sport: the 6th International Conference on Concussion in Sport — Amsterdam, October 2022. *Br. J. Sports Med.* 2023;57(11):695–711. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2023-106898>

7. Sport concussion assessment tool — 5th edition. *Br. J. Sports Med.* 2017;51:851–858. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097506SCAT5>

Информация об авторах:

Борисова Алёна Владимировна*, к.м.н., доцент кафедры реабилитации и спортивной медицины ФГБУ ВО «Казанский государственный медицинский университет», Россия, 420012, г. Казань, ул. Бутлерова, 49; заведующая медицинской службой академии футбольного клуба «Рубин», Россия, 420036, Казань, Копылова, 2 (doc-borisova@bk.ru)

Журавлёва Мадина Равиловна, врач по спортивной медицине женской команды футбольного клуба «Рубин», Россия, 420036, г. Казань, ул. Копылова, 2 (zhuravlevamadina@gmail.com)

Тахавиева Фарид Вазиховна, д.м.н., профессор, заведующая кафедрой реабилитации и спортивной медицины ФГБУ ВО «Казанский государственный медицинский университет», Россия, 420012, Казань, ул. Бутлерова, 49 (fartah@list.ru)

Бутовский Михаил Сергеевич, к.м.н., ассистент кафедры реабилитации и спортивной медицины ФГБУ ВО «Казанский государственный медицинский университет», Россия, 420012, г. Казань, ул. Бутлерова, д. 49; главный врач футбольного клуба «Рубин», Россия, 420036, Казань, ул. Копылова, 2 (dr mike81@inbox.ru)

Information about the authors:

Alyona V. Borisova*, Cand. Sci. (Medicine), Assistant of the Department of Rehabilitation and Sports Medicine, Kazan State Medical University, 49, Butlerova str., Kazan, 420012, Russia; Head of the Medical Service of the Academy Rubin Football Club, 2, Kopylova str., Kazan, 420036, Russia (doc-borisova@bk.ru)

Madina R. Zhuravleva, sports medicine doctor of the Rubin women's football team monitoring, Rubin Football Club, Russian Federation, 2, Kopylova str., Kazan, 420036, Russia (zhuravlevamadina@gmail.com)

Farida V. Takhavieva, Dr. Sci. (Medicine), Professor, Head of the Department of Rehabilitation and Sports Medicine Kazan State Medical University; Professor of the Department of Neurology and Rehabilitation, Kazan State Medical University, 49, Butlerova str., Kazan, 420012, Russia (fartah@list.ru)

Mikhail S. Bytovsky, Cand. Sci. (Medicine), Assistant of the Department of Rehabilitation and Sports Medicine, Kazan State Medical University, 49, Butlerova str., Kazan, 420012, Russia; Chief Physician Rubin Football Club, 2, Kopylova str., Kazan, 420036, Russia (dr mike81@inbox.ru)

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.4.8>

УДК: 543.9, 577.1, 615.03

Тип статьи: Оригинальная статья / Original Research



MiR-378a-3p и miR-491-5p как маркеры применения ксеноновых ингаляций в допинг-контроле: пилотное исследование

П.В. Постников^{1*}, З.Г. Орджоникидзе², Р.А. Ханферьян³, Ю.А. Ефимова⁴, И.В. Пронина^{1,5}

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

² *ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения г. Москвы», Москва, Россия*

³ *ФГАУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия*

⁴ *ФГБОУ «ВО МИРЭА – Российский технологический университет (Институт тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова)» Москва, Россия*

⁵ *ФГБУ «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии», Москва, Россия*

РЕЗЮМЕ

Ингаляции ксенона потенциально могут стимулировать синтез в организме эритропоэтина, что привело к запрету на использование этого метода спортсменами Всемирным антидопинговым агентством как в соревновательный, так и внесоревновательный периоды. Определение ксенона в биологических жидкостях, в частности в образцах плазмы крови, затруднено ввиду небольшого окна детектирования. Косвенная детекция агентов, стимулирующих эритропоэз, возможна по изменению некоторых параметров крови при проведении общего клинического анализа, однако данный анализ неспецифичен.

Цель: поиск новых микроРНК-маркеров, экспрессия которых специфична и значимо изменяется при применении ингаляций ксенона здоровыми добровольцами.

Методы: количественная полимеразная цепная реакция в реальном времени с использованием прибора CFX96 Bio-Rad с помощью наборов miRCURY[®] LNA[™] miRNA SYBR[®] Green PCR Kit и панелей для исследования профилей экспрессии зрелых микроРНК сигнального пути гипоксии miRCURY LNA[™] miRNA Focus Panel.

Результаты: установлено, что экспрессия hsa-miR-378a-3p и hsa-miR-491-5p в плазме крови существенно возрастает (более чем в 70 раз) при применении ингаляций ксенона. При этом показатели гематологических параметров до и после подобных ингаляций не показали существенных изменений, что свидетельствует о неэффективности их определения при допинг-контроле для косвенного определения употребления ингаляций ксенона.

Заключение: разница в уровнях экспрессии микроРНК до и после использования ксеноновой смеси (Xe/O₂ (25:75 v/v)) делает hsa-miR-378a-3p и hsa-miR-491-5p потенциальными претендентами на роль маркеров косвенного определения использования ингаляций ксенона спортсменами.

Ключевые слова: ксенон, qPCR-RT, микроРНК, антидопинговый контроль, стимуляторы эритропоэза

Для цитирования: Постников П.В., Орджоникидзе З.Г., Ханферьян Р.А., Ефимова Ю.А., Пронина И.В. MiR-378a-3p и miR-491-5p как маркеры злоупотреблений ксеноном в допинг-контроле. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2023;13(4):54–64. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.4.8>

Поступила в редакцию: 21.09.2023

Принята к публикации: 04.03.2024

Online first: 12.04.2024

Опубликована: 21.05.2024

* Автор, ответственный за переписку

MiR-378a-3p and miR-491-5p as markers of xenon abuse in doping control

Pavel V. Postnikov^{1,*}, Zurab G. Ordzhonikidze², Roman A. Khanferyan³, Yulia A. Efimova⁴,
Irina V. Pronina^{1,5}

¹ National Anti-Doping Laboratory (Institute), Lomonosov Moscow State University (NADL MSU)

² State Autonomous Healthcare Institution "Moscow Centre for research and practice in medical rehabilitation, restorative and sports medicine of Moscow healthcare Department"

³ Medical Institute of People's Friendship University of Russia (RUDN)

⁴ M.V. Lomonosov Institute of Fine Chemical Technologies, MIREA – Russian Technological University

⁵ Federal State Budgetary Scientific Institution "Institute of General Pathology and Pathophysiology"

ABSTRACT

Xenon stimulates the synthesis of the hormone erythropoietin, which leads to improved oxygen supply to tissues, increased endurance and can be used by athletes to gain an undue advantage in competitions. The World Anti-Doping Agency (WADA) banned its use. The determination of xenon in biological fluids, in particular, in blood plasma samples, is difficult due to the narrow detection window. Its indirect detection is possible by changing in some blood parameters during a clinical analysis (RET%, HGB, HCT, etc.), however, this analysis is nonspecific and the use of other erythropoiesis-stimulating agents can lead to similar changes.

Aims: The aim of the study was to search for long-term microRNA markers, the expression of which is specific and markedly altered by inhaled xenon.

Methods: Quantitative real-time PCR was performed on CFX96 Bio-Rad analyser using miRCURY[®] LNA[®] miRNA SYBR[®] Green PCR Kit and panels for studying the expression profiles of mature microRNAs of the hypoxia signaling pathway miRCURY LNA[™] miRNA Focus Panel.

Results: Based on statistical data analysis, it was found that the expression of hsa-miR-378a-3p and hsa-miR-491-5p in blood plasma increases significantly (more than 70 times) when xenon inhalations are used as an erythropoiesis stimulator. Measurement of hematological parameters before and after inhalation showed no significant changes that could affect endurance or give competitive advantages.

Conclusion: The evaluated difference in microRNA expression levels before and after administration of the xenon mixture (Xe/O₂) makes hsa-miR-378a-3p and hsa-miR-491-5p potential candidates for the role of long-term markers of xenon abuse.

Keywords: Xenon, qPCR-RT, microRNA, antidoping control, erythropoiesis stimulants

For citation: Postnikov P.V., Ordzhonikidze Z.G., Khanferyan R.A., Efimova Y.A., Pronina I.V. MiR-378a-3p and miR-491-5p as markers of xenon abuse in doping control. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2023;13(4):54–64. (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.4.8>

Received: 21 September 2023

Accepted: 4 March 2024

Online first: 12 April 2024

Published: 21 May 2024

*Corresponding author

1. Введение

В последние годы популярность ингаляций ксенона в медицине резко возросла. Они широко используются во многих областях медицины, в том числе в качестве анестетика при проведении хирургических операций [1], агента, улучшающего мозговой кровоток, в нейропсихологии и психиатрии [2], для лечения наркотической зависимости [3] и т. д. Неоднократно описаны лечебные свойства ксенона в процессах восстановления организма в период длительных интенсивных физических нагрузок при использовании его в смеси с кислородом в виде ингаляций [4–7]. Ряд исследований показал [5, 8, 9], что при курсовом использовании ингаляций ксенона происходит активация транскрипционного фактора, индуцируемого гипоксией (HIF), и, соответственно,

эритропоэтина (ЭПО), что потенциально может создавать преимущество применяющим его спортсменам. И хотя на этот счет в научной литературе приводятся довольно противоречивые данные [9, 10, 11], в 2014 году ВАДА ввело запрет на его использование, включив ксенон в статью S2 «Пептидные гормоны, факторы роста, подобные субстанции и миметики» [12]. В связи с этим перед антидопинговыми организациями встала проблема идентификации ксенона в допинг-пробах спортсменов. При этом на тот или иной его эффект, в том числе увеличение продукции ЭПО, вероятно, влияет процент содержания ксенона в ингаляционной смеси с кислородом.

На сегодня разработано несколько аналитических подходов для определения ксенона, главным образом

основанных на газовой хроматографии — тандемной масс-спектрометрии (ГХ–МС/МС), авторами которых были подобраны характерные для идентификации изотопы с m/z 129, 131 и 132 [13–16]. Однако во всех исследованиях образцы биожидкостей были отобраны или у возрастных пациентов, или после длительной анестезии смесью Xe/O_2 55:45 v/v. Кроме того, выведение ксенона из организма происходит слишком быстро: он имеет небольшое окно детектирования — около 4 часов [17]. В одном из исследований было предложено использовать для определения ксенона газовую фазу вакуумных пробирок при отборе цельной крови по программе биологического паспорта спортсмена (БПС) [17, 18]. В результате интенсивность сигнала по сравнению с ГХ–МС/МС анализом, предложенным Thevis и соавт. [13], оказалась существенно выше, а период определения ксенона в газовой фазе таких пробирок составил около 28 дней в случае своевременно отобранной пробы.

Использование ксенона может определяться и посредством косвенных методов. Так, при применении ингаляций анализ цельной крови по программе БПС может показывать незначительный рост показателей гемоглобина и процентного содержания ретикулоцитов [10], но эти изменения не являются специфичными и характерны также и для приема других эритропоэз-стимулирующих агентов.

Известно, что изменения профиля экспрессии микроРНК могут выступать в качестве ранней реакции организма на физиологический или патологический стимул и быть даже более чувствительными, чем биохимические маркеры [19, 20]. МикроРНК детектируются практически во всех биологических жидкостях [21] и стабильны после многочисленных циклов замораживания-оттаивания [19], что упрощает процесс отбора и требования по хранению образцов, являясь важным преимуществом для целей допинг-контроля. В данном исследовании предлагается ранее не использовавшийся в практике работы антидопинговых лабораторий подход, основанный на изменении уровней экспрессии специфичных микроРНК после проведения курса ингаляций ксеноновой смесью Xe/O_2 25:75 (v/v).

Целью исследования было определение оптимальных микроРНК-маркеров косвенного определения использования ингаляций ксенона с целью антидопингового контроля в образцах плазмы крови методом количественной ПЦР в реальном времени.

2. Материалы и методы

Образцы для исследования

Для исследования брали образцы плазмы крови добровольцев ($n = 10$, 7 мужчин, 3 женщины), ведущих активный образ жизни, в возрасте 22–35 лет до и после курса ингаляций смесью Xe/O_2 25:75 (v/v). Забор крови после окончания курса проводили через 24 часа после последней из ингаляций. При этом в данном исследовании половая принадлежность добровольцев

не учитывалась. Курс ксеноновых ингаляций смесью Xe/O_2 25:75 (v/v) проводили в течение 5 дней подряд по 30 минут в одно и то же время утром. Образцы крови добровольцев отбирали по правилам, установленным программой биологического паспорта спортсменов, в вакуумные пробирки BD Vacutainer® Plus ЭДТА (K_2EDTA) для гематологических исследований объемом 4 мл по две пробирки от каждого добровольца до и после курса ингаляций. Для получения плазмы одну пробирку центрифугировали (1500 об/мин, 10 мин, 20 °С Rotixa 50 RS, Hettich Zentrifugen, Германия), весь объем плазмы отбирали и замораживали при –20 °С до проведения исследований микроРНК. Вторая пробирка использовалась для получения гематологических показателей по программе БПС.

Добровольцы были проинформированы о целях эксперимента, от них было получено письменное согласие на использование их биологического материала в научных целях. Протокол исследования не противоречит Хельсинкской декларации [22], разрешение на использование медицинского ксенона (Ксемед®) для клинических исследований было получено Советом по этике Министерства здравоохранения РФ (№ 55292 от 27 августа 2019 г., протокол № 197). Образцы плазмы крови отбирали согласно пункту 5.3.12.2 Международного стандарта для лабораторий (МСЛ) [23].

Измерение гематологических параметров образцов цельной крови на автоматическом анализаторе Sysmex XN-1000

Измерение гематологических параметров проводили в автоматическом режиме CBC+DIFF+RET с определением лейкоцитарной формулы и процентного содержания ретикулоцитов на приборе XN-1000 Sysmex (Германия). Перед анализом образцы цельной крови гомогенизировали на роллерном шейкере Stuart SRT9D (Bibby Scientific, Великобритания) при 40 об/мин в течение 15 минут. Для калибровки анализатора использовали образцы контрольной крови Sysmex XN-Check уровней 1, 2 и 3 (Sysmex, Германия). Определение параметров крови каждого образца проводили дважды, для дальнейшего анализа учитывалось среднее значение. После анализа оценивались значения гемоглобина (HGB), гематокрита (HCT), процентного содержания ретикулоцитов (RET %) и количества эритроцитов (RBC).

Выделение микроРНК из образцов плазмы крови

МикроРНК выделяли из 2 мл плазмы при помощи набора PAXgene Blood miRNA Kit по протоколу производителя с некоторыми модификациями (подробно описано Postnikov и соавт. [24]). МикроРНК смывали с колонок двумя объемами по 40 мкл деионизованной воды. Измерение концентрации микроРНК проводили с использованием флуориметра Allsheng Fluor 100B (Китай) и набора Qubit microRNA Assay Kit (ThermoFisher Scientific, США) согласно инструкции. Выделенную

микроРНК хранили при температуре -20°C до дальнейшего использования.

Проведение обратной транскрипции и количественной ПЦР

Реакцию обратной транскрипции проводили при помощи набора miRCURY[®] LNA[®] RT Kit (Qiagen, США) по протоколу производителя на приборе C1000 Touch Thermal Cycler (Bio-Rad, США). Для реакции брали 200 нг микроРНК, конечный объем реакционной смеси 20 мкл. Полученную кДНК хранили при -20°C . Перед постановкой количественной ПЦР кДНК разводили добавлением 200 мкл деионизованной воды. Количественную ПЦР с детекцией в реальном времени проводили на ДНК-амплификаторе CFX96 (Bio-Rad, США) с помощью наборов miRCURY[®] LNA[®] miRNA SYBR[®] Green PCR Kit (Qiagen, США) и панелей для исследования профилей экспрессии зрелых микроРНК сигнального пути гипоксии miRCURY LNA[™] miRNA Focus Panel Y4HS-221ZD-4 (Qiagen, США). Используемая программа ПЦР включала в себя инициацию в течение 15 минут при температуре 95°C и 40 циклов (94°C — 15 секунд, 55°C — 30 секунд, 70°C — 30 секунд). Контроли прохождения обратной транскрипции и ПЦР, а также референсные гены были включены в состав панели.

Статистическая обработка результатов

Статистическую обработку результатов проводили при помощи программного обеспечения CFX Maestro Software (Bio-Rad, США). В работе определяли нормализованную экспрессию микроРНК (ΔCt) и относительную нормализованную экспрессию ($\Delta\Delta\text{Ct}$). Нормализацию проводили на референсные РНК, содержащиеся

в использованной панели miRCURY LNA[™] miRNA Focus Panel. При расчете относительной нормализованной экспрессии микроРНК ($\Delta\Delta\text{Ct}$) использовались усредненные значения ΔCt опытной и контрольной групп. Значимыми признавались изменения экспрессии в четыре и более раз в сторону уменьшения или увеличения ($p < 0,05$). Статистическая обработка результатов измерений параметров цельной крови до и после курса ксеноновых ингаляций проводилась с использованием точного критерия Фишера. Оценка изменений уровней экспрессии 84 зрелых микроРНК, входящих в коммерциализированную панель для исследования сигнального пути гипоксии, осуществлялась посредством программного обеспечения CFX Maestro Software и использования критерия Манна—Уитни для связанных выборок, t -критерия Стьюдента.

3. Результаты

В ходе пилотного исследования было оценено возможное влияние ксеноновых ингаляций Xe/O_2 (25:75 v/v) на ряд гематологических параметров крови. В большей части исследованных образцов наблюдалось незначительное увеличение гемоглобина, гематокрита, ретикулоцитов и количества эритроцитов спустя 5 дней применения смеси Xe/O_2 (табл.).

Были рассчитаны средние значения и стандартные отклонения для каждой выборки из 10 измерений, оценена статистическая значимость изменения каждого из параметров крови, где $F_{\text{эксп.}} = S^2(\text{большее})/S^2(\text{меньшее}) < F_{\text{табл.}}$. При сравнении выборок гематологических параметров до и после проведения курса ингаляций ($p = 0,95$) сделан вывод, что $F_{\text{эксп.}} < F_{\text{табл.}}$ и соответственно расхождение между средними значениями выборок не является статистически значимым.

Таблица

Значения параметров крови добровольцев до и после проведения ингаляций смесью Xe/O_2 (25:75 v/v)

Table

Blood parameters of volunteers before and after inhalation of Xe/O_2 (25:75 v/v)

№ п/п	Параметры крови до курса ингаляций				Параметры крови после курса ингаляций			
	HGB, г/л	HCT, %	RET, %	RBC, $10^{12}/\text{л}$	HGB, г/л	HCT, %	RET, %	RBC, $10^{12}/\text{л}$
1	165	46,1	1,81	5,59	169	49,4	2,09	5,76
2	148	41,9	1,44	4,82	157	45,6	1,84	5,11
3	149	42,3	1,66	5,02	158	45,6	1,79	5,38
4	122	34,7	1,10	3,95	125	36,9	1,24	4,08
5	157	43,6	1,51	4,80	161	45,0	1,62	5,02
6	158	43,8	1,16	4,87	162	46,3	1,00	5,07
7	134	36,8	1,24	4,77	138	37,0	1,28	4,81
8	142	36,4	1,15	5,10	144	36,7	1,16	5,15
9	160	44,3	1,48	5,93	165	45,5	1,56	6,02
10	124	36,3	1,32	5,54	129	37,6	1,41	5,56
Среднее значение	145,9	40,6	1,39	5,04	150,8	42,6	1,50	5,20
Станд. отклонение (S^2)	15,10	4,12	0,24	0,55	15,64	4,89	0,34	0,53

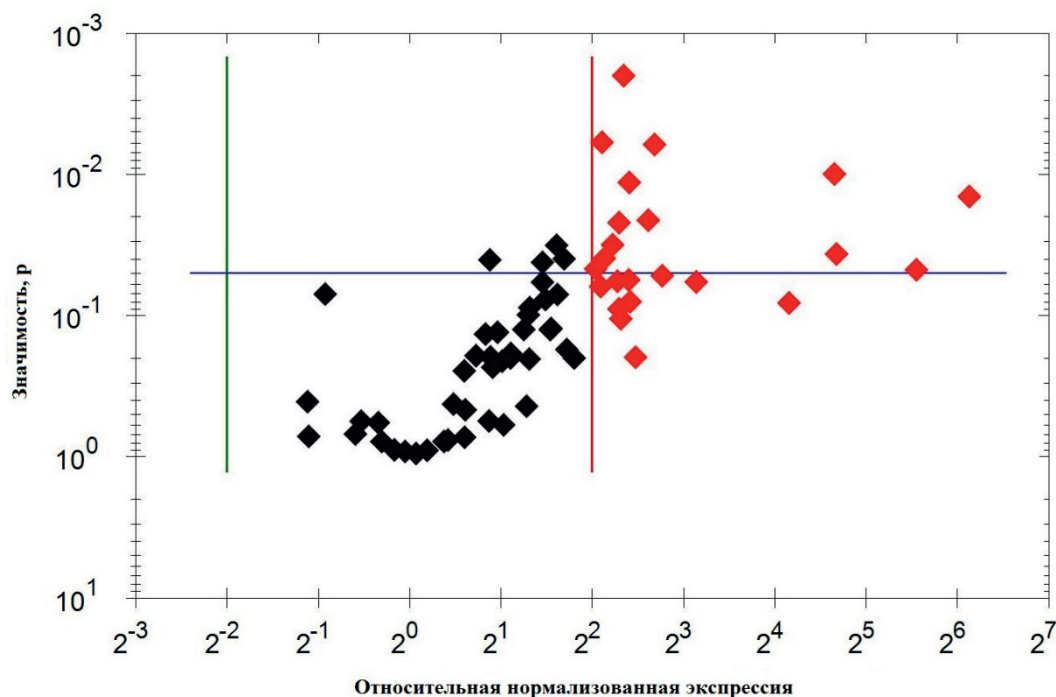


Рис. 1. Изменение уровней экспрессии 84 микроРНК панели сигнальных путей гипоксии после ксеноновых ингаляций в сравнении с их уровнями до ингаляций (усредненные данные по всем образцам). Вертикальными линиями на графике обозначен порог 4-кратного изменения экспрессии

Fig. 1. Changes in the expression levels of 84 microRNAs of the panel of hypoxia signaling pathways after xenon inhalations in comparison with their levels before inhalations

Основной задачей исследования было сравнение профилей экспрессии циркулирующих микроРНК плазмы после ксеноновых ингаляций добровольцам по сравнению с уровнями экспрессии микроРНК до ингаляций. Сравнение уровней экспрессии 84 циркулирующих микроРНК продемонстрировало, что их экспрессия изменяется под воздействием ксеноновых ингаляций в экспериментальной группе (рис. 1). Изменения экспрессии микроРНК, попавших в данные пределы, пренебрежимо малы. Красным обозначены те микроРНК, экспрессия которых повышалась в 4 и более раз после ксеноновых ингаляций, причем наибольший интерес представляют микроРНК, расположенные выше горизонтальной линии на графике, т. е. изменения экспрессии этих микроРНК обладают уровнем значимости $p < 0,05$.

На основании анализа изменений уровней экспрессии циркулирующих микроРНК при помощи ANOVA теста отобраны две микроРНК, экспрессия которых стабильно определялась во всех образцах и изменялась при применении ксеноновых ингаляций: hsa-miR-378a-3p и hsa-miR-491-5p (рис. 2). Уровень hsa-miR-378a-3p в плазме крови добровольцев после вдыхания смеси Xe/O₂ увеличился в 69,96 раза (вариабельность от 5,17 до 1475,68, $p = 0,014$), а hsa-miR-491-5p — в 46,86 раза (вариабельность от 7,06 до 2070,61, $p = 0,047$) по сравнению с их уровнем до курса ингаляций.

4. Обсуждение

Ингаляции ксенона могут стимулировать выработку ЭПО за счет стабилизации HIF, даже несмотря на отсутствие явной гипоксии [10, 25]. В статье [10] ЭПО повысился у добровольцев только после однократной ингаляции, а после курсового использования подобного эффекта не наблюдалось. В работе [25] участниками исследования стали мыши, которые подвергались однократному воздействию смеси Xe/O₂ (70:30 v/v) в течение двух часов. Авторы прямо продемонстрировали, что предварительное кондиционирование ксеноном индуцирует экспрессию HIF-1 α и его нижестоящих эффекторов, ЭПО и фактора роста эндотелия сосудов (VEGF), посредством сигнального пути mTOR в почках взрослых мышей [25]. Также в работе [10] приводятся сведения о значительном увеличении объема плазмы крови после воздействия ксенона.

Механизмы такого увеличения объема плазмы в настоящее время неизвестны, но существует предположение, что вдыхание ксеноново-кислородной смеси может влиять на гормоны, регулирующие объем крови [10]. Практически отсутствуют какие-либо исследования о возможном влиянии терапевтических концентраций Xe/O₂ в разных соотношениях и длительности воздействия на общие показатели крови добровольцев.

Учитывая полученные в ходе исследования результаты (табл.), маловероятно, что такие незначительные изменения параметров крови после проведения курса

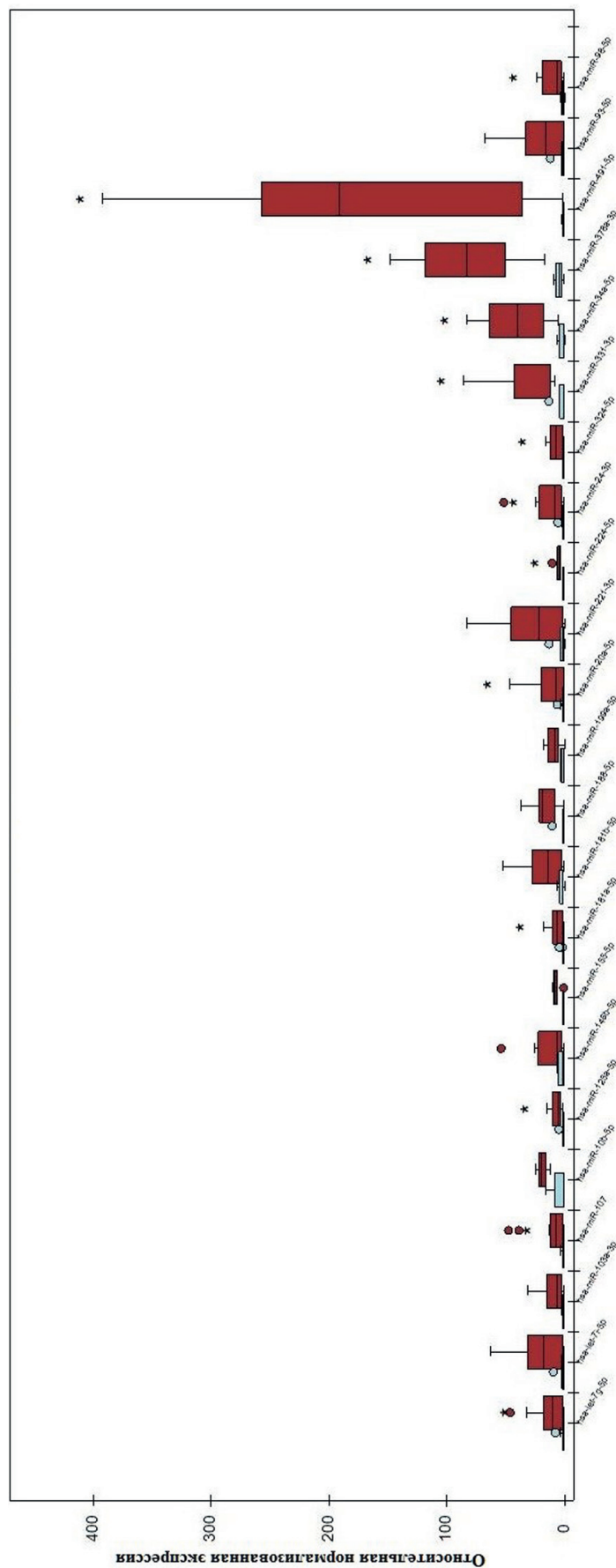


Рис. 2. Сравнение среднего нормализованного уровня экспрессии группы циркулирующих микроРНК после ингаляций с их уровнем до ксеноновых ингаляций (синие столбики — до ингаляций; красные столбики — после ингаляций; достоверные изменения обозначены *, $p < 0,05$). На диаграмме отражены микроРНК с наиболее значимыми изменениями экспрессии.

Fig. 2. Comparison of the average normalized expression levels of a group of circulating miRNAs after inhalation with their levels before xenon inhalations (blue bars — before inhalations; red bars — after inhalations; significant changes are indicated by *, $p < 0,05$).

ксеноновых ингаляций могут влиять на выносливость или дать конкурентные преимущества спортсменам. Ранее были приведены результаты нескольких фаз клинических испытаний влияния различных ксеноновых смесей с кислородом на параметры цельной крови здоровых представителей общей популяции [10]. По их данным, масса гемоглобина в крови после 7 дней ежедневного применения ксеноновых ингаляций с 70 % его содержанием остается неизменной, а статистически значимое увеличение объема плазмы привело к снижению концентрации гемоглобина (-1 г/100 мл), гематокрита ($-3,1 \%$, $p = 0,001$), и количества эритроцитов ($-0,3 \text{ М/мкл}$, $p = 0,002$), но не привело к изменению процентного содержания ретикулоцитов. При этом, по их данным, даже однократное вдыхание ксенона в различных концентрациях приводит к небольшому, но длительному увеличению концентрации ЭПО [9, 10]. Таким образом, изменения гематологических параметров не могут выступать в качестве косвенных показателей применения ксенона.

Известно, что прием различных фармакологических средств и препаратов влияет на уровни циркулирующих в плазме микроРНК [19, 26]. В нашем случае изменением экспрессии более половины из 84 входящих в панель микроРНК можно было пренебречь, а изменения экспрессии некоторых микроРНК не были достоверными ($p > 0,05$). Отсутствие достоверности связано с тем, что экспрессия группы микроРНК повышалась не у всех добровольцев или верхний уровень экспрессии некой микроРНК до ингаляций перекрывался с нижним уровнем ее экспрессии у других добровольцев после ингаляций. В ходе проведенных экспериментов были отобраны две микроРНК, которые могут выступать в качестве потенциальных маркеров косвенного определения злоупотребления ксеноном — hsa-miR-378 a-3p и hsa-miR-491-5p.

Hsa-miR-378-3p локализуется в гене, кодирующем гамма-рецептор, активирующий пролиферацию пероксисом, коактиватор 1 бета (PGC-1 β), что предполагает ее участие в процессах метаболизма. Экспрессия PGC-1 β усиливается в ответ на гипоксию, ограничение калоража питания и физическую нагрузку [27]. Ряд исследований показал, что hsa-miR-378-3p влияет на метаболизм липидов и их депонирование, а также функцию митохондрий, в частности потенцируя сдвиг в сторону гликолитического пути [28, 29]. В исследованиях Krist и соавт. и Gagan и соавт. было продемонстрировано, что данная микроРНК влияет на дифференцировку мышц посредством регуляции миогенного рецептора MyoR [28, 30]. Помимо этого, приводятся данные, что hsa-miR-378-3p регулирует массу скелетной мускулатуры у регулярно тренирующихся представителей общей популяции [31]. Экспрессия микроРНК была значительно снижена у мужчин с низким приростом мышечной массы по сравнению с мужчинами, у которых наблюдался высокий прирост мышечной массы вследствие различной интенсивности тренировочного процесса. В статье Kim

и соавт. было показано, что подавление hsa-miR-378-3p повышает выживаемость стволовых клеток сердца мышцей за счет активации фокальной киназы адгезии и высвобождения фактора роста соединительной ткани, последний является мишенью данной микроРНК [32]. Также есть данные о предотвращении hsa-miR-378-3p гипертрофии сердца посредством MAPK (mitogen-activated protein kinase) сигнального пути [33]. В исследовании Jeon и соавт. с участием мышцей с сердечной недостаточностью было обнаружено, что фактор транскрипции ядерный респираторный фактор-1 (NRF-1), являющийся важным регулятором экспрессии некоторых метаболических генов в митохондриях, которые регулируют клеточный рост, ингибируется hsa-miR-378a-3p [34]. Поэтому ее можно рассматривать в качестве потенциального регулятора митохондриальной функции в клетках.

Доставка питательных веществ в ткани зависит от кровообращения, поэтому метаболически активные ткани, например скелетные мышцы, нуждаются в высокой плотности капилляров и сосудов. В работах Chen и соавт. и Lee и соавт. было продемонстрировано, что hsa-miR-378-3p регулируют неоангиогенез в опухолях [35, 36]. HIF является одним из основных регуляторов процесса ангиогенеза и контролирует работу более ста генов, вовлеченных в гликолитический путь и формирование кровеносных сосудов, включая VEGF-A [28, 37]. В статье Hua и соавт. было показано, что hsa-miR-378-3p напрямую воздействует на VEGF-A, конкурируя с hsa-miR-125a за 3' UTR нетранслируемую область в мРНК VEGF-A, и вызывает активацию VEGF-A [38]. Косвенная регуляция VEGF-A данной микроРНК происходит за счет влияния на передачу SHH (sonic hedgehog)-сигналов посредством ингибирования SuFu, являющегося ингибирующим компонентом этого сигнального пути [28].

Приведенные выше данные свидетельствуют о роли hsa-miR-378a в качестве потенциального медиатора процессов метаболизма, ангиогенеза, дифференцировки и регенерации мышц. Данный факт может быть важен в ближайшем будущем для антидопингового контроля, так как в Запрещенный список ВАДА включены «модуляторы метаболизма», куда входят в том числе агонисты рецепторов, активируемых пролиферацией пероксисом, и «факторы роста и модуляторы факторов роста» [12].

В исследовании Jia и соавт. было показано, что hsa-miR-491-5p вызывает заметное снижение экспрессии транспортера дофамина (DAT), участвуя в aberrантной регуляции дофаминергической нейротрансмиссии (влияя на транспорт дофамина в нейронах) [39]. Дофамин (DA) является одним из основных нейротрансмиттеров центральной нервной системы, участвующим в управлении движениями, эмоциях, нейроэндокринной регуляции и других жизненно важных процессах посредством активации дофаминовых рецепторов [40, 41]. При помощи механизма обратного захвата нейротрансмиттеры

проходят через пресинаптическую мембрану, а затем удаляются из синаптической щели. Обратный захват через клеточную мембрану, опосредованный транспортером DAT, уменьшает передачу сигналов DA натрий-зависимым образом, и это играет решающую роль в поддержании гомеостаза дофамина в нейронах [39, 42].

Интересно, что повышение экспрессии hsa-miR-491-5p в ответ на гипоксию клеток и тканей отмечается во многих исследованиях [43–45]), однако ее влияние скорее можно отнести к патологическому, чем физиологическому. Сообщается, что hsa-miR-491-5p подавляет экспрессию гена металлотионеина-2 (MT2), осложняя восстановление клеток мозга после оксидативного стресса [46]. Подавление hsa-miR-491-5p способствует неоваскуляризации, восстанавливает мозговой кровоток и улучшает восстановление неврологических функций после черепно-мозговых травм. В исследовании Yang и соавт. также было показано, что повышенная экспрессия hsa-miR-491-5p препятствует ангиогенезу [47]. Однако в задачи данного не входило исследование биологической роли выбранных в качестве потенциальных маркеров применения ксеноновых ингаляций

Соблюдение этических стандартов

От всех добровольцев было получено письменное согласие на использование их биологического материала в научных целях, исследование не противоречит Хельсинкской декларации. Разрешение на использование

Благодарности

Авторы выражают благодарность С. В. Потапову, заместителю директора по науке и производству ООО «Акела-Н», г. Химки, Московская область,

Вклад авторов

Постников Павел Викторович — написание текста статьи, формулирование целей и задач, проведение экспериментальных исследований, обсуждение экспериментов и результатов, редактирование рукописи, утверждение финальной версии статьи, подготовка материалов к публикации;

Орджоникидзе Зураб Гивиевич — редактирование рукописи, подготовка материалов к публикации;

Ханферьян Роман Авакович — редактирование рукописи, подготовка материалов к публикации;

Ефимова Юлия Александровна — редактирование рукописи, подготовка материалов к публикации;

Пронина Ирина Валерьевна — написание текста статьи, формулирование целей и задач, обсуждение экспериментов и результатов, проведение экспериментальных исследований, редактирование рукописи.

микроРНК, а основным интересом была возможность их использования в целях допинг-контроля.

5. Заключение

Анализ гематологических параметров образцов цельной крови добровольцев до и после воздействия курсового использования ингаляций ксенона в большинстве случаев показал незначительное статистически недостоверное ($p > 0,05$) увеличение показателей гемоглобина, гематокрита, количества эритроцитов и процентного содержания ретикулоцитов. Данные изменения не являются специфичными для косвенной детекции ксенона. В ходе проведенного пилотного исследования были отобраны два возможных микроРНК-маркера косвенного определения применения газа-стимулятора эритропоэза ксенона — hsa-miR-378 a-3p и hsa-miR-491-5p.

Поиск новых долгосрочных микроРНК-маркеров злоупотребления активаторами синтеза ЭПО имеет несомненную практическую значимость для целей современного антидопингового контроля, так как они могут выступать в качестве дополнительного подтверждения присутствия в организме запрещенных миметиков гипоксии.

медицинского ксенона (Ксемед®) для клинических исследований одобрено Советом по этике Министерства здравоохранения РФ (Вн. № 55292 от 27 августа 2019 г., выписка из протокола № 197).

за предоставление медицинского ксенона для проведения исследований и д. м. н. Е. В. Жовнерчуку, НИИ медицины труда, за содействие в организации эксперимента.

Authors' contributions

Pavel V. Postnikov — writing the text of the article, formulation of aims and objectives, discussion of experiments and results, conducting experimental research, editing the manuscript, editing the final version of the article, and preparing materials for publication;

Zurab G. Ordzhonikidze — editing the manuscript, preparing materials for publication;

Roman A. Khanferyan — editing the manuscript, preparing materials for publication;

Yulia A. Efimova — editing the manuscript, and preparing materials for publication;

Irina V. Pronina — writing the text of the article, formulation of aims and objectives, discussion of experiments and results, conducting experimental research, editing the manuscript.

Список литературы / References

1. Hou B., Li F., Ou S., Yang L., Zhou S. Comparison of recovery parameters for xenon versus other inhalation anesthetics: systematic review and meta-analysis. *J. Clin. Anesth.* 2016;29:65–74. <https://doi.org/10.1016/j.jclinane.2015.10.018>
2. Risberg J. Regional cerebral blood flow measurements by ¹³³Xe-inhalation: methodology and applications in neuropsychology and psychiatry. *Brain Lang.* 1980;9(1):9–34. [https://doi.org/10.1016/0093-934x\(80\)90069-3](https://doi.org/10.1016/0093-934x(80)90069-3)
3. Цыганков Б.Д., Шамо́в С.А., Рыхлецкий П.З., Давлетов Л.А. Возможности применения ксенона в комплексной терапии психопатологических расстройств у больных наркологического профиля. *Российский медицинский журнал.* 2013;(4):11–13.
Tzigankov B.D., Shamov S.A., Rykhletskiy P.Z., Davletov L.A. The possibilities of xenon application in complex therapy of psychopathologic disorders in patients of narcologic profile. *Russian Medicine.* 2013;(4):11–13 (In Russ.).
4. Brücken A., Coburn M., Rex S., Rossaint R., Fries M. Current developments in xenon research. Importance for anesthesia and intensive care medicine. *Anaesthesist.* 2010;59(10):883–895. <https://doi.org/10.1007/s00101-010-1787-6>
5. Tassel C., Le Dare B., Morel I., Gicquel T. Xenon: from rare gas to doping product. *Presse Med.* 2016;45(4):422–430. <https://doi.org/10.1016/j.lpm.2016.01.025>
6. Bukhtiyarov I.V., Kalmanov A.S., Kislyakov U.U., Nikiforov D.A., Christov S.D., Shvetskiy F.M., Bubeyev U.A. Studying of xenon adaptability within training process for functional state correction of sportsmen. *Phys. Ther. Sports Med.* 2010;78:22–29
7. Maze M., Laitio T. Neuroprotective Properties of Xenon. *Mol. Neurobiol.* 2020;57(1):118–124. <https://doi.org/10.1007/s12035-019-01761-z>
8. Goetzenich A., Hatam N., Preuss S., Moza A., Bleilevens C., Roehl A. B., Autschbach R., Bernhagen J., Stoppe C. The role of hypoxia-inducible factor-1 α and vascular endothelial growth factor in late-phase preconditioning with xenon, isoflurane and levosimendan in rat cardiomyocytes. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2014;18(3):321–328. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivt450>
9. Stoppe C., Coburn M., Fahlenkamp A., Ney J., Kraemer S., Rossaint R., Goetzenich A. Elevated serum concentrations of erythropoietin after xenon anaesthesia in cardiac surgery: secondary analysis of a randomized controlled trial. *Br. J. Anaesth.* 2015;114:701–703. <https://doi.org/10.1093/bja/aev060>
10. Dias K.A., Lawley J.S., Gatterer H., Howden E.J., Sarma S., Cornwell 3rd W.K., et al. Effect of acute and chronic xenon inhalation on erythropoietin, hematological parameters, and athletic performance. *J. Appl. Physiol.* 2019;127(6):1503–1510. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00289.2019>
11. Bezuglov E., Morgans R., Khalikov R., Bertholz V., Emanov A., Talibov O., Astakhov E., Lazarev A., Shoshorina M. Effect of xenon and argon inhalation on erythropoiesis and steroidogenesis: A systematic review. *Heliyon.* 2023;9(5):e15837. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15837>
12. The 2023 List of prohibited substances and methods [internet]. Available at: <https://www.wada-ama.org/en/resources/world-anti-doping-program/prohibited-list> (accessed 19 July 2023).
13. Thevis M., Piper T., Geyer H., Thomas A., Schaefer M.S., Kienbaum P., Schänzer W. Measuring xenon in human plasma and blood by gas chromatography/mass spectrometry. *Rapid Commun. Mass Spectrom.* 2014;28(13):1501–1506. <https://doi.org/10.1002/rcm.6926>
14. Thevis M., Piper T., Geyer H., Schaefer M.S., Schneemann J., Kienbaum P., Schänzer W. Urine analysis concerning xenon for doping control purposes. *Rapid Commun. Mass Spectrom.* 2015;29(1):61–66. <https://doi.org/10.1002/rcm.7080>
15. Frampas C., Ney J., Coburn M., Augsburger M., Varlet V. Xenon detection in human blood: Analytical validation by accuracy profile and identification of critical storage parameters. *J. Forensic Leg. Med.* 2018;58:14–19. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2018.04.005>
16. Kwok W.H., Choi T.L.S., So P.-K., Yao Z.-P., Wan T.S.M. Simultaneous detection of xenon and krypton in equine plasma by gas chromatography-tandem mass spectrometry for doping control. *Drug Test. Anal.* 2017;9(2):317–322. <https://doi.org/10.1002/dta.1971>
17. Postnikov P.V., Ishutenko G.V., Polosin A.V., Potapov S.V., Zhovnerchuk E.V., Mochalova E.S. Study of a Possibility of the Direct Determination of Xenon in the Equilibrium Vapor Phase of Whole Blood and Plasma Samples by GC-MS/MS after Inhalation by Healthy Volunteers. *Journal of Analytical Chemistry.* 2022;77:1737–1743. <https://doi.org/10.1134/s1061934822140064>
18. Athlete biological passport (ABP) operating guidelines [internet]. Available at: <https://www.wada-ama.org/en/resources/world-anti-doping-program/athlete-biological-passport-abp-operating-guidelines> (accessed 19 July 2023).
19. Postnikov P.V., Efimova Yu.A., Pronina I.V. Circulating MicroRNAs as a New Class of Biomarkers of Physiological Reactions of the Organism to the Intake of Dietary Supplements and Drugs. *Microna.* 2022;11(1):25–35. <https://doi.org/10.2174/2211536611666220422123437>
20. Постников П.В., Пронина И.В. Преаналитические особенности определения циркулирующих микроРНК как новых специфических биомаркеров реакции организма на физическую нагрузку. *Спортивная медицина: наука и практика.* 2021;11(4):90–103. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.4.1>
21. Postnikov P.V., Pronina I.V. Preanalytical features of the determination of circulating microRNAs as new specific biomarkers of the body's response to physical activity. *Sports medicine: research and practice.* 2021;11(4):90–103 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.4.1>
22. Weber J.A., Baxter D.H., Zhang S., Huang D.Y., Huang K.H., Lee M.J., Galas D.J., Wang K. The microRNA spectrum in 12 body fluids. *Clin. Chem.* 2010;56(11):1733–1741. <https://doi.org/10.1373/clinchem.2010.147405>
23. Declaration of Helsinki of the World medical association [internet]. Available at: http://acto-russia.org/index.php?option=com_content&task=view&id=21 (accessed 19 July 2023).
24. International Standard for Laboratories [internet]. Available at: <https://www.wada-ama.org/en/resources/world-anti-doping-program/international-standard-laboratories-isl> (accessed 21 July 2023).
25. Postnikov P.V., Radus F.V., Efimova Yu.A., Pronina I.V. Determination of possible microRNA-markers of cobalt abuse by real-time qPCR using hypoxia signaling pathway panels. *Fine Chem. Tech.* 2023;18(1):65–74. <https://doi.org/10.32362/2410-6593-2023-18-1-65-74>
26. Ma D., Lim T., Xu J., Tang H., Wan Y., Zhao H., Hossain M., Maxwell P.H., Maze M. Xenon preconditioning protects against renal ischemic-reperfusion injury via HIF-1 α activation. *J. Am. Soc. Nephrol.* 2009;20(4):713–720 <https://doi.org/10.1681/ASN.2008070712>
27. Sessa F., Salerno M., Bertozzi G., Cipolloni L., Messina G., Aromatario M., Polo L., Turillazzi E., Pomara C. miRNAs as Novel Biomarkers of Chronic Kidney Injury in Anabolic-Androgenic Steroid Users: An Experimental Study. *Front. Pharmacol.* 2020;11:563756. <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.563756>

27. Patten I.S., Arany Z. PGC-1 coactivators in the cardiovascular system. *Trends Endocrinol. Metab.* 2012;23(2):90–97. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2011.09.007>
28. Krist B., Florczyk U., Pietraszek-Gremplewicz K., Józkowicz A., Dulak J. The Role of miR-378a in Metabolism, Angiogenesis, and Muscle Biology. *Int. J. Endocrinol.* 2015;2015:281756. <https://doi.org/10.1155/2015/281756>
29. Eichner L.J., Perry M.-C., Dufour C.R., Bertos N., Park M., St-Pierre J., Giguère V. miR-378(*) mediates metabolic shift in breast cancer cells via the PGC-1 β /ERR γ transcriptional pathway. *Cell Metab.* 2010;12(4):352–361. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2010.09.002>
30. Gagan J., Dey B.K., Layer R., Yan Z., Dutta A. MicroRNA-378 targets the myogenic repressor MyoR during myoblast differentiation. *J. Biol. Chem.* 2011;286(22):19431–19438. <https://doi.org/10.1074/jbc.M111.219006>
31. Davidsen P.K., Gallagher I.J., Hartman J.W., Tarnopolsky M.A., Dela F., Helge J.W., Timmons J.A., Phillips S.M. High responders to resistance exercise training demonstrate differential regulation of skeletal muscle microRNA expression. *J. Appl. Physiol.* (1985). 2011;110(2):309–317. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00901.2010>
32. Kim S.W., Kim H.W., Huang W., Okada M., Welge J.A., Wang Y., Ashraf M. Cardiac stem cells with electrical stimulation improve ischaemic heart function through regulation of connective tissue growth factor and miR-378. *Cardiovasc. Res.* 2013;100(2):241–251. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvt192>
33. Nagalingam R.S., Sundaresan N.R., Gupta M.P., Geenen D.L., Solaro R.J., Gupta M. A cardiac-enriched microRNA, miR-378, blocks cardiac hypertrophy by targeting Ras signaling. *J. Biol. Chem.* 2013;288(16):11216–11232. <https://doi.org/10.1074/jbc.M112.442384>
34. Jeon T.-I., Park J.W., Ahn J., Hwa Jung C., Ha T.Y. Fisetin protects against hepatosteatosis in mice by inhibiting miR-378. *Mol. Nutr. Food Res.* 2013;57(11):1931–1937. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201300071>
35. Chen L.-T., Xu S.-D., Xu H., Zhang J.-F., Ning J.-F., Wang S.-F. MicroRNA-378 is associated with non-small cell lung cancer brain metastasis by promoting cell migration, invasion and tumor angiogenesis. *Med. Oncol.* 2012;29(3):1673–1680. <https://doi.org/10.1007/s12032-011-0083-x>
36. Lee D.Y., Deng Z., Wang C.-H., Yang B.B. MicroRNA-378 promotes cell survival, tumor growth, and angiogenesis by targeting SuFu and Fus-1 expression. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 2007;104(51):20350–20355. <https://doi.org/10.1073/pnas.0706901104>
37. Loboda A., Jozkowicz A., Dulak J. HIF-1 versus HIF-2 is one more important than the other? *Vascul. Pharmacol.* 2012;56(5–6):245–251. <https://doi.org/10.1016/j.vph.2012.02.006>
38. Hua Z., Lv Q., Ye W., Amy Wong C.-K., Cai G., Gu D., et al. MiRNA-directed regulation of VEGF and other angiogenic factors under hypoxia. *PLoS One.* 2006;1(1):e116. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000116>
39. Jia X., Wang F., Han Y., Geng X., Li M., Shi Y., Lu L., Chen Y. miR-137 and miR-491 Negatively Regulate Dopamine Transporter Expression and Function in Neural Cells. *Neurosci Bull.* 2016;32(6):512–522. <https://doi.org/10.1007/s12264-016-0061-6>
40. Pramod A.B., Foster J., Carvelli L., Henry L.K. SLC6 transporters: structure, function, regulation, disease association and therapeutics. *Mol. Aspects Med.* 2013;34(2-3):197–219. <https://doi.org/10.1016/j.mam.2012.07.002>
41. Nikolaus S., Antke C., Hautzel H., Mueller H.W. Pharmacological treatment with L-DOPA may reduce striatal dopamine transporter binding in in vivo imaging studies. *Nuklearmedizin.* 2016;55(1):21–28. <https://doi.org/10.3413/Nukmed-0764-15-08>
42. Cheng M.H., Bahar I. Molecular mechanism of dopamine transport by human dopamine transporter. *Structure.* 2015;23(11):2171–2181 <https://doi.org/10.1016/j.str.2015.09.001>
43. Shen G., Li X., JIA Y.-F., Piazza G. A., Xi Y. Hypoxia-regulated microRNAs in human cancer. *Acta Pharmacologica Sinica.* 2013;34(3):336–341. <https://doi.org/10.1038/aps.2012.195>
44. Choudhry H., Mole D.R. Hypoxic regulation of the non-coding genome and NEAT1. *Briefings in Functional Genomics.* 2016;15(3):174–185. <https://doi.org/10.1093/bfpg/elv050>
45. Nallamshetty S., Chan S.Y., Loscalzo J. Hypoxia: A master regulator of microRNA biogenesis and activity. *Free Radic. Biol. Med.* 2013;64:20–30. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2013.05.022>
46. Tang W., Guo Z.-D., Chai W.-N., Du D.-L., Yang X.-M., Cao L., et al. Downregulation of miR-491-5p promotes neovascularization after traumatic brain injury. *Neural Regen. Res.* 2022;17(3):577–586. <https://doi.org/10.4103/1673-5374.314326>
47. Yang Y., Wang H., Yang S. Meta-Analysis of miRNA Expression and Diagnostic Value in Human Glioma. *Journal of Biological Regulators and Homeostatic Agents.* 2023;37(4):1783–1790. <https://doi.org/10.23812/j.biol.regul.homeost.agents.20233704.177>

Информация об авторах:

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 переулок, 10, стр. 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3424-0582> (+7 925 8438130); РИНЦ индекс SPIN-code 7251-9937 (drpavelpostnikov@gmail.com)

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> (ozg003@gmail.com)

Ханферьян Роман Авакович, д.м.н., профессор, Медицинский институт ФГАУ ВО «Российский университет дружбы народов», Россия, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1178-7534> (khanfer1949@gmail.com)

Ефимова Юлия Александровна, к.х.н., доцент кафедры аналитической химии им. И.П. Алимарина Института тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», Россия, 119571, Москва, Вернадского просп., 86. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3582-0012> (efimov_yulia@bk.ru)

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 переулок, 10, стр. 1; старший научный сотрудник лаборатории патогеномики и транскриптомики ФГБУ «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии», Россия, 125315, Москва, Балтийская ул., 8. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0423-7801>; Web of Science Research ID G-3951-2014; Scopus Author ID 8161867200 (zolly_sten@mail.ru).

Information about the authors:

Pavel V. Postnikov*, Ph.D. (Chemistry), Head of the Doping Control Department, National Anti-Doping Laboratory (Institute), Lomonosov Moscow State University (NADL MSU), Russia, 105005, Moscow, Elizavetinskii per., 10-1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3424-0582> (+7 925 8438130); RSCI Science Index SPIN-code 7251-9937 (drpavelpostnikov@gmail.com)

Zurab G. Ordzhonikidze, M.D., D.Sc. (Medicine), Honored Doctor of the Russian Federation, Chief freelance specialist in sports medicine, First Deputy Director of the State Autonomous Healthcare Institution «Moscow Centre for research and practice in medical rehabilitation, restorative and sports medicine of Moscow healthcare Department», Russia, 105120, Moscow, Zemlyanoy Val str., 53. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4623-0883> (ozg003@gmail.com)

Roman A. Khanferyan, M.D., D.Sc. (Medicine), professor, Medical Institute of People's Friendship University of Russia (RUDN), Russia, 117198, Moscow, Miklukho-Maklaya str., 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1178-7534> (khanfer1949@gmail.com)

Yuliya A. Efimova, Ph.D. (Chemistry), Assistant Professor, I.P. Alimarin Department of Analytical Chemistry, M.V. Lomonosov Institute of Fine Chemical Technologies, MIREA — Russian Technological University, Russia, 119571, Moscow, Vernadskogo prospect, 86. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3582-0012> (efimova_yulia@bk.ru)

Irina V. Pronina, Ph.D. (Biology), the main specialist of Doping control Department of the National anti-doping laboratory (Institute) of Moscow State University named after M.V. Lomonosov (NADL MSU), Russia, 105005, Moscow, Elizavetinskii per., 10-1; senior scientist of pathogenomic and transcriptomic Laboratory of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Institute of General Pathology and Pathophysiology", Russia, 125315, Moscow, Baltiyskaya str., 8. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0423-7801>; Web of Science Researcher ID G-3951-2014; Scopus Author ID 8161867200 (zolly_sten@mail.ru)

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author



Показатели эндокринной функции мышечной и жировой ткани у спортсменов, занимающихся единоборствами

А.В. Шестопапов^{1,2}, В.В. Давыдов^{1,2,*}, К.П. Меркель^{1,2}, Т.В. Григорьева^{2,3}, Д.С. Мартыканова⁴,
Н.Х. Давлетова^{4,5}, А.В. Лайков³, С.А. Румянцев^{1,2}

¹ ФГАУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия

² ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии» Минздрава России, Москва, Россия

³ ФГАУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Казань, Россия

⁴ ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», Казань, Россия

⁵ ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, Казань, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель: изучение уровня адипокинов, миокинов и факторов роста в крови у спортсменов, занимающихся ациклическими видами спорта — единоборствами.

Методы исследований: в работе проводилось обследование 15 спортсменов мужского пола в возрасте 15–19 лет, занимающихся единоборствами. В контрольную группу были включены 15 здоровых мужчин и подростков аналогичного возраста, не занимающихся спортом. В сыворотке крови обследуемых при помощи мультиплексного анализа проводилось определение лептина, адипонектина, резистина, апелина, ирисина, адипсина, миостатина, FGF21, остеокина и онкостатина

Результаты: получены данные о том, что многолетние регулярные занятия единоборствами сопровождаются снижением уровня лептина, резистина и онкостатина М в крови спортсменов и изменением корреляционных связей между содержанием миокинов, адипокинов и факторов роста по сравнению с их величиной у лиц контрольной группы.

Заключение: появление данных сдвигов связано с изменением состояния регуляторных систем, контролирующих продукцию и секрецию миокинов, адипокинов и факторов роста в жировой, мышечной, нервной и костной ткани. Возникающие изменения обеспечивают адаптацию организма спортсменов к физическим нагрузкам и направлены на повышение уровня энергетического обеспечения и снижение выраженности негативных эффектов окислительного стресса в мышечной ткани, а также предупреждение формирования в ней воспалительных процессов и развития патологии со стороны сердечно-сосудистой и нервной систем.

Ключевые слова: спортивные единоборства, миокины, адипокины, факторы роста, адаптация спортсменов

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Шестопапов А.В., Давыдов В.В., Меркель К.П., Григорьева Т.В., Мартыканова Д.С., Давлетова Н.Х., Лайков А.В., Румянцев С.А. Показатели эндокринной функции мышечной и жировой ткани у спортсменов, занимающихся единоборствами. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2023;13(4):65-75. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.4.10>

Поступила в редакцию: 9.02.2024

Принята к публикации: 17.04.2024

Online first: 12.05.2024

Опубликована: 21.05.2024

* Автор, ответственный за переписку

Indicators of endocrine function of muscle and fat tissue in athletes participating in martial arts

Alexander V. Shestopalov^{1,2}, Vadim V. Davydov^{1,2,*}, Konstantin P. Merkel^{1,2}, Tatiana V. Grigoryeva^{2,3}, Dilyara S. Martykanova⁴, Nailya Ch. Davletova^{4,5}, Alexander V. Laikov³, Sergey A. Roumiantsev^{1,2}

¹ Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

² National Medical Research Center of Endocrinology, Ministry of Public Health of Russia, Moscow, Russia

³ Institute of Fundamental Medicine and Biology, Kazan (Privolzhsky) Federal University, Kazan, Russia

⁴ Povolzhskiy State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, Russia

⁵ Kazan State Medical University, Kazan, Russia

ABSTRACT

Purpose of the study: the aim of that study was an investigation of the level of adipokines, myokines and growth factors in the blood of athletes involved in acyclic sports — martial arts.

Materials and methods: we have investigated 15 male athletes aged 15–19 years. The control group included 15 healthy men of the same age who did not engage in sports. In the blood serum of the all subjects, leptin, adiponectin, resistin, apelin, irisin, adipisin, myostatin, FGF21, osteocrin and oncostatin were determined using a multiplex analysis.

Results: studies have shown that long-term regular martial arts training is accompanied by a decrease in the level of leptin, resistin and oncostatin M in the blood of athletes and a change in correlations between the content of the studied myokines, adipokines and growth factors compared with their values in the control group.

Conclusions: regular long-term martial arts training is accompanied by a decrease in the level of leptin, resistin and oncostatin M in the blood of athletes. Their occurrence is associated with changes in the state of regulatory systems that control the production and secretion of myokines, adipokines and growth factors in adipose, muscle, nervous and bone tissue. The resulting shifts ensure adaptation of the athletes' bodies to physical activity.

Keywords: martial arts, myokines, adipokines, growth factors, adaptation of sportsmen

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

For citation: Shestopalov A.V., Davydov V.V., Merkel K.P., Grigoryeva T.V., Martykanova D.S., Davletova N.C., Laikov A.V., Roumiantsev S.A. Indicators of endocrine function of muscle and fat tissue in athletes participating in martial arts. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2023;13(4):65-75. (In Russ). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.4.10>

Received: 9 February 2024

Accepted: 17 April 2024

Online first: 12 May 2024

Published: 21 May 2024

*Corresponding author

1. Введение

Мышечная ткань проявляет эндокринную функцию, продуцируя в кровь широкий спектр биологически активных веществ — миокинов, к числу которых относятся ирисин, миостатин, FGF-21, ряд провоспалительных интерлейкинов и другие [1, 2]. Все они принимают участие в регуляции сократительной функции скелетных мышц, их адаптации к продолжительным физическим нагрузкам и поддержании их адекватного энергетического обеспечения [1, 3, 4]. Эффекты миокинов на метаболизм мышечной ткани дополняются действием биологически активных веществ, продуцируемых в других тканях организма, — адипокинов, факторов роста (IGF-1, VEGF, нейротрофины), а также целым рядом гормонов ([5, 6] и многие другие). В условиях интенсивных физических нагрузок их значение в повышении выносливости скелетной мускулатуры и увеличении

силы мышечного сокращения существенно возрастает. В связи с этим большой интерес представляет выяснение особенностей проявления гормональной функции мышечной, жировой, костной, нервной и других тканей у спортсменов, занимающихся силовыми видами спорта. Однако этот вопрос до настоящего времени остается плохо изученным.

В периодической литературе встречаются немногочисленные противоречивые сведения об изменении уровня отдельных миокинов, факторов роста и гормонов в крови у спортсменов, занимающихся циклическими (аэробными) и силовыми видами спорта во время тренировок [1, 2, 5, 6, 7–10]. Вместе с тем детальное изучение данной проблемы открывает широкие перспективы не только в возможности повышения спортивных достижений, но и в выяснении механизмов адаптации спортсменов к физическим нагрузкам, а также поиске

новых подходов к профилактике ожирения и сахарного диабета 2-го типа.

С учетом этого, целью данного исследования явилось изучение уровня адипокинов, миокинов и факторов роста в крови у спортсменов, занимающихся ациклическими видами спорта — единоборствами [11].

2. Материалы и методы

В исследовании приняли участие 15 лиц мужского пола в возрасте 15–19 лет, которые обучались в Поволжском государственном университете физической культуры, спорта и туризма (г. Казань), имеющие спортивную квалификацию кандидата в мастера спорта или мастера спорта. Все спортсмены регулярно в течение 9–12 лет занимались дзюдо, таэквондо и борьбой на поясах.

Все обследованные спортсмены не имели сопутствующей хронической патологии и не предъявляли жалоб на состояние здоровья в момент обследования. Величина ИМТ у спортсменов находилась на уровне нормальных значений этого показателя. Критериями исключения являлись продолжительные перерывы (более трех месяцев) в тренировочном процессе. В контрольную группу были включены 15 здоровых лиц мужского пола 15–19 лет, не занимающихся спортом, аналогичного возраста без сопутствующей хронической патологии, которые не предъявляли жалоб на состояние здоровья в момент обследования. Величины ИМТ у них соответствовали уровню нормы.

Возраст, масса тела и рост у участников обеих групп достоверно не различались ($p > 0,05$) (табл. 1).

Исследования компонентного состава тела (вес в килограммах, мышечная масса в килограммах и процентах, внутренний жир в килограммах и процентах, безжировая масса тела в килограммах, индекс массы тела) проводились с использованием метода биоэлектрического импеданса с помощью анализатора «Tanita MC980» (Япония) [12].

Забор крови осуществлялся в утренние часы натощак из локтевой вены при помощи мультиплексного иммуноферментного анализа на анализаторе Magpix (BioRad, США). Проводилось количественное определение лептина, адипонектина, резистина, апелина, ирисина, адипсина, миостатина, фактора роста фибробластов (fibroblast growth factor, FGF21), остеокина, онкостатина, фактора роста эндотелия сосудов (vascular endothelial growth factor, VEGF), фактора роста нервной ткани (nerve growth factor, NGF), нейротрофического фактора роста (brain-derived neurotrophic factor, BDNF), фракталкина и инсулина. Согласно рекомендациям фирмы-производителя анализ проводился с использованием наборов фирмы Milliplex: Human Cytokine/Chemokine Magnetic Bead Panel, Human Myokine Magnetic Bead Panel, Adipokine Magnetic Bead Panel 1 и Human Adipokine Magnetic Bead Panel 2.

Проведение научно-исследовательской работы было одобрено ЛНЭКФГБОУВО «РНИМУ им. Н. И. Пирогова»

МЗ РФ (протокол № 186 от 26.06.2019). Информированное согласие было получено от каждого участника исследования.

Размер выборки предварительно не рассчитывался, для статистического анализа использовалась статистическая программа R (версия 3.2, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria). Нормальность распределения полученных данных оценивалась с помощью теста Шапиро — Уилка. Ввиду отсутствия нормального распределения результаты были представлены в виде медианы [Q1; Q4]. Сравнение средних уровней в группах проводилось с помощью теста Манна — Уитни. Различия принимались за достоверные при $p < 0,05$. Для изучения характера взаимосвязей между исследованными показателями использовали корреляционный анализ с вычислением коэфффициента Спирмена.

3. Результаты

Масса жировой ткани в группе спортсменов имеет выраженную тенденцию к снижению, а мышечной массы — к повышению по сравнению с таковыми у участников контрольной группы, хотя при этом статистически достоверных различий между этими показателями выявлено не было ($p > 0,05$) (табл. 2).

Для оценки возможной роли миокинов, адипокинов и факторов роста в изменении компонентного состава тела у единоборцев был проведен корреляционный анализ их содержания в обеих группах участников исследования.

Таблица 1

Сведения о возрасте, массе тела и росте обследуемых контрольной группы и спортсменов

Table 1

Information on age, body weight and height in the control group and athletes

Показатель	Спортсмены	Контрольная группа	<i>p</i>
Рост (см)	172,7 [166; 179,3]	171,7 [167,6; 181,8]	0,62
Масса тела (кг)	63, 4 [59,2; 66,2]	61,1 [53,8; 75,6]	0,33
Возраст (лет)	18,5 [18,0;19,0]	17,9 [16,5; 19,0]	0,27

Таблица 2

Компонентный состав тела обследованных спортсменов

Table 2

Body composition of the examined athletes

Группа обследуемых	ИМТ (кг/м ²)	Масса жировой ткани (кг)	Масса мышечной ткани (кг)
Спортсмены	22,1 [20,3;3,0]	4,9 [3,9;7,6]	57,1 [55,0;60,8]
Контрольная группа	20,6 [19,7;21,4]	6,6 [5,3;10,5]	45,6 [41,5;63,7]

Было установлено, что уровни продуцируемых мышечной тканью миокинов — ирисина, миостатина и остеокина — коррелируют с уровнем адипокинов и факторов роста в крови у участников контрольной группы. Наибольшее число корреляций выявлено у ирисина: его уровень положительно коррелирует с адипсином ($r = 0,66, p = 0,013$) и отрицательно с VEGF ($r = -0,61, p = 0,025$) и апелином ($r = -0,667, p = 0,012$). При этом уровень антагониста ирисина миостатина имеет выраженную положительную связь с апелином ($r = 0,72, p = 0,006$) и отрицательную с резистином ($r = -0,64, p = 0,018$), который, в свою очередь, положительно взаимосвязан с NGF ($r = 0,63, p = 0,02$). Установлена также заметная корреляционная связь между содержанием в крови лептина и остеокина ($r = 0,7, p = 0,007$).

В группе спортсменов характер корреляционных связей между исследованными показателями отличался от таковых у участников контрольной группы. Так, содержание ирисина у них положительно коррелировало с фракталкином ($r = 0,52, p = 0,04$) и онкостатином ($r = 0,74, p = 0,001$). Аналогичные корреляционные взаимоотношения выявлялись с фракталкином ($r = 0,62, p = 0,01$) и онкостатином ($r = 0,66, p = 0,006$). Более того, уровень онкостатина ($r = 0,69, p = 0,003$) и остеокина ($r = 0,53, p = 0,036$) находится в прямой корреляционной связи с содержанием лептина в крови. В свою очередь, содержание остеокина в крови спортсменов имело заметную корреляцию с NGF ($r = 0,56, p = 0,03$). При этом, вероятно, в крови повышается доля NGF именно мышечного происхождения. Поэтому в основе модуляции состояния ангиогенеза у спортсменов ввиду прямой корреляции между уровнем NGF и VEGF ($r = 0,60, p = 0,01$) особое значение приобретает изменение эндокринной функции мышечной ткани.

Принимая во внимание результаты корреляционного анализа, было проведено изучение характера изменений в содержании миокинов, адипокинов и факторов роста в крови спортсменов, занимающихся единоборствами, по сравнению с их величиной у участников контрольной группы (табл. 3).

Из полученных результатов следует, что содержание адипонектина, апелина, адипсина, ирисина, миостатина, FGF 21, остеокина, VEGF, NGF, BDNF, фракталкина и инсулина в крови обследованных спортсменов не отличалось от таковых у участников контрольной группы. В то же время уровень резистина и онкостатина M у них снижался на 33 и 58% соответственно по сравнению величинами аналогичных показателей у участников контрольной группы, а концентрация лептина в крови спортсменов понижалась в семь раз по сравнению с таковой у обследуемых лиц из контрольной группы ($p < 0,0001$).

4. Обсуждение

Результаты проведенного исследования находятся в полном соответствии с существующими представлениями об изменении компонентного состава организма

у спортсменов, а также взаимосвязи мышечной массы с энергетическим обеспечением мышечного сокращения и аэробной и анаэробной производительностью скелетных мышц [13]. Более того, в литературе существуют указания на взаимосвязь между подобного рода изменением компонентного состава организма спортсменов и их физической работоспособностью (показателями силы, быстроты и гибкости), а косвенно также еще и со спортивными достижениями [13]. В основе этого может лежать изменение эндокринной функции жировой и мышечной ткани, проявлением которой служит модуляция корреляционных связей между миокинами, адипокинами и факторами роста в крови.

Анализ корреляционных связей между исследованными цитокинами в крови свидетельствует о том, что у лиц, не занимающихся спортом, в зависимости от их физической активности за счет изменения продукции миокинов осуществляется тонкая регуляция процессов, связанных с трансформацией мышечных волокон, ангиогенезом и адипогенезом. В основе этого может лежать особый характер взаимоотношения эндокринной функции мышечной и жировой ткани в регуляции обмена веществ в организме у лиц, не занимающихся спортом.

Установленная прямая корреляция между содержанием ирисина и адипсина в крови у обследуемых лиц контрольной группы легко объяснима. Оба этих белка вызывают бежевую трансдифференцировку белых преадипоцитов и активацию катаболических процессов в жировой ткани [3, 4, 14], выступая при этом в качестве синергистов. Помимо того, адипсин усиливает глюкозостимулируемую секрецию инсулина [15]. В связи с этим установленная корреляция может указывать на вовлечение инсулина в обеспечение анаболических эффектов ирисина в отношении мышечных волокон.

Вызывает интерес существование отрицательных корреляций уровня ирисина в крови с факторами, активирующими ангиогенез и релаксацию сосудов — VEGF и апелином, что также объясняется эффектом разных систем регуляции. Так, синтез сосудистых факторов VEGF и апелина индуцируется гипоксией [16], в то время как активация экспрессии ирисина наблюдается при аэробных физических тренировках [17].

В дополнение к указанным выше изменениям была выявлена обратная корреляционная связь между содержанием миостатина и резистина в крови участников контрольной группы. За счет этого в условиях низкой физической активности у них формируются предпосылки для ограничения анаболических процессов, торможения гликолитической трансформации белых мышц, а также снижения эффектов NGF на мышечную и нервную ткани.

Корреляционные связи между содержанием миокинов, адипокинов и факторов роста у обследованных лиц контрольной группы существенно отличаются от таковых у спортсменов-единоборцев, у которых возникают

Таблица 3

Содержание миокинов, адипокинов и факторов роста в крови спортсменов и обследуемых контрольной группы

Table 3

Content of myokines, adipokines and growth factors in the blood of athletes and subjects of the control group

Показатель	Контрольная группа n =15	Спортсмены n =15	P < 0,05 к контрольной группе
Адипонектин (мкг/мл)	48,4 [12; 985]	18,4 [2,9; 346]	
Резистин нг/мл	66,1 [51,8; 158,8]	41,0 [33,4; 105,8]	0,039
Лептин нг/мл	5,7 [35; 157]	0,8 [0,2; 1,3]	< 0,001
Апелин пг/л	35,9 [22,3; 82,1]	23,2 [16,5; 125,4]	
Адипсин (мкг/мл)	3,4 [2,0; 4,4]	3,1 [1,9; 6,1]	
Ирисин нг/мл	244 [209; 244]	293 [104; 323]	
Миостатин нг/мл	488 [387; 490]	488 [361; 488]	
FGF-21 нг/мл	7,7 [3,2; 9,4]	5,4 [1,1; 9,5]	
Онкостатин М пг/мл	20,0 [14,8; 26,2]	8,4 [6,3; 10,1]	0,014
Остеокрин нг/мл	63,4 [55,2; 77,1]	47,7 [38,2; 79,4]	
VEGF пг/мл	85,0 [43,8; 196,3]	57,8 [33,0; 99,9]	
NGF нг/мл	0,80 [0,53; 1,50]	0,46 [0,09; 0,97]	
BDNF нг/мл	8,5 [6,1; 8,9]	8,5 [7,1; 24,3]	
Фракталкин пг/мл	97,3 [55,0; 174,7]	194,7 [61,1; 376,7]	
Инсулин нг/мл	179,0 [98,9; 296,1]	187,6 [86,1; 432,2]	

многочисленные корреляции с ирисином, FGF-21, остеокрином и онкостатином. В то же время у них не выявляется корреляционных связей между различными исследованными миокинами, адипокинами и факторами роста с адипонектином, адипсином и апелином.

Характер обнаруженных корреляционных связей указывает на то, что в условиях физических тренировок у спортсменов формируются предпосылки для усиления ангиогенеза, повышения уровня кислородного обеспечения мышечного сокращения, проявления позитивных эффектов NGF на центральную нервную систему и остеокрина на мышечную и костную ткани.

Учитывая заметные корреляции между содержанием в крови FGF-21, миостатина ($r = 0,52$, $p = 0,04$) и резистина ($r = -0,54$, $p = 0,03$), в промежутках между тренировками у обследованных спортсменов возникают условия для повышения уровня FGF21 и снижения содержания резистина и в крови. Это может играть у них важную

роль в контроле за состоянием анаболических процессов в скелетных мышцах и соотношением в них белых и красных волокон.

Описанные выше изменения со стороны корреляционных взаимоотношений между исследованными показателями в крови, отражают появление глубокой перестройки регуляторных механизмов, контролирующей продукцию миокинов, адипокинов и факторов роста в мышечной, жировой, нервной и костной тканей у спортсменов, продолжительное время занимающихся единоборствами. По всей вероятности, формирование подобной перестройки может лежать в основе возникновения стойкой адаптации организма спортсменов к регулярным физическим тренировкам.

Изменение характера корреляционных связей между уровнем миокинов, адипокинов и факторов роста в крови спортсменов, в течение продолжительного времени занимающихся единоборствами, дополняется

понижением содержания лептина и резистина, а также онкостатина М в крови. Согласно существующим представлениям, все эти цитокины реализуют регуляторные эффекты в отношении обмена веществ через внутриклеточные сигнальные системы, сопряженные с соответствующими мембранными рецепторами [18].

Резкое снижение уровня лептина способствует возникновению характерных сдвигов со стороны метаболизма. Их проявлением могут служить повышение эффективности энергетического обеспечения клеток, характерное изменение пищевого поведения, направленное на повышение аппетита, а также ограничение воспалительных процессов в тканях [9, 18, 19]. В качестве мишеней лептина при этом выступают мышечная и жировая ткани, а также клетки печени, сердечно-сосудистая система и др. [5].

В мышечной ткани в процессе силовых тренировок подобные эффекты приобретают особое значение, так как физические упражнения способствуют развитию отрицательного энергетического баланса. Возникающее при этом резкое понижение уровня лептина обеспечивает нормализацию энергетического обеспечения мышечных волокон, увеличение активности лептинового рецептора, а также ограничение проявлений негативных эффектов окислительного стресса на скелетные мышцы и формирование в ней воспалительных изменений [5, 9].

Полученные данные о выраженном снижении лептина в крови спортсменов, занимающихся единоборствами, находятся в соответствии с данными целого ряда авторов. Так, в литературе встречаются сведения о том, что у хорошо тренированных спортсменов уровень этого адипокина существенно ниже, чем у людей, не занимающихся спортом [20]. Согласно результатам исследований de Assis G.G. и Murawska-Ciałowicz E., тренировки в течение 4–12 месяцев с частотой 3–4 раза в неделю и интенсивностью более 70% от аэробной емкости сопровождаются уменьшением базального уровня лептина в крови [9]. По мнению Sandoval D.A. и Davis S.N., уровень снижения данного адипокина зависит от интенсивности и продолжительности физической нагрузки [21]. При этом даже кратковременные физические упражнения сопровождаются уменьшением содержания лептина в крови [18].

Принимая во внимание вышеизложенные факты, следует все же учесть мнение Haluzik M. et al., согласно которому понижение уровня лептина в крови у ведущих спортсменов всего лишь указывает на уменьшение массы жировой ткани в организме и не отражает состояние тренированности и выносливости спортсменов [22]. Однако мнения многих других исследователей по данному вопросу противоположны. В целом ряде работ их авторы приходят к заключению о том, что уровень лептина в крови не зависит от массы жировой ткани, а определяется физическим состоянием организма [8, 17, 19]. Принимая во внимание указанные выше различия в мнениях исследователей по данному вопросу,

в проведенном исследовании была предпринята попытка оценки роли изменения массы жировой ткани в понижение уровня лептина в крови спортсменов-единоборцев. С этой целью было проведено сравнение величины индекса массы тела (ИМТ) у спортсменов и обследованных лиц контрольной группы.

Было установлено, что величина ИМТ у спортсменов и обследуемых контрольной группы достоверно не различается ($p > 0,3$) (табл. 2). Более того, изучение взаимоотношений между уровнем лептина, а также массой жировой ткани, мышечной ткани и основного обмена у спортсменов, занимающихся единоборствами, также не выявило между ними никаких корреляционных зависимостей.

На этом основании возможно сделать заключение о том, что понижение уровня лептина в крови обусловлено изменением физического состояния организма спортсменов. В его основе может лежать снижение продукции и секреции данного адипокина в условиях модуляции состояния гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы, а также активности симпатической нервной системы [23] и уровня инсулина [24] в условиях стресса, сопровождающего физические тренировки.

Оценивая другие возможные причины появления данного сдвига, было обращено внимание на то, что на фоне резкого снижения уровня лептина у спортсменов, занимающихся единоборствами, выявляется заметная корреляция между содержанием лептина и остеокина в крови ($r = 0,53$, $p = 0,03$). Причем аналогичная корреляционная связь между содержанием лептина и остеокина характерна и для обследуемых лиц контрольной группы ($r = 0,70$, $p = 0,007$). Однако, несмотря на это, содержание остеокина в крови у спортсменов достоверно не изменялось, а всего лишь имело тенденцию к понижению на 27% по сравнению с таковой у обследованных контрольной группы ($p > 0,05$) и поэтому не могло выступать в качестве дополнительного фактора снижения уровня лептина в крови спортсменов.

Одновременно с выраженным снижением уровня лептина в крови спортсменов, занимающихся единоборствами, происходит снижение более чем на 30% уровня другого адипокина — резистина, который активно продуцируется мононуклеарными клетками крови, макрофагами, кардиомиоцитами, клетками костного мозга и белыми адипоцитами, участвует в контроле за состоянием эндотелия и пролиферации гладкомышечных клеток сосудов и обладает выраженным провоспалительным действием [25, 26]. Более того, резистин считается независимым фактором риска возникновения сердечно-сосудистых заболеваний, играет важную роль в развитии атеросклероза и артериальной гипертензии [25, 26].

По данным литературы, у лиц с низкой физической активностью в крови регистрируется повышенный уровень резистина [27]. В то же время при увеличении физической активности его концентрация в крови снижается [28]. Более того, данные ряда авторов указывают

на то, что уровень резистина находится в обратной зависимости от интенсивности физической нагрузки [7, 29]. При низкой физической активности его содержание в крови не изменяется [7].

Приведенные выше данные литературы находятся в соответствии полученными в исследовании результатами о снижении содержания резистина в крови спортсменов-единоборцев. Однако причины возникновения этого сдвига не ясны.

Из результатов исследований А. Ф. Вербового и соавт. следует, что гиперрезистинемия ассоциируется с повышением уровня интерлейкина-6 (ИЛ-6) в крови [26], что находится в соответствии с выявленными в проведенном исследовании снижении содержания онкостатина М в крови спортсменов-единоборцев. Более того, между уровнем онкостатина М и лептином в крови у этих спортсменов была выявлена значимая положительная корреляция. Это находится в соответствии с полученными результатами о понижении содержания данных цитокинов у спортсменов-единоборцев.

Онкостатин М представляет собой плеiotропный цитокин, который принадлежит к группе интерлейкина-6 [6, 30–32] и подобно ИЛ-6 он связывается с рецептором gp130 [32] и проявляет провоспалительное действие [33, 34]. По данным E. Houben et al., он оказывает выраженный эффект на состояние центральной нервной и иммунной систем [35]. В литературе активно обсуждается его роль в ремоделировании мышцы сердца и формировании атеросклеротических поражений [6, 32]. С провоспалительными эффектами онкостатина М связывают развитие фиброза, сосудистой дисфункции и активации фибробластов [30, 33], локальную мышечную атрофию, саркопению, системную потерю массы костной ткани [34, 36].

Согласно имеющимся экспериментальным данным, экспрессия гена онкостатина М возрастает в мышечных волокнах сразу после выполнения аэробных физических упражнений и при этом происходит повышение его содержания в мышцах [6]. Однако сведений об изменении концентрации онкостатина М в крови спортсменов в доступной литературе не было обнаружено.

Учитывая характер полученных в проведенном исследовании результатов и современных представлений о роли лептина, резистина и онкостатина М, можно прийти к заключению о том, что понижение их концентрации у спортсменов имеет характер адаптивного сдвига со стороны цитокиновой системы организма. Он направлен на повышение эффективности энергетического обеспечения мышечной ткани, ограничение проявлений негативных эффектов окислительного стресса и предупреждение формирования в ней воспалительных изменений. Помимо этого, понижение уровня лептина, резистина и онкостатина М приводит к снижению риска поражения сердечно-сосудистой, центральной нервной и иммунной системы, а также предупреждает атеросклеротическое поражение сосудов, возникновение

саркопении и появление нарушений со стороны костной ткани. Все это указывает на то, что возникновение обнаруженных сдвигов отражает формирование адаптации организма к регулярным физическим нагрузкам у спортсменов-единоборцев и в целом их физическое состояние. Появление этих сдвигов не связано с изменением массы жировой и мышечной ткани у спортсменов. На это прямо указывают результаты корреляционного анализа взаимоотношений между массой жировой и мышечной ткани, а также интенсивностью основного обмена и содержанием лептина, резистина и онкостатина М в крови. В основе их возникновения, по всей вероятности, лежит модуляция функционирования регуляторных систем, контролирующих синтез и секрецию миокинов, адипокинов и факторов роста в жировой, мышечной, нервной и костной тканях.

При этом остаются неясными причины поддержания исходного уровня остальных исследованных адипокинов, миокинов и факторов роста в крови спортсменов, занимающихся единоборствами. Вызывает вопрос, насколько характерно снижение содержания лептина, резистина и онкостатина М в крови спортсменов, занимающихся именно единоборствами, в сравнении с другими видами спорта. Требуют изучения и причины возникновения обнаруженных сдвигов. Остается неясным, насколько они связаны с изменением нейроэндокринной регуляции, возникающей в условиях стресса, сопровождающего физические тренировки.

Выяснение всех этих вопросов открывает реальные перспективы в разработке новых подходов к повышению адаптации организма спортсменов к регулярным физическим нагрузкам, а значит и к росту спортивных достижений. Более того, их всестороннее изучение будет способствовать разработке новых подходов к профилактике целого спектра заболеваний ожирения, сахарного диабета 2-го типа, атеросклероза, сердечно-сосудистой патологии и др.) за счет создания новых комплексов лечебной физкультуры. В связи с этим изучение данных вопросов должно быть целью дальнейших исследований.

5. Заключение

Регулярные многолетние занятия единоборствами сопровождаются понижением уровня лептина, резистина и онкостатина М в крови спортсменов. Их возникновение связано с изменением функционирования регуляторных систем, контролирующих продукцию и секрецию миокинов, адипокинов и факторов роста в жировой, мышечной, нервной и костной ткани. Возникающие сдвиги обеспечивают адаптацию организма спортсменов к регулярным физическим нагрузкам. Они направлены на повышение уровня энергетического обеспечения мышечной ткани, ограничение проявлений негативных эффектов окислительного стресса, предупреждение формирования в ней воспалительных процессов, а также развитие патологии со стороны сердечно-сосудистой и центральной нервной систем.

Вклад авторов:

Шестопалов Александр Вячеславович — разработка концепции и дизайна исследования, редактирование текста;

Давыдов Вадим Вячеславович — анализ результатов и написание статьи;

Меркель Константин Павлович — статистическая обработка результатов и их анализ;

Григорьева Татьяна Владимировна — дизайн исследования и редактирование текста;

Мартыканова Диляра Сафовна — сбор и обработка материала;

Давлетова Наиля Ханифовна — сбор и обработка материала;

Лайков Александр Владимирович — сбор и обработка материала;

Румянцев Сергей Александрович — разработка концепции и дизайна исследования.

Authors' contributions:

Alexander V. Shestopalov — creation of the concept and design, text edition;

Vadim V. Davydov — analysis of results, text preparation;

Konstantin P. Merkel — statistic data processing;

Tatiana V. Grigoryeva — creation of the design, text edition;

Dilyara S. Martykanova — collection and processing of materials;

Nailya Ch. Davletova — collection and processing of materials;

Alexander V. Laikov — collection and processing of materials;

Sergey A. Roumiantsev — creation of concept and design.

Список литературы

1. Васюкова О.В., Касьянова Ю.В., Окорок П.Л., Безлепкина О.Б. Миокины и адипомиокины: медиаторы воспаления или уникальные молекулы таргетной терапии ожирения? Проблемы эндокринологии. 2021;67(4):36–45. <https://doi.org/10.14341/probl12779>
2. Орлов С.Н., Капилевич Л.В., Дьякова Е.Ю., Захарова А.Н., Кабачкова А.В., Калинин Ю.Г., Климанова Е.А. и др. Скелетные мышцы как эндокринный орган. Томск: Издательский Дом Томского государственного университета; 2018.
3. Liu S., Cui F., Ning K., Wang Z., Fu P., Wang D., Xu H. Role of irisin in physiology and pathology. *Front. Endocrinol. (Lausanne)*. 2022;13:962968. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.962968>
4. Shen S., Liao Q., Chen X., Peng C., Lin L. The role of irisin in metabolic flexibility: Beyond adipose tissue browning. *Drug Discov. Today*. 2022;27(8):2261–2267. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2022.03.019>
5. Pereira S., Cline D.L., Glavas M.M., Covey S.D., Kieffer T.J. Tissue-Specific Effects of Leptin on Glucose and Lipid Metabolism. *Endocr. Rev.* 2021;42(1):12–28. <https://doi.org/10.1210/endo/bnaa027>
6. Komori T., Morikawa Y. Essential roles of the cytokine oncostatin M in crosstalk between muscle fibers and immune cells in skeletal muscle after aerobic exercise. *J. Biol. Chem.* 2022;298(12):102686. <https://doi.org/10.1016/j.jbc.2022.102686>
7. Rava A., Pihlak A., Kums T., Purge P., Pääsuke M., Jürimäe J. Resistin concentration is inversely associated with objectively measured physical activity in healthy older women. *Aging Clin. Exp. Res.* 2020;32(3):475–481. <https://doi.org/10.1007/s40520-019-01222-6>
8. Ishigaki T., Koyama K., Tsujita J., Tanaka N., Hori S., Oku Y. Plasma leptin levels of elite endurance runners after heavy endurance training. *J. Physiol. Anthropol. Appl. Human Sci.* 2005;24(6):573–578. <https://doi.org/10.2114/jpa.24.573>
9. de Assis G.G., Murawska-Ciałowicz E. Exercise and Weight Management: The Role of Leptin — A Systematic Review and Update of Clinical Data from 2000–2022. *J. Clin. Med.* 2023;12(12):4490. <https://doi.org/10.3390/jcm12134490>
10. Sierra A.P.R., Martínez Galán B.S., de Sousa C.A.Z., de Menezes D.C., Branquinho J.L.O., Neves R.L., et al. Exercise Induced-Cytokines Response in Marathon Runners: Role of ACE I/D and BDKRB2 +9/-9 Polymorphisms. *Front. Physiol.* 2022;13:919544. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.919544>

References

1. Vasyukova O.V., Kasyanova Yu.V., Okorokov P.L., Bezlepkina O.B. Myokines and adipomyokines: inflammatory mediators or unique molecules of targeted therapy for obesity? *Problems of Endocrinology*. 2021;67(4):36–45. (In Russ.). <https://doi.org/10.14341/probl12779>
2. Orlov S.N., Kapilevich L.V., Dyakova E.Yu., Zakharova A.N., Kabachkova A.V., Kalinnikova Yu.G., et al. Skeletal muscles as an endocrine organ. Tomsk: Publishing House of Tomsk State University; 2018. (In Russ.).
3. Liu S., Cui F., Ning K., Wang Z., Fu P., Wang D., Xu H. Role of irisin in physiology and pathology. *Front. Endocrinol. (Lausanne)*. 2022;13:962968. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.962968>
4. Shen S., Liao Q., Chen X., Peng C., Lin L. The role of irisin in metabolic flexibility: Beyond adipose tissue browning. *Drug Discov. Today*. 2022;27(8):2261–2267. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2022.03.019>
5. Pereira S., Cline D.L., Glavas M.M., Covey S.D., Kieffer T.J. Tissue-Specific Effects of Leptin on Glucose and Lipid Metabolism. *Endocr. Rev.* 2021;42(1):12–28. <https://doi.org/10.1210/endo/bnaa027>
6. Komori T., Morikawa Y. Essential roles of the cytokine oncostatin M in crosstalk between muscle fibers and immune cells in skeletal muscle after aerobic exercise. *J. Biol. Chem.* 2022;298(12):102686. <https://doi.org/10.1016/j.jbc.2022.102686>
7. Rava A., Pihlak A., Kums T., Purge P., Pääsuke M., Jürimäe J. Resistin concentration is inversely associated with objectively measured physical activity in healthy older women. *Aging Clin. Exp. Res.* 2020;32(3):475–481. <https://doi.org/10.1007/s40520-019-01222-6>
8. Ishigaki T., Koyama K., Tsujita J., Tanaka N., Hori S., Oku Y. Plasma leptin levels of elite endurance runners after heavy endurance training. *J. Physiol. Anthropol. Appl. Human Sci.* 2005;24(6):573–578. <https://doi.org/10.2114/jpa.24.573>
9. de Assis G.G., Murawska-Ciałowicz E. Exercise and Weight Management: The Role of Leptin — A Systematic Review and Update of Clinical Data from 2000–2022. *J. Clin. Med.* 2023;12(12):4490. <https://doi.org/10.3390/jcm12134490>
10. Sierra A.P.R., Martínez Galán B.S., de Sousa C.A.Z., de Menezes D.C., Branquinho J.L.O., Neves R.L., et al. Exercise Induced-Cytokines Response in Marathon Runners: Role of ACE I/D and BDKRB2 +9/-9 Polymorphisms. *Front. Physiol.* 2022;13:919544. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.919544>

11. **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>
12. **Чаплыгина Е.В., Кучиева М.Б., Елизарова Е.С., Порутчикова Ю.А.** Применение импедансометрии в клинической практике. *Фундаментальные исследования*. 2014;4(1):190–193.
13. **Рылова Н.В.** Актуальные аспекты изучения состава тела спортсменов. *Казанский медицинский журнал*. 2014;95(1):108–111. <https://doi.org/10.17816/KMJ1468>
14. **Салухов В.В., Лопатин Я.Р., Минаков А.А.** Адипсин — подводя масштабные итоги. *Consilium Medicum*. 2022;24(5):317–323. <https://doi.org/10.26442/20751753.2022.5.201280>
15. **Шварц В.** Жировая ткань как эндокринный орган. *Проблемы Эндокринологии*. 2009;55(1):3843. <https://doi.org/10.14341/probl200955138-43>
16. **Eyries M., Siegfried G., Ciumas M., Montagne K., Agrapart M., Lebrin F., Soubrier F.** Hypoxia-induced apelin expression regulates endothelial cell proliferation and regenerative angiogenesis. *Circ. Res*. 2008;103(4):432–440. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.108.179333>
17. **Luo M., Luo S., Xue Y., Chang Q., Yang H., Dong W., Zhang T., Cao S.** Aerobic exercise inhibits renal EMT by promoting irisin expression in SHR. *iScience*. 2023;26(2):105990. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.105990>
18. **Grasso P.** Harnessing the Power of Leptin: The Biochemical Link Connecting Obesity, Diabetes, and Cognitive Decline. *Front. Aging Neurosci*. 2022;4:861350. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2022.861350>
19. **Martelli D., Brooks V.L.** Leptin Increases: Physiological Roles in the Control of Sympathetic Nerve Activity, Energy Balance, and the Hypothalamic-Pituitary-Thyroid Axis. *Int. J. Mol. Sci*. 2023;24(3):2684. <https://doi.org/10.3390/ijms24032684>
20. **Bouassida A., Chamari K., Zaouali M., Feki Y., Zbidi A., Tabka Z.** Review on leptin and adiponectin responses and adaptations to acute and chronic exercise. *Br. J. Sports Med*. 2010;44(9):620–630. <https://doi.org/10.1136/bjism.2008.046151>
21. **Sandoval D.A., Davis S.N.** Leptin: metabolic control and regulation. *J Diabetes Complications*. 2003;17(2):108–113. [https://doi.org/10.1016/s1056-8727\(02\)00167-8](https://doi.org/10.1016/s1056-8727(02)00167-8)
22. **Haluzik M., Haluziková D., Boudová L., Nedvídková J., Baracková M., Brandejsky P., Novotny V., Vilikus Z.** The relationship of serum leptin levels and parameters of endurance training status in top sportsmen. *Endocr. Res*. 1999;25(3-4):357–369. <https://doi.org/10.1080/07435809909066153>
23. **Roubos E.W., Dahmen M., Kozicz T., Xu L.** Leptin and the hypothalamo-pituitary-adrenal stress axis. *Gen. Comp. Endocrinol*. 2012;177(1):28–36. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2012.01.009>
24. **Белик Е.В., Груздева О.В., Паличева Е.И.** Инсулин и лептин: спорные и нерешенные вопросы их взаимодействия. *Атеросклероз*. 2019;15(1):49–57. <https://doi.org/10.15372/ATER20190107>
25. **Parkkila K., Kiviniemi A., Tulppo M., Perkiömäki J., Kesäniemi Y.A., Ukkola O.** Resistin is a risk factor for all-cause mortality in elderly Finnish population: A prospective study in the OPERA cohort. *PLoS One*. 2021;16(3):e0248015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248015>
26. **Вербовой А.Ф., Цанова И.А., Вербовая Н.И., Галкин Р.А.** Резистин — маркер сердечно-сосудистых заболеваний. *Ожирение и метаболизм*. 2017;14(4):5–9. <https://doi.org/10.14341/omet201745-9>
11. **Zholinsky A.V., Grishina Z.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. *Sports medicine: research and practice*. 2022;12(2):82–95. (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.7>
12. **Chaplygina E.V., Kuchieva M.B., Elizarova E.S., Porutchikova Yu.A.** Application of impedance measurements in clinical practice. *Basic research*. 2014;4(1):190–193. (In Russ.).
13. **Rylova N.V.** Actual aspects of studying athlete's body composition. *Kazan medical journal*. 2014;95(1):108–111. (In Russ.). <https://doi.org/10.17816/KMJ1468>
14. **Salukhov V.V., Lopatin Ya.R., Minakov A.A.** Adipsin — summing up large-scale results: A review. *Consilium Medicum*. 2022;24(5):317–323. (In Russ.). <https://doi.org/10.26442/20751753.2022.5.201280>
15. **Shvarts V.** Adipose tissue as an endocrine organ. *Problems of Endocrinology*. 2009;55(1):38–43. (In Russ.). <https://doi.org/10.14341/probl200955138-43>
16. **Eyries M., Siegfried G., Ciumas M., Montagne K., Agrapart M., Lebrin F., Soubrier F.** Hypoxia-induced apelin expression regulates endothelial cell proliferation and regenerative angiogenesis. *Circ. Res*. 2008;103(4):432–440. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.108.179333>
17. **Luo M., Luo S., Xue Y., Chang Q., Yang H., Dong W., Zhang T., Cao S.** Aerobic exercise inhibits renal EMT by promoting irisin expression in SHR. *iScience*. 2023;26(2):105990. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.105990>
18. **Grasso P.** Harnessing the Power of Leptin: The Biochemical Link Connecting Obesity, Diabetes, and Cognitive Decline. *Front. Aging Neurosci*. 2022;4:861350. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2022.861350>
19. **Martelli D., Brooks V.L.** Leptin Increases: Physiological Roles in the Control of Sympathetic Nerve Activity, Energy Balance, and the Hypothalamic-Pituitary-Thyroid Axis. *Int. J. Mol. Sci*. 2023;24(3):2684. <https://doi.org/10.3390/ijms24032684>
20. **Bouassida A., Chamari K., Zaouali M., Feki Y., Zbidi A., Tabka Z.** Review on leptin and adiponectin responses and adaptations to acute and chronic exercise. *Br. J. Sports Med*. 2010;44(9):620–630. <https://doi.org/10.1136/bjism.2008.046151>
21. **Sandoval D.A., Davis S.N.** Leptin: metabolic control and regulation. *J Diabetes Complications*. 2003;17(2):108–113. [https://doi.org/10.1016/s1056-8727\(02\)00167-8](https://doi.org/10.1016/s1056-8727(02)00167-8)
22. **Haluzik M., Haluziková D., Boudová L., Nedvídková J., Baracková M., Brandejsky P., Novotny V., Vilikus Z.** The relationship of serum leptin levels and parameters of endurance training status in top sportsmen. *Endocr. Res*. 1999;25(3-4):357–369. <https://doi.org/10.1080/07435809909066153>
23. **Roubos E.W., Dahmen M., Kozicz T., Xu L.** Leptin and the hypothalamo-pituitary-adrenal stress axis. *Gen. Comp. Endocrinol*. 2012;177(1):28–36. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2012.01.009>
24. **Belik E.V., Gruzdeva O.V., Palicheva E.I.** Insulin and leptin: disputable and unsolved questions of their interaction. *Atheroscler. Res*. 2019;15(1):49–57. (In Russ.). <https://doi.org/10.15372/ATER20190107>
25. **Parkkila K., Kiviniemi A., Tulppo M., Perkiömäki J., Kesäniemi Y.A., Ukkola O.** Resistin is a risk factor for all-cause mortality in elderly Finnish population: A prospective study in the OPERA cohort. *PLoS One*. 2021;16(3):e0248015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248015>
26. **Verbovov A.F., Tsanova I.A., Verbovaya N.I., Rudolf G.A.** Resistin — a marker of cardiovascular diseases. *Obesity and Metabolism*. 2017;14(4):5–9. (In Russ.). <https://doi.org/10.14341/omet201745-9>

27. **Humińska-Lisowska K., Mieszkowski J., Kochanowicz A., Bojarczuk A., Niespodziński B., Brzezińska P., et al.** Implications of Adipose Tissue Content for Changes in Serum Levels of Exercise-Induced Adipokines: A Quasi-Experimental Study. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2022;19(14):8782. <https://doi.org/10.3390/ijerph19148782>

28. **Cobbold C.** Type 2 diabetes mellitus risk and exercise: is resistin involved? *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 2019;59(2):290–297. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.18.08258-0>

29. **Marcelino-Rodríguez I., Almeida Gonzalez D., Alemán-Sánchez J.J., Brito Díaz B., Rodríguez Pérez M.D.C., Gannar F., et al.** Inverse association of resistin with physical activity in the general population. *PLoS One.* 2017;12(8):e0182493. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182493>

30. **Stawski L., Trojanowska M.** Oncostatin M and its role in fibrosis. *Connect Tissue Res.* 2019;60(1):40–49. <https://doi.org/10.1080/03008207.2018.1500558>

31. **van Krieken P.P., Roos J., Fischer-Posovszky P., Wueest S., Konrad D.** Oncostatin M promotes lipolysis in white adipocytes. *Adipocyte.* 2022;11(1):315–324. <https://doi.org/10.1080/21623945.2022.2075129>

32. **Kubin T., Gajawada P., Bramlage P., Hein S., Berge B., Cektinkaya A., et al.** The Role of Oncostatin M and Its Receptor Complexes in Cardiomyocyte Protection, Regeneration, and Failure. *Int. J. Mol. Sci.* 2022;23(3):1811. <https://doi.org/10.3390/ijms23031811>

33. **Sanchez-Infantes D., Stephens J.M.** Adipocyte Oncostatin Receptor Regulates Adipose Tissue Homeostasis and Inflammation. *Front. Immunol.* 2021;11:612013. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.612013>

34. **Miki Y., Morioka T., Shioi A., Fujimoto K., Sakura T., Uedono H., et al.** Oncostatin M induces C2C12 myotube atrophy by modulating muscle differentiation and degradation. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 2019;516(3):951–956. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2019.06.143>

35. **Houben E., Hellings N., Broux B.** Oncostatin M, an Underestimated Player in the Central Nervous System. *Front. Immunol.* 2019;10:1165. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.01165>

36. **Jengelly D.H.A., Wang M., Narasimhan A., Rupert J.E., Young A.R., Zhong X., et al.** Exogenous Oncostatin M induces Cardiac Dysfunction, Musculoskeletal Atrophy, and Fibrosis. *Cytokine.* 2022;159:155972. <https://doi.org/10.1016/j.cyto.2022.155972>

27. **Humińska-Lisowska K., Mieszkowski J., Kochanowicz A., Bojarczuk A., Niespodziński B., Brzezińska P., et al.** Implications of Adipose Tissue Content for Changes in Serum Levels of Exercise-Induced Adipokines: A Quasi-Experimental Study. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2022;19(14):8782. <https://doi.org/10.3390/ijerph19148782>

28. **Cobbold C.** Type 2 diabetes mellitus risk and exercise: is resistin involved? *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 2019;59(2):290–297. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.18.08258-0>

29. **Marcelino-Rodríguez I., Almeida Gonzalez D., Alemán-Sánchez J.J., Brito Díaz B., Rodríguez Pérez M.D.C., Gannar F., et al.** Inverse association of resistin with physical activity in the general population. *PLoS One.* 2017;12(8):e0182493. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182493>

30. **Stawski L., Trojanowska M.** Oncostatin M and its role in fibrosis. *Connect Tissue Res.* 2019;60(1):40–49. <https://doi.org/10.1080/03008207.2018.1500558>

31. **van Krieken P.P., Roos J., Fischer-Posovszky P., Wueest S., Konrad D.** Oncostatin M promotes lipolysis in white adipocytes. *Adipocyte.* 2022;11(1):315–324. <https://doi.org/10.1080/21623945.2022.2075129>

32. **Kubin T., Gajawada P., Bramlage P., Hein S., Berge B., Cektinkaya A., et al.** The Role of Oncostatin M and Its Receptor Complexes in Cardiomyocyte Protection, Regeneration, and Failure. *Int. J. Mol. Sci.* 2022;23(3):1811. <https://doi.org/10.3390/ijms23031811>

33. **Sanchez-Infantes D., Stephens J.M.** Adipocyte Oncostatin Receptor Regulates Adipose Tissue Homeostasis and Inflammation. *Front. Immunol.* 2021;11:612013. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.612013>

34. **Miki Y., Morioka T., Shioi A., Fujimoto K., Sakura T., Uedono H., et al.** Oncostatin M induces C2C12 myotube atrophy by modulating muscle differentiation and degradation. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 2019;516(3):951–956. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2019.06.143>

35. **Houben E., Hellings N., Broux B.** Oncostatin M, an Underestimated Player in the Central Nervous System. *Front. Immunol.* 2019;10:1165. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.01165>

36. **Jengelly D.H.A., Wang M., Narasimhan A., Rupert J.E., Young A.R., Zhong X., et al.** Exogenous Oncostatin M induces Cardiac Dysfunction, Musculoskeletal Atrophy, and Fibrosis. *Cytokine.* 2022;159:155972. <https://doi.org/10.1016/j.cyto.2022.155972>

Информация об авторах:

Шестопалов Александр Вячеславович, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой биохимии и молекулярной биологии Института фармаци и медицинской химии ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Россия, 117997, г. Москва, ул. Островитянова, 1; заведующий лабораторией биохимии сигнальных систем ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии» Минздрава России, Россия, 117292, Москва, ул. Дмитрия Ульянова, 11 (al-shest@yandex.ru)

Давыдов Вадим Вячеславович*, д.м.н., профессор, профессор кафедры биохимии и молекулярной биологии Института фармаци и медицинской химии ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Россия, 117997, г. Москва, ул. Островитянова, 1; ведущий научный сотрудник лаборатории биохимии сигнальных путей ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии» Минздрава России, Россия, 117292, Москва, ул. Дмитрия Ульянова, 11 (vaddavydov@mail.ru)

Меркель Константин Павлович, ассистент кафедры биохимии и молекулярной биологии Института фармаци и медицинской химии ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Россия, 117997, г. Москва, ул. Островитянова, 1; научный сотрудник лаборатории биохимии сигнальных путей ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии» Минздрава России, Россия, 117292, Москва, ул. Дмитрия Ульянова, 11 (neovison.vison@yandex.ru)

Григорьева Татьяна Владимировна, к.б.н., научный сотрудник ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии» Минздрава России, Россия, 117292, Москва, ул. Дмитрия Ульянова, 11; ведущий научный сотрудник НИЛ «Генетика микроорганизмов» Института фундаментальной медицины и биологии ФГАУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Россия, 420021, г. Казань, ул. Парижской Коммуны, 9 (tatabio@inbox.ru)

Мартыканова Диляра Сафовна, к.б.н., доцент, доцент кафедры адаптивной физической культуры и безопасности жизнедеятельности, старший научный сотрудник НИИ физической культуры и спорта ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», Россия, 420010, г. Казань, ул. Деревня Универсиады, 35 (dilmart@mail.ru)

Давлетова Наиля Ханифовна, к.м.н., доцент, доцент кафедры медико-биологических дисциплин ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», Россия, 420010, г. Казань, ул. Деревня Универсиады, 35; доцент кафедры общей гигиены ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, Россия, 420012, г. Казань, ул. Бутиловой, 49 (davletova0681@mail.ru)

Лайков Александр Владимирович, к.б.н., старший научный сотрудник НИЛ «Мультиомиксные технологии живых систем» Института фундаментальной медицины и биологии ФГАУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Россия, 420021, г. Казань, ул. Парижской Коммуны, 9 (alexander.laikov@yandex.ru)

Румянцев Сергей Александрович, член-корр. РАН, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой онкологии, гематологии и лучевой терапии педиатрического факультета ФГАУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Россия, 117997, г. Москва, ул. Островитянова, 1; зам. директора ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии» Минздрава России, Россия, 117292, Москва, ул. Дмитрия Ульянова, 11 (s_roumiantsev@mail.ru)

Information about the authors:

Alexander V. Shestopalov, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, Holder of the Department of biochemistry and molecular biology, Pirogov Russian National Research Medical University, Russia, 117997, Moscow, Ostrovityanova str., 1; Holder of the Laboratory of Biochemistry of Signal Pathways, National Medical Research Center of Endocrinology, Ministry of Public Health of Russia, Russia, 117292, Moscow, str. Dmitry Ulyanov, 11 (al-shest@yandex.ru).

Vadim V. Davydov*, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, Professor of the Department of biochemistry and molecular biology, Pirogov Russian National Research Medical University, Russia, 117997, Moscow, Ostrovityanova str., 1; Leading Researcher of the Laboratory of Biochemistry of Signal Pathways, National Medical Research Center of Endocrinology, Russia, 117292, Moscow, str. Dmitry Ulyanov, 11 (vaddavydov@mail.ru)

Konstantin P. Merkel, Assistant of the Department of biochemistry and molecular biology, Pirogov Russian National Research Medical University, Russia, 117997, Moscow, Ostrovityanova str., 1; Researcher of the Laboratory of Biochemistry of Signal Pathways, National Medical Research Center of Endocrinology, Russia, 117292, Moscow, str. Dmitry Ulyanov, 11 (neovison.vison@yandex.ru)

Tatiana V. Grigoryeva, Ph.D. (Biology), Leading Researcher, Laboratory of Biochemistry of Signal Pathways, National Medical Research Center of Endocrinology Russia, 117292, Moscow, str. Dmitry Ulyanov, 11; Leading Researcher of the Research Laboratory "Genetics of Microorganisms", Institute of Fundamental Medicine and Biology, Kazan (Privolzhskiy) Federal University, Russia, 420021, Kazan, str. Paris Commune, 18 (tatabio@inbox.ru)

Dilyara S. Martynanova, Ph.D. (Biology), Assistant Professor, Associate Professor of the Department of Adaptive Physical Culture and Life Safety, Senior Researcher at the Research Institute of Physical Culture and Sports, Povolzhskiy State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Russia, 420010, Kazan, str. Universiade Village, 35 (dilmart@mail.ru)

Nailya Ch. Davletova, M.D., Ph.D. (Medicine), Assistant Professor, Associate Professor of the Department of Medical and Biological Disciplines of the Povolzhskiy State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Russia, 420010, Kazan, str. Universiade Village, 35; Associate Professor of the Department of General Hygiene of the Kazan State Medical University, Russia, 420012, Kazan, str. Butlerova, 49 (davletova0681@mail.ru)

Alexander V. Laikov, Ph.D. (Biology), senior researcher of the Laboratory "Multiomix Technologies of Living Systems", Institute of Fundamental Medicine and Biology, Kazan (Privolzhskiy) Federal University, Russia, 420021, Kazan, str. Paris Commune, 18 (alexander.laikov@yandex.ru)

Sergey A. Roumiantsev, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, Corresponding member of the Russian Academy of Sciences; Holder of the Department of oncology, haematology and radiation therapy, Pirogov Russian National Research Medical University, Russia, 117997, Moscow, Ostrovityanova str., 1; Deputy Director of the National Medical Research Center of Endocrinology, Ministry of Public Health of Russia, Russia, 117292, Moscow, str. Dmitry Ulyanov, 11 (s_roumiantsev@mail.ru)

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.4.1>

УДК: 616-008.3/.5

Тип статьи: Обзор литературы / Articles Review



Патология сердечно-сосудистой системы у лиц, возвращающихся к занятиям спортом после COVID-19

А.С. Шарькин^{1,2,3}, В.А. Бадтиева^{1,2,4}, А.В. Жолинский², С.А. Парастаев^{2,3}, Д.М. Усманов^{1,2,*}

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

² ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», Москва, Россия

³ ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия

⁴ ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: обобщить опубликованные в нашей стране и за рубежом данные по диагностике кардиальных осложнений после COVID-19 и сопоставить с собственным опытом обследования таких спортсменов.

Материалы и методы: в качестве научной базы для достижения поставленной цели использовались открытые источники данных (ресурсы eLibrary, Scopus, PubMed и др.), проведен метаанализ 42 отечественных и зарубежных источников литературы по результатам постковидных изменений у спортсменов. Изучены также показатели 11 467 спортсменов в возрасте от 16 до 45 лет, выступающих за сборные команды Москвы и прошедших углубленное медицинское обследование на базе клиники спортивной медицины МНПЦ МРВСМ ДЗ г. Москвы.

Результаты: распространенность миокардита при легком течении COVID-19 у спортсменов не превышает 1%, а аритмий — 9%. Для их выявления в большинстве наблюдений достаточно классического сердечно-сосудистого скрининга. В случаях, требующих госпитализации, риски повышаются: для миокардита — до 7,2%, инфаркта миокарда — 4,7%, других кардиальных осложнений — до 3–14% и требуют расширенной диагностики. Для оптимального управления ресурсами в системе здравоохранения предложен рабочий алгоритм обследования спортсменов, возвращающихся к тренировкам после перенесенного COVID-19.

Заключение: при возвращении к занятиям спортом после COVID-19 у симптомных лиц в большинстве случаев достаточно стандартного сердечно-сосудистого скрининга. Однако для выявления возможной латентно протекающей патологии и оценки перспектив для спортсмена необходимы дополнительные обследования, включая нагрузочные тесты и МРТ.

Ключевые слова: спортсмены, постковидная патология, осложнения сердечно-сосудистой системы, допуск к тренировкам

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Шарькин А.С., Бадтиева В.А., Жолинский А.В., Парастаев С.А., Усманов Д.М. Патология сердечно-сосудистой системы у лиц, возвращающихся в спорт после COVID-19. // Спортивная медицина: наука и практика. 2023;13(4):76–90. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.4.1>

Поступила в редакцию: 09.08.2023

Принята к публикации: 10.11.2023

Online first: 26.01.2024

Опубликована: 21.05.2024

*Автор, ответственный за переписку

Pathology of the cardiovascular system in people returning to sports after COVID-19

Alexander S. Sharykin^{1,2,3}, Viktoria A. Badtieva^{1,2,4}, Andrey V. Zholinsky², Sergey A. Parastayev^{2,3},
Damir M. Usmanov^{1,2,*}

¹ Moscow Research and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine
of Moscow Health Care Department, Moscow, Russia

² Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical and Biological Agency,
Moscow, Russia

³ Pirogov Russian National Research Medical University of Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

⁴ Sechenov First Moscow State Medical University of Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

ABSTRACT

Aim: to summarize the data published in our country and abroad on the diagnosis of cardiac complications after COVID-19 and to compare it with our own experience of examining such athletes.

Materials and methods: open data sources such as eLibrary, Scopus, PubMed etc. were used as a scientific base to achieve the set goal, a meta-analysis of 42 domestic and foreign literature sources was carried out upon the results of post-COVID changes in athletes. Besides that, the indicators of 11467 athletes, aged from 16 to 45 years, were studied who have been playing for the Moscow national team and who passed in-depth medical examination on the basis of Sports Medicine Clinic in Moscow Scientific and Practical Center of Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine.

Results: the prevalence of myocarditis in mild COVID-19 in athletes does not exceed 1 %, arrhythmia does not exceed 9 %. Classical cardiovascular screening is sufficient for their detection in most cases. If hospitalization is necessary, the risks increase for myocarditis up to 7.2 %, for myocardial infarction up to 4.7 %, for other cardiac complications up to 3–14 % and require advanced diagnostics. For optimal resource management in the healthcare system, a working algorithm for examining athletes returning to trainings after a previous COVID-19 is proposed.

Conclusion: in most cases a classical cardiovascular screening is enough for symptomatic individuals returning to sports trainings after the COVID-19. However, additional examinations, including loading tests and MRT, are required to find out possible latent ongoing pathology as well to evaluate prospects for the athlete.

Keywords: athletes, post-COVID pathology, cardiovascular system complications, access to trainings

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

For citation: Sharykin A.S., Badtieva V.A., Zholinsky A.V., Parastayev S.A., Usmanov D.M. Pathology of the cardiovascular system in people returning to sports after COVID-19. // Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2023;13(4):76–90. (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.4.1>

Received: 09 August 2023

Accepted: 10 November 2023

Online first: 26 January 2024

Published: 21 May 2024

*Corresponding author

1. Введение

Несмотря на все достижения науки, вирусы постоянно угрожают человечеству крупными эпидемиями, которые приводят к повышенной смертности, потере трудоспособности, снижению толерантности к физическим нагрузкам и обострению хронических заболеваний. COVID-19 (новая коронавирусная инфекция, вызываемая коронавирусом SARS-CoV-2) является одной из последних и наиболее значимых инфекций, охватившей более 40 % человеческой популяции [1]. Эта инфекция может затрагивать практически любые системы организма, и прежде всего дыхательную и сердечно-сосудистую. При этом изменения в органах могут формироваться как в острый период заболевания, так

и в последующие месяцы, несмотря на наличие признаков клинического выздоровления.

Актуальность проблемы определяется высокой частотой данной инфекции среди спортсменов в период пандемии. По зарубежным данным, до 15–30 % из них имели положительный анализ на SARS-CoV-2 (вирус, вызывающий COVID-19) [2]. Среди спортсменов из числа членов сборных команд г. Москвы, возвращающихся в спорт после локдауна в 2020–2021 гг., 42,7 % из них (11 467 из 26 854 человек) перенесли эту инфекцию. При этом 88,9 % из переболевших не знали о своем заболевании, а в госпитализации нуждались только 37 (0,32 %) человек.

В настоящее время выделяют бессимптомное течение COVID-19, а также ее протекание в легкой, средней,

тяжелой и критически тяжелой формах [4]. Согласно имеющимся данным, наиболее часто среди спортсменов эта инфекция протекала или бессимптомно или в легкой форме — в 30,3 и 44,6 % случаев соответственно, у 27,8 % спортсменов отмечалась умеренная симптоматика и только 0,2 % из них нуждались в госпитализации [3].

Кроме этого, выделяют понятие постковидного синдрома — клинического состояния, возникающего после эпизода острой инфекции COVID-19, закончившейся клиническим выздоровлением и элиминацией вируса, но характеризующееся утомляемостью и одышкой, неспецифической неврологической симптоматикой, кожными васкулитами, иногда — психическими отклонениями и нарушениями функций отдельных органов, длительностью от трех до шести месяцев и которое нельзя объяснить альтернативным диагнозом. Постковидным синдромом могут страдать от 20 до 40 % пациентов с COVID-19 в анамнезе [5–7]. Разнообразие симптоматики COVID-19 объясняется последствиями цитотоксического воздействия вируса на разные клетки организма, поражениями иммунной и вегетативной нервной систем, эндокринной и метаболической дисфункцией.

Учитывая, что состояние сердечно-легочного континуума является определяющим для успешных занятий спортом, именно на него стали обращать внимание кардиологи и врачи, постоянно работающие со спортсменами. На примере COVID-19 оказалось возможным проследить реакцию организма хорошо тренированных спортсменов на возникновение подобных заболеваний, их течение, развитие возможных осложнений и сохранение спортивной формы.

В связи с этим представляется актуальным описание осложнений со стороны сердечно-сосудистой системы, развивающихся у спортсменов, перенесших COVID-19, а также особенностей состояния здоровья таких спортсменов по данным углубленных медицинских обследований (УМО), проведенных в крупном профильном медицинском учреждении.

2. Риск заражения других участников в спорте

Риск носительства вируса после выздоровления чрезвычайно низок, однако заражение возможно уже после периода самоизоляции или вследствие повторного заболевания. Большинство обследованных в рамках УМО спортсменов имели только анамнестические и/или биохимические свидетельства перенесенной ранее инфекции (ПЦР–, IgM–, IgG+). Тем не менее было выявлено 3167 (27,63 %) бессимптомных лиц с ПЦР+ и IgM+, которые рассматривались как имеющие текущее латентное течение COVID-19.

Выявление положительного случая SARS-CoV-2 должно сопровождаться стандартными ответными мерами, которые могут включать карантин всех спортсменов и исключение тесных контактов на требуемый период.

Как известно, вирус может сохраняться в воздухе до 3 часов и на различных поверхностях до 72 часов [8]. Учитывая это, социальное дистанцирование и использование защитных масок снижает риск передачи за счет уменьшения числа контактов, в то время как усиление гигиенических мер снижает риск развития заболевания, если контакт все же происходит. Необходимо учитывать и специфику видов спорта, так как некоторые из них не могут быть бесконтактными.

В группах спортсменов со средним и высоким риском трансмиссии инфекции (в первую очередь командные виды спорта, единоборства) следует убедиться в полном отсутствии инфицированных лиц. Возобновление занятий следует начинать с занятий в малых группах (до 10 человек) и бесконтактным образом. Отсутствие тесных контактов и деятельность на открытом воздухе снижают риск передачи COVID-19 по сравнению с осуществлением активности в помещении.

3. Осложнения и механизмы развития патологии сердечно-сосудистой системы при COVID-19

Одной из основных задач спортивной медицины является выявление и предупреждение жизнеопасных состояний, способных закончиться внезапной сердечной смертью (ВСС). В связи с этим наибольшее внимание уделяют патологии сердечно-сосудистой системы среди спортсменов и в меньшей степени — заболеваниям дыхательной системы.

В начале пандемии вызывала беспокойство значительная частота повреждений миокарда среди пациентов, госпитализированных с COVID-19, в связи с чем постоянно уточнялась и распространенность патологии сердечно-сосудистой системы среди спортсменов. В консенсусном сообщении 2022 года экспертами American College of Cardiology было показано, что основными причинами дисфункции сердца являются миокардит, острый коронарный синдром (инфаркт миокарда 1-го типа) или ишемия вследствие дисбаланса коронарного кровотока (инфаркт миокарда 2-го типа), стрессовая кардиомиопатия, острое легочное сердце в результате макро- или микролегочной эмболии, коморбидные повреждения миокарда из-за ранее существовавших субклинических болезней сердца [9].

Точный патогенез происходящих процессов до сих пор неизвестен. В качестве возможных механизмов обсуждаются дерегуляция иммунной системы, сосудистое повреждение, эндотелиопатия, гиперкоагуляция с тромбообразованием в микрососудах. Значительная роль отводится нарушению баланса ренин-ангиотензин-альдостероновой системы. Наиболее значимые изменения связаны с функционированием ангиотензинпревращающего фермента 2 (АПФ2), катализирующего образование ангиотензинов 1–9 и 1–7 из ангиотензина II. Ангиотензин 1–7 индуцирует регионарное и системное расширение сосудов, диурез и натрийурез, а ангиотензин 1–9 повышает биодоступность оксида

азота (NO) за счет стимулирования выброса брадикинина. Активация этих путей обеспечивает противовоспалительное и противоишемное действие, выполняя функцию защиты сердечно-сосудистой системы, почек и легких. SARS-CoV-2 подавляет АПФ 2, снижает синтез кардиопротективных пептидов и предрасполагает к повреждению сердца и сосудов [5, 10]. А возникшее увеличение активности ангиотензина II сопровождается развитием системной вазоконстрикции, воспаления, фиброза и ремоделирования сердца.

Важными механизмами повреждения являются прямая инвазия вируса в миокард, при которой спайк-белок вызывает цитопатический эффект, основанный на слиянии кардиомиоцитов, а также разрушение митохондрий [11, 12].

Очевидно, что при тяжелом течении COVID-19 присутствуют клинически выраженные симптомы, особенно дыхательные нарушения, на динамику которых в основном и будет обращено внимание врачей, в том числе после выздоровления. При легком течении заболевания диагностика оказывается более сложной, особенно когда первично возникают не респираторные (лихорадка, кашель и т.п.), а атипичные жалобы — на учащенное сердцебиение и стеснение в груди, что может затруднять своевременную диагностику COVID-19. Подобные ситуации опасны латентными последствиями инфекции. Как было показано, даже у спортсменов без кардиальных симптомов или госпитализации может развиваться субклиническое повреждение миокарда, точное время развития которого определить достаточно сложно [2, 13–15]. Таким образом, при решении вопроса о допуске к занятиям спортом необходимо исключить не только повреждения сердца, возникшие в остром периоде, но также изменения, выявленные уже после элиминации вируса в постковидном периоде.

4. Частная патология сердечно-сосудистой системы после перенесенного COVID-19

Миокардит

Это патологическое состояние рассматривается как наиболее важная проблема, связанная с COVID-19. Однако в отличие от госпитализированных больных, среди которых распространенность миокардита может достигать 40 %, у спортсменов в постковидном периоде он встречается гораздо реже — всего 0,6–3 % случаев [9].

Предполагается, что миокардит, способный вызвать сердечную дисфункцию, должен быть диффузным или многоочаговым со значительным количеством инфильтратов и выраженным повреждением миоцитов. В то же время в одном из исследований, в котором были суммированы результаты 277 вскрытий, отмечалось, что подобный миокардит не регистрируется с ожидаемой высокой частотой и до сих пор нет специфической воспроизводимой гистопатологии повреждения миокарда при его повреждении вирусом SARS-CoV-2 [16]. Описания незначительного

воспаления как «миокардита» в этих вскрытиях могут быть попыткой удовлетворить ожидание заболевания, а не представлять собой вирусный миокардит такой степени, которая может вызвать реальное повреждение сердца или смерть. В этом исследовании признаки классического миокардита были выявлены в 7,2 %, немиокардитные инфильтраты — в 12,6 %, очаговая ишемия — в 13,7 %, острый инфаркт миокарда — в 4,7 % случаев, а по крайней мере одно сердечно-сосудистое гистопатологическое отклонение (например, макро- или микроваскулярный тромб, воспаление или внутрипросветные мегакариоциты) было отмечено у 47,8 % [16]. Таким образом, фульминантный миокардит как причина смерти встречается редко, а наличие неспецифического воспаления и/или травмы сердца — достаточно частое явление.

Тем не менее следует иметь в виду такую опасность миокардита, как развитие фатальной аритмии вследствие повреждения проводящей системы сердца воспалительными инфильтратами. Подобные находки в обзорной работе Harris и соавт. составили 38 % из 97 случаев внезапной смерти, причиной которой был миокардит [17]. 58 (60 %) смертей наступили во время или сразу после окончания физической активности, в том числе 48 (83 %) из них — в соревновательном спорте. Наиболее часто погибшие спортсмены были футболистами (16 человек (33,3 %)) и баскетболистами (15 человек (31,2 %)).

Миокардит диагностируется чаще с помощью магнитно-резонансной томографии (МРТ), информативность которой превосходит другие виды аппаратной диагностики более чем в семь раз [18]. Однако и при использовании данной методики в разных исследованиях частота развития этого состояния колеблется в диапазоне от 0 до 15 %. К тому же отек миокарда, который относительно часто определяется у пациентов, выздоровевших после перенесенной тяжелой формы COVID-19, по-видимому, имеет ограниченные клинические последствия, особенно при отсутствии других симптомов, таких как систолическая дисфункция, повышение уровня сердечных биомаркеров или патологических изменений в электрокардиограмме. Отсутствие нормативных данных о сердце спортсменов, высокая стоимость и трудность с доступом к его выполнению делают логичными рекомендации по использованию МРТ в качестве метода диагностики второй, а не первой линии.

Перикардит

У пациентов после COVID-19 относительно часто отмечают небольшие перикардиальные выпоты, но выраженный перикардит с клинической симптоматикой встречается относительно редко. В наиболее крупном исследовании на эту тему среди 571 соревнующегося молодого спортсмена частота вовлечения перикарда в патологический процесс составила 3,2 %, и после временного ограничения нагрузок эти пациенты постепенно вернулись к занятиям спортом [15].

Аритмия

В постковидном периоде наблюдают различные аритмии — предсердные, желудочковые, брадиаритмии. Было выдвинуто предположение о множественных механизмах развития этих состояний, включая электролитные нарушения (гипомагниемия, гипокалиемия), системное воспаление и лекарственную токсичность. К возможным причинам возникновения повышенного риска ВСС относят наличие у вируса спайкового белка, который может напрямую нарушать резерв реполяризации кардиомиоцитов и внутриклеточный обмен кальция, а также вызывать повреждение проводящей системы воспалительными инфильтратами [17, 21]. Было обращено внимание на способность некоторых лекарств (например, противомаларийных) увеличивать продолжительность деполяризации и рефрактерный период волокон Пуркинье, что в конечном счете приводит к нарушению работы атриовентрикулярного узла и/или системы Гиса [19].

В последних публикациях на фоне очень низкой (0,9%) распространенности миокардита после бессимптомного или малосимптомного течения заболевания в спортивной популяции была выявлена относительно высокая (9%) частота преждевременных желудочковых сокращений [20]. Среди лиц, которым требуется госпитализация, встречаемость аритмий может быть еще выше (16,7%). Анализ частоты впервые возникшей патологии сердечно-сосудистой системы среди российских спортсменов, перенесших COVID-19 в легкой форме, продемонстрировал несколько более низкую частоту развития этих состояний. В 4,3% случаев это были желудочковая экстрасистолия (2,2%) и изменения зубца Т на ЭКГ (2,1%) при физической нагрузке.

Однако до настоящего времени риск развития потенциально летальных аритмий у спортсменов с поражением сердца после перенесенной новой коронавирусной инфекции практически неизвестен.

Коронарный атеросклероз

Среди пациентов с кальцинозом коронарных артерий, госпитализированных в связи с COVID-19, часто регистрируют повышенный уровень тропонина и снижение функции левого и/или правого желудочка. Это объясняют несоответствием между повышенной потребностью в кислороде во время тяжелой инфекции и нарушением снабжения миокарда («ишемия несоответствия»). Однако через шесть месяцев после выздоровления связь между указанными выше изменениями и миокардиальной дисфункцией обычно не выявляется [22].

В постковидном периоде вероятность повреждения миокарда значительно снижается. В исследованиях, сообщающих о сердечных аномалиях, верифицированных с использованием МРТ, средневзвешенное значение повышенных уровней тропонина составило 0,65% у спортсменов и 0% в контрольной группе, а при эхокардиографических исследованиях — 0,25 и 0% соответственно

[14]. Таким образом, диагностическое значение определения уровня тропонина в постковидном периоде сравнительно невелико.

Ортостатические расстройства

Прямая связь ортостатических проблем с COVID-19 не доказана, однако после нее отмечают учащение этих состояний. Возможно, они являются следствием поражения кардиоваскулярного сегмента симпатической нервной системы [9, 10, 23] и проявляются двумя основными синдромами: ортостатическими тахикардией и гипотонией.

Ортостатическая тахикардия — устойчивое увеличение ЧСС более чем на 30 ударов в минуту при переходе из положения лежа в вертикальное положение. Ее развитие может сочетаться с развитием целого ряда симптомов, в том числе головокружения, сердцебиения, тремора, дискомфорта в грудной клетке, одышки, слабости, нечеткости зрения и плохой переносимости физической нагрузки.

Ортостатическая гипотония — снижение систолического артериального давления более чем на 20 мм рт. ст. и диастолического артериального давления более чем на 10 мм рт. ст. после трех минут ортостаза. В основе ее развития находится снижение активности симпатической нервной системы и активация блуждающего нерва, что приводит к гипотензии, головокружениям и в конечном счете к синкопе.

Для диагностики этих состояний должны выполняться ортостатические пробы. Для исключения вторичного характера состояния важны тщательный сбор анамнеза, клинический и биохимический анализ крови, дополнительные методы исследования: ЭКГ и холтеровское мониторирование ЭКГ, эхокардиография, тест с физической нагрузкой.

5. Последствия вакцинации

Позитивная роль вакцинации в профилактике и снижении рисков тяжелого течения новой коронавирусной инфекции хорошо известна. В последнее время изучалась ее роль и в предотвращении развития постковидного синдрома. Как было показано Watanabe и соавт., вакцинация, проведенная до инфицирования, снижает риск «длительного» COVID-19 [24].

К сожалению, после использования мРНК-вакцин возможны изменения, подобные вирусному миокардиту (боли в груди, повышение тропонина, отек и фиброз миокарда по данным МРТ). В работе, обобщающей подобные осложнения к 15.03.2022 г. в Великобритании, Европе и США, сообщено о 13 573 случаях миокардита и перикардита [25]. Однако, учитывая большое количество вакцинированных лиц, средняя частота этих случаев была невелика — менее одного случая на 10 000 вакцинаций. Большинство осложнений встретилось среди лиц, получивших вторую дозу вакцины, и они развивались в течение трех дней после ее выполнения. После

других вакцин миокардит регистрировали в гораздо меньшей степени [26].

Считается, что обычно поствакцинальный миокардит протекает с отсутствием неблагоприятных исходов (летальность 0,22%), а признаки диффузного фиброза миокарда обнаруживают только в подгруппе пациентов, ранее перенесших COVID-19 [27]. Однако очаговый субэпикардиальный фиброз регистрируют как среди переболевших (21%), так и получивших вакцину (5%, $p = 0,04$). В то же время при анализе долгосрочных последствий признаков воспаления и дисфункции желудочков у этих лиц не выявлялось [28].

Потеря функциональных возможностей после перенесенного заболевания

Синусовая тахикардия. В здоровом сердце синусовая тахикардия обычно является адекватной компенсаторной реакцией на нагрузку и реже отражает вегетативную дисфункцию. В покое работа сердца спортсмена характеризуется относительной брадикардией, т.к. замедляется более значительно, чем у нетренированного человека. В связи с этим впервые возникшая стойкая тахикардия после COVID-19 требует полноценного кардиологического обследования.

Нарушенная толерантность к физическим нагрузкам. Сопутствующие тахикардии усталость и непе-

реносимость физической нагрузки могут иметь несколько причин, включая изменения в иммунной активности и метаболизме и особенно детренинг. Детренированность представляет собой итоговое состояние, связанное в значительной мере со снижением физической активности по сравнению с исходным уровнем и вероятным длительным постельным режимом (рисунок).

При нарушениях питания и водного режима может развиваться снижение объема плазмы и вторичная атрофия сердца со сдвигом кривой давление–объем в левом желудочке (ЛЖ) (из-за гиповолемии). Это приводит к уменьшению ударного объема при любой степени ортостатической нагрузки и в конечном счете к компенсаторной тахикардии. Подобные последствия были выявлены у 247 пациентов с COVID-19, которые были изолированы дома, а утомляемость и одышка через 6 месяцев были зарегистрированы у 30 и 15% из них соответственно [29].

Углубленные исследования свидетельствуют о снижении максимального потребления O_2 даже при легком варианте COVID-19 [30]. Наши результаты кардиопульмонального тестирования 569 спортсменов после локдауна 2020 г. также показали, что достигаемое пиковое потребление кислорода по сравнению с периодом до карантина достоверно уменьшилось на 2,1–4,9 мл/мин/кг (или на 6,8–13,9%) ($p < 0,001$). Основной причиной

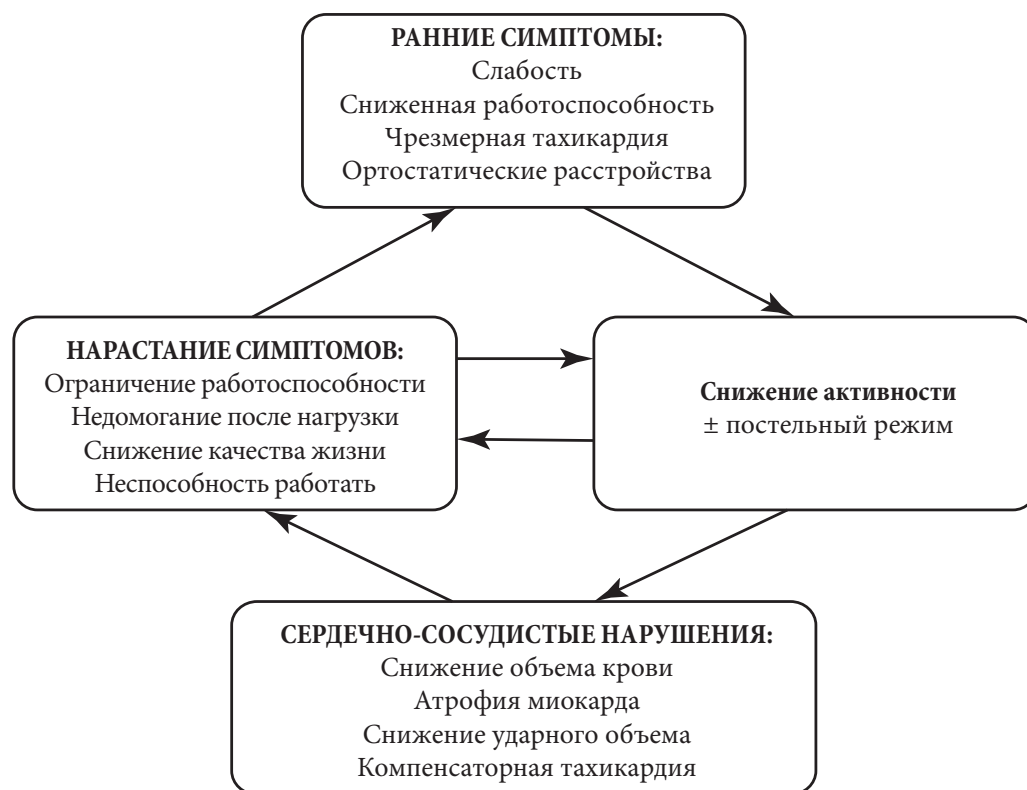


Рис. Потенциальные механизмы формирования детренированного состояния. Адаптировано из [9]
Fig. Potential mechanisms of formation of the deconditioning state. Adapted from [9]

Таблица

План обследования для выявления поражения сердечно-сосудистой и легочной системы у спортсменов, перенесших COVID-19

Table

Examination plan to detect damage to the cardiovascular and pulmonary systems in athletes who have had COVID-19

Этап	Факторы и компоненты, подлежащие выявлению и анализу	Особенности трактовки выявленных изменений	Примечания
Анамнез, жалобы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вероятность перенесенного или текущего COVID-19 (подтвержденного ПЦР или клинически обоснованного заболевания) и его тяжесть. 2. Проводилась ли вакцинация от COVID-19. Особое внимание к мРНК-вакцинам: BNT162b2 (Comirnaty, Pfizer/BioNTech); mRNA-1273 (Spikevax, Moderna). 3. Диагноз миокардита, пневмонии или аритмии в период заболевания и после него. 4. Наличие постнагрузочной усталости, одышки, кашля, болей в грудной клетке, чувство сердцебиения, эпизодов обмороков (при отсутствии ранее существовавшей у спортсмена кардиоваскулярной патологии). 5. Прием антикоагулянтов ранее и в настоящее время. 6. Наличие COVID-19 в семье в пределах одного месяца 	<p>При наличии в анамнезе COVID-19, мРНК-вакцинации, миокардита, пневмонии или аритмии показано проведение соответствующих исследований, исключающих заболевания в настоящее время</p>	<p>Риск кровотечения у спортсменов, получающих антагонисты витамина К или прямые ингибиторы тромбина или фактора Ха, увеличивается в видах спорта, в которых могут возникнуть столкновения, и спортсменов следует предупредить, чтобы они избегали этих видов спорта</p>
Физикальное обследование	<ol style="list-style-type: none"> 1. Объективный осмотр (в т. ч. осмотр зева), наличие лихорадки. 2. Аускультация сердца и легких. 3. Измерение ЧСС (высокая ЧСС в состоянии покоя) и оценка правильности ритма. 4. Измерение АД 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Признаков текущего респираторного заболевания нет. 2. Аускультативных признаков патологии сердца или легких нет. 3. ЧСС и АД находятся в допустимых границах 	<p>Спортсмен не опасен для окружающих. Патология ССС маловероятна. Дальнейшее обследование может быть ограничено типовым УМО</p>
ЭКГ	<p>Оцениваются следующие компоненты: наличие аритмии, экстрасистолы; инверсия зубца Т в двух и более грудных отведений; подъем сегмента ST без реципрокной депрессии сегмента ST и/или удлинения продолжительности комплекса QRS; удлинение интервала QTc</p>	<p>При наличии патологических компонентов ЭКГ их оценка проводится в соответствии с методическими рекомендациями ФМБА [31]</p>	
ЭхоКГ	<p>Оцениваются следующие компоненты: дилатация или гипертрофия желудочков, превышающая референсные значения для данной спортивной дисциплины [31]; аномалии движения стенок желудочков (гипокинезия, акинезия, дискинезия); аномальная деформации (конфигурация) желудочков; систололическая и диастолическая функция желудочков; выпот в полости перикарда</p>	<p>При наличии патологических компонентов эхоКГ их оценка проводится в соответствии с методическими рекомендациями ФМБА [31]</p>	<p>Нет подтверждений прямой корреляции между интенсивностью симптомов COVID-19 и фракцией выброса ЛЖ</p>

Таблица. Продолжение
Table. Continuation

Этап	Факторы и компоненты, подлежащие выявлению и анализу	Особенности трактовки выявленных изменений	Примечания
Нагрузочный тест	Оцениваются следующие компоненты: появление аритмии или усиление проявлений ранее регистрируемой аритмии, экстрасистолии; гипертоническая/гипотоническая реакция; снижение толерантности к нагрузке по сравнению с периодом до заболевания	При наличии указанных изменений показано проведение лечебных и реабилитационных мероприятий	Аритмии при нагрузочном тесте выявляются чаще, чем при обычном ХМ [20]
Лабораторные анализы	Тропонин (у лиц, имевших ранее его повышенный уровень или явную сердечную симптоматику, в т. ч. в острой фазе COVID-19), СРБ, общий анализ крови. При подозрении на текущую вирусную инфекцию — ПЦР тест на выявление SARS-CoV-2	Наличие признаков воспаления или текущей инфекции требует оценки вовлеченности миокарда	1. Ни в одном исследовании не сообщалось о четкой взаимосвязи между повышенным уровнем тропонина и сердечными аномалиями при визуализирующих исследованиях. 2. Нет прямой корреляции между интенсивностью симптомов COVID-19 и уровнями тропонина, натрийуретических пептидов или СРБ
Особенности допуска к занятиям спортом	При наличии остроого заболевания в легкой форме допуск к тренировкам не ранее чем через 7 дней после выздоровления. При вовлеченности миокарда — избегать серьезной физической нагрузки в течение 3–6 мес. Проводимая терапия: при сниженной ФВ — лечение сердечной недостаточности; при вовлеченности перикарда — нестероидные противовоспалительные препараты, колхицин; антиаритмическая терапия (бета-блокаторы, блокаторы кальциевых каналов); при повреждении легких — стероиды; физическая и психическая реабилитация. Повторная кардиологическая консультация, включая ЭКГ, эхоКГ, МРТ, через 3–6 месяцев (в зависимости от наличия симптомов). При отсутствии признаков кардита — нагрузочный тест, по результатам которого осуществляется допуск к тренировкам. <i>Примечание:</i> не опубликовано никаких исследований или предложений по конкретным фармакологическим методам лечения, нацеленным на повреждение сердца, связанное с COVID-19.		

может быть длительный период детренинга, а не структурные повреждения сердца.

6. Схемы обследования спортсменов при возвращении в спорт

В литературе обсуждаются различные варианты обследований для выявления поражения сердечно-сосудистой системы у пациентов, перенесших COVID-19, в зависимости от критериев оценки заболевания, доступных методов диагностики и других данных. В консенсусных рекомендациях опираются на три исследования: ЭКГ, эхоЭКГ, уровень тропонина в крови [9]. Однако, как упоминалось ранее, тропонин сам по себе является недостаточно чувствительным тестом, а остальные исследования для прогноза поражения сердца должны рассматриваться в сочетании с определенными симптомами. МРТ является более эффективным методом выявления поражения сердца, однако дорогим, и показания к нему должны базироваться на клинических и иных свидетельствах возможного повреждения миокарда.

Из большинства сообщений следует, что при легком течении COVID-19 и отсутствии явных осложнений может быть достаточно классического сердечно-сосудистого скрининга, что гарантирует оптимальное управление ресурсами в системе здравоохранения. Однако, учитывая возможные скрытые последствия заболевания, целесообразно опираться на определенные диагностические

схемы, позволяющие исключить латентно протекающую патологию. Анализ литературы и собственный опыт авторов позволяет нам опираться на следующий алгоритм обследования спортсменов, возвращающихся к тренировкам после перенесенного COVID-19 (таблица).

7. Заключение

Дискуссия о необходимости расширенного кардиореспираторного скрининга у спортсменов после инфицирования SARS-CoV-2 все еще остается открытой из-за стоимости и трудностей (практических и эмоциональных) в доступе к аппаратным видам исследований, особенно в регионах, где количество спортсменов, нуждающихся в этом, велико. Для выявления постковидной патологии у симптомных лиц в большинстве случаев может быть достаточно классического сердечно-сосудистого скрининга. Однако для оценки степени ее тяжести и возможных перспектив для спортсмена необходимы дополнительные обследования, алгоритм которых предлагается в настоящем сообщении.

Обнадеживающим для спортсменов является сравнительно невысокая частота серьезного поражения миокарда у них (около 4% в среднем по данным МРТ). Однако полученные к настоящему времени данные включают небольшой размер выборок и неоднородность данных, в связи с чем имеющиеся предварительные результаты должны быть подтверждены будущими расширенными исследованиями.

Вклад авторов:

Шарькин Александр Сергеевич — идея, сбор и анализ литературных данных, подготовка рукописи;

Бадтиева Виктория Асланбековна — организация исследования, подготовка рукописи;

Жолинский Андрей Владимирович — сбор и анализ литературных данных;

Парастаев Сергей Андреевич — сбор и анализ литературных данных, экспертная оценка;

Усманов Дамир Мунирович — анализ литературных данных, редактирование рукописи.

Author contributions:

Alexander S. Sharykin — idea, collection and analysis of literary data, preparation of the manuscript;

Victoria A. Badtieva — organization of research, preparation of the manuscript;

Andrey V. Zholinsky — collection and analysis of literary data;

Sergey A. Parastayev — collection and analysis of literary data, expert evaluation;

Damir M. Usmanov — analysis of literary data, editing of the manuscript.

Литература / References

1. COVID-19 Cumulative Infection Collaborators. Estimating global, regional, and national daily and cumulative infections with SARS-CoV-2 through Nov 14, 2021: a statistical analysis. *Lancet*. 2022;399(10344):2351–2380. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(22\)00484-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(22)00484-6)

2. **Udelson J.E., Rowin E.J., Maron B.J.** Return to Play for Athletes After COVID-19 Infection: The Fog Begins to Clear. *JAMA Cardiol*. 2021;6(9):997–999. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2021.2079>

3. **Romagnoli S., Sbröllini A., Marcantoni I., Morettini M., Burattini L.** Review on Cardiorespiratory Complications after SARS-CoV-2 Infection in Young Adult Healthy Athletes. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(9):5680. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095680>

4. COVID-19 Treatment Guidelines Panel. Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Treatment Guidelines. National Institutes of Health. Available at: <https://www.covid19treatmentguidelines.nih.gov/>.

5. **Elseidy S.A., Awad A.K., Vorla M., Fatima A., Elbadawy M.A., Mandal D., Mohamad T.** Cardiovascular complications in the Post-Acute COVID-19 syndrome (PACS). *Int. J. Cardiol. Heart Vasc*. 2022;40:101012. <https://doi.org/10.1016/j.ijcha.2022.101012>

6. **Fritsche L.G., Jin W., Admon A.J., Mukherjee B.** Characterizing and Predicting Post-Acute Sequelae of SARS CoV-2 Infection (PASC) in a Large Academic Medical Center in the US. *J. Clin. Med*. 2023;12(4):1328. <https://doi.org/10.3390/jcm12041328>

7. **O'Brien K.K., Brown D.A., McDuff K., St Clair-Sullivan N., Solomon P., Chan Carusone S., et al.** Conceptualising the episodic nature of disability among adults living with Long COVID: a qualitative study. *BMJ Glob. Health*. 2023;8(3):e011276. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2022-011276>

8. **Van Doremalen N., Bushmaker T., Morris D., Holbrook M.G., Gamble A., Williamson B.N., et al.** Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *N. Engl. J. Med.* 2020;382(16):1564–1567. <https://doi.org/10.1056/NEJMc2004973>
9. **Writing Committee; Gluckman T.J., Bhavne N.M., Allen L.A., Chung E.H., Spatz E.S., Ammirati E., et al.** 2022 ACC Expert Consensus Decision Pathway on Cardiovascular Sequelae of COVID-19 in Adults: Myocarditis and Other Myocardial Involvement, Post-Acute Sequelae of SARS-CoV-2 Infection, and Return to Play: A Report of the American College of Cardiology Solution Set Oversight Committee. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2022;79(17):1717–1756. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2022.02.003>
10. Методические рекомендации «Особенности течения Long-COVID-инфекции. Терапевтические и реабилитационные мероприятия». *Терапия.* 2022;1 (Приложение):1–147. [Guidelines “Peculiarities of the course of Long-COVID infection. Therapeutic and rehabilitation measures. *Therapy.* 2022;1 (Appendix):1–147. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.18565/therapy.2022.1suppl.1-147>
11. **Navaratnarajah C.K., Pease D.R., Halfmann P.J., Teye B., Barkhymer A., Howell K.G., et al.** Wanek Family Program for HLHS-Stem Cell Pipeline. Highly Efficient SARS-CoV-2 Infection of Human Cardiomyocytes: Spike Protein-Mediated Cell Fusion and Its Inhibition. *J. Virol.* 2021;95(24):e0136821. <https://doi.org/10.1128/JVI.01368-21>
12. **Chang X., Ismail N.I., Rahman A., Xu D., Chan R.W.Y., Ong S.G., Ong S.B.** Long COVID-19 and the Heart: Is Cardiac Mitochondria the Missing Link? *Antioxid Redox Signal.* 2023;38(7-9):599–618. <https://doi.org/10.1089/ars.2022.0126>
13. **Dores H., Cardim N.** Return to play after COVID-19: a sport cardiologist’s view. *Br. J. Sports Med.* 2020;54(19):1132–1133. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102482>
14. **van Hattum J.C., Spiess J.L., Verwijs S.M., Verwoert G.C., Planken R.N., Boekholdt S.M., et al.** Cardiac abnormalities in athletes after SARS-CoV-2 infection: a systematic review. *BMJ Open Sport Exerc. Med.* 2021;7(4):e001164. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2021-001164>
15. **Cavigli L., Cillis M., Mochi V., Frascaro F., Mochi N., Hajdarevic A., et al.** SARS-CoV-2 infection and return to play in junior competitive athletes: is systematic cardiac screening needed? *Br. J. Sports Med.* 2022;56(5):264–270. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2021-104764>
16. **Halushka M.K., Vander Heide R.S.** Myocarditis is rare in COVID-19 autopsies: cardiovascular findings across 277 postmortem examinations. *Cardiovasc. Pathol.* 2021;50:107300. <https://doi.org/10.1016/j.carpath.2020.107300>
17. **Harris K.M., Mackey-Bojack S., Bennett M., Nwaudu D., Duncanson E., Maron B.J.** Sudden Unexpected Death Due to Myocarditis in Young People, Including Athletes. *Am. J. Cardiol.* 2021;143:131–134. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2020.12.028>
18. **Daniels C.J., Rajpal S., Greenshields J.T., Rosenthal G.L., Chung E. H., Terrin M., et al.** Prevalence of clinical and subclinical myocarditis in competitive athletes with recent SARS-CoV-2 infection results from the big ten COVID-19 cardiac registry. *JAMA Cardiol.* 2021;6(9):1078–1087. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2021.2065>
19. **Kochi A.N., Tagliari A.P., Forleo G.B., Fassini G.M., Tondo C.** Cardiac and arrhythmic complications in patients with COVID-19. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2020;31(5):1003–1008. <https://doi.org/10.1111/jce.14479>
20. **Maestrini V., Penza M., Filomena D., Birtolo L.I., Monosilio S., Lemme E., et al.** Low prevalence of cardiac abnormalities in competitive athletes at return-to-play after COVID-19. *J. Sci. Med. Sport.* 2023;26(1):8–13. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2022.10.015>
21. **Clemens D.J., Ye D., Zhou W., Kim C.S.J., Pease D.R., Navaratnarajah C.K., et al.** SARS-CoV-2 spike protein-mediated cardiomyocyte fusion may contribute to increased arrhythmic risk in COVID-19. *PLoS One.* 2023;18(3):e0282151. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0282151>
22. **Groen R.A., de Graaf M.A., Stöger J.L., van Dijkman P.R.M., Jukema J.W., Schalij M.J., Geelhoed J.J.M., Antoni M.L.** Coronary calcium score in COVID-19 survivors: Association with cardiac injury and cardiac function after 6 weeks. *Am. Heart J. Plus.* 2023;27:100280. <https://doi.org/10.1016/j.ahjo.2023.100280>
23. **Воробьев П.А., ред.** Рекомендации по ведению больных с коронавирусной инфекцией COVID-19 в острой фазе и при постковидном синдроме в амбулаторных условиях. [Vorobiev P.A., ed. Recommendations for the management of patients with coronavirus infection COVID-19 in the acute phase and with post-COVID syndrome on an outpatient basis. (in Russ.) Available at: https://guidelines.mgnot.ru/v2_2021 (accessed 04 January 2023)]
24. **Watanabe A., Iwagami M., Yasuhara J., Takagi H., Kuno T.** Protective effect of COVID-19 vaccination against long COVID syndrome: A systematic review and meta-analysis. *Vaccine.* 2023;41(11):1783–1790. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2023.02.008>
25. **Lane S., Yeomans A., Shakir S.** Reports of myocarditis and pericarditis following mRNA COVID-19 vaccination: a systematic review of spontaneously reported data from the UK, Europe and the USA and of the scientific literature. *BMJ Open.* 2022;12(5):e059223. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-059223>; Erratum: *BMJ Open.* 2022;12(7):e059223corr1
26. **Patone M., Mei X.W., Handunnetthi L., Dixon S., Zaccardi F., Shankar-Hari M., et al.** Risks of myocarditis, pericarditis, and cardiac arrhythmias associated with COVID-19 vaccination or SARS-CoV-2 infection. *Nat. Med.* 2022;28(2):410–422. <https://doi.org/10.1038/s41591-021-01630-0>
27. **Gröschel J., Bhoyroo Y., Blaszczyk E., Trauzeddel R.F., Viezzer D., Saad H., Fenski M., Schulz-Menger J.** Different Impacts on the Heart After COVID-19 Infection and Vaccination: Insights From Cardiovascular Magnetic Resonance. *Front. Cardiovasc. Med.* 2022;9:916922. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.916922>
28. **Mustafa Alhussein M., Rabbani M., Sarak B., Dykstra S., Labib D., Flewitt J., et al.** Natural History of Myocardial Injury After COVID-19 Vaccine-Associated Myocarditis. *Can. J. Cardiol.* 2022;38(11):1676–1683. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2022.07.017>
29. **Blomberg B., Mohn K.G., Brokstad K.A., Zhou F., Linchausen D.W., Hansen B.A., et al.; Bergen COVID-19 Research Group; Cox R.J., Langeland N.** Long COVID in a prospective cohort of home-isolated patients. *Nat. Med.* 2021;27(9):1607–1613. <https://doi.org/10.1038/s41591-021-01433-3>
30. **Śliż D., Wiecha S., Ulaszewska K., Gąsior J.S., Lewandowski M., Kasiak P.S., Mamcarz A.** COVID-19 and athletes: Endurance sport and activity resilience study-CAESAR study. *Front. Physiol.* 2022;13:1078763. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.1078763>
31. **Поляев Б.А., Шляхто Е.В., ред.** Пособие по критериям допуска совершеннолетних лиц к занятиям спортом в соответствии с видом спорта, полом и возрастом при заболеваниях, патологических состояниях и отклонениях со стороны сердечно-сосудистой системы. Москва; Рязань: ГУП РО «Рязанская областная типография»; 2022. **Polyaev B.A., Shlyakhto E.V., eds.** A manual on the criteria for admission of adults to sports in accordance with the type of sport, gender and age for diseases, pathological conditions and deviations from the cardiovascular system. Moscow; Ryazan: GUP RO “Ryazan Regional Printing House”; 2022. (In Russ.)

Информация об авторах:

Шарыкин Александр Сергеевич, д.м.н., профессор кафедры госпитальной педиатрии, ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Россия, 117997, г. Москва, ул. Островитянова, 1; врач-кардиолог, ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения г. Москвы», Россия, 105120, г. Москва, улица Земляной вал, 53, стр 1; ведущий научный сотрудник, ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», Россия, 121059, г. Москва, ул. Б. Дорогомиловская, 5. <https://orcid.org/0000-0002-5378-7316> (sharykin1947@mail.ru)

Бадтиева Виктория Асланбековна, д.м.н., член-корреспондент РАН, заведующая филиалом №1, ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения г. Москвы», Россия, 105120, г. Москва, улица Земляной вал, 53, стр 1; профессор кафедры восстановительной медицины, реабилитации и курортологии, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119991, г. Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2.; ведущий научный сотрудник, ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», Россия, 121059, г. Москва, ул. Большая Дорогомиловская, 5. <https://orcid.org/0000-0003-4291-679X> (vbadtieva@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. <https://orcid.org/0000-0002-0267-9761> (zholinskiiAV@sportfmba.ru)

Парастаев Сергей Андреевич, д.м.н., 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. Большая Дорогомиловская, 5. <https://orcid.org/0000-0002-2281-9936> (ParastaevSA@sportfmba.ru)

Усманов Дамир Мунирович*, врач по спортивной медицине отдела медицинского обеспечения спортивных сборных команд и соревнований «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства» Россия, 121059, Москва, ул. Большая Дорогомиловская ул., 5; аспирант ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения г. Москвы», г. Москва, ул. Земляной Вал, 53. <https://orcid.org/0000-0003-1129-8271> (damirmed@mail.ru).

Information about the authors:

Alexander S. Sharykin, Dr. Sci. (Medicine), Professor of the Department of Hospital Pediatrics, Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Russia, 117997, Moscow, Ostrovityanova str., 1; cardiologist, Moscow Research and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department; Russia, 105120, Moscow, Zemlyanoy Val str., 53, building 1; Leading Researcher, Federal Research and Clinical Center for Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical and Biological Agency, Russia, 121059, Moscow, Bolshaya Dorogomilovskaya str., 5. <https://orcid.org/0000-0002-5378-7316> (sharykin1947@mail.ru)

Victoria A. Badtieva, Dr. Sci. (Medicine), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of Branch No. 1, Moscow Research and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department, Russia, 105120, Moscow, Zemlyanoy Val str., 53, building 1; Professor of the Department of Restorative Medicine, Rehabilitation and Balneology, Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Russia, 119991, Moscow, ул. Trubetskaya str., 8, building 2; Leading Researcher Federal Research and Clinical Center for Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical and Biological Agency, Russia, 121059, Moscow, Bolshaya Dorogomilovskaya str., 5. <https://orcid.org/0000-0003-4291-679X> (vbadtieva@gmail.com)

Andrey V. Zholinskiy, Cand. Sci. (Medicine), Director of Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency, Russia, 121059, Moscow, Bolshaya Dorogomilovskaya str., 5. <https://orcid.org/0000-0002-0267-9761> (fnkcsm@sportfmba.ru)

Sergey A. Parastaev, Dr. Sci. (Medicine), Professor of the Department of Rehabilitation, Sports Medicine and Physical Culture of the Pirogov Russian National Research Medical University, Russia, 117997, Moscow, Ostrovityanova str., 1; Deputy Director for Research of the Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency, Russia, 121059, Moscow, Bolshaya Dorogomilovskaya str., 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2281-9936> (ParastaevSA@sportfmba.ru)

Damir M. Usmanov*, sports medicine doctor of the Department of Medical Support for sports teams and competitions, Federal Research and Clinical Center for Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical and Biological Agency, Russia, 121059, Moscow, Bolshaya Dorogomilovskaya str., 5; postgraduate student, Moscow Research and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department, Russia, 105120, Moscow, Zemlyanoy Val str., 53, building 1. <https://orcid.org/0000-0003-1129-8271> (damirmed@mail.ru)

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author