ISSN 2223-2524 (Print)
ISSN 2587-9014 (Online)
https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.2



Спортивная Медицина:

наука и практика



Т. 16 № 2

2026

Sports Medicine:

research and practice

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. Бехтеревой 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)

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

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

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 Rehabilita-tion 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

Спортивная Медицина:
наука и практика
Sportivnaya meditsina: nauka i praktika

Т. 16 №2 (59) 2026
ISSN: 2223-2524
e-ISSN: 2587-9014
https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.2

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:

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

Типография:

ООО «Издательство "Триада"»
170034, Россия, Тверь, пр-т Чайковского, 9, оф. 514

Сайт:

smjournal.ru
neicon.ru

Подписано в печать 13.11.2026
Формат 60×90/8
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, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

Физиология и биохимия спорта

Д.Р. Хусаинов, А.В. Матвеев, А.И. Труханов, Н.П. Мишин, А.В. Чайка, Е.И. Нагаева, Е.А. Бирюкова
Молекулярный водород как средство повышения работоспособности футболистов 5

Спортивная травматология

Е.Н. Гончаров, О.А. Коваль, А.А. Ветошкин, Л.А. Мохирев, К.И. Захаров, А.В. Михайлов, М.П. Семенова, Д.М. Алексеев, В.Г. Голубев
Функциональное состояние стопы и голеностопного сустава у футболистов после реконструкции передней крестообразной связки с использованием аутотрансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы голени 16

М.В. Санькова, В.Н. Николенко, Л.А. Гридин, Е.Е. Ачкасов
Дифференцированный подход в диагностике предрасположенности к спортивным травмам опорно-двигательного аппарата 28

Заболевания спортсменов

О.Г. Мелихов, И.Т. Выходец
Анализ травматизма на соревнованиях по подводному спорту (апноэ) в период с 2021 по 2025 год 38

Ф.В. Тахавиева, А.В. Борисова
Дисфункция тазового дна у спортсменок: распространенность, патогенез и методы коррекции. 48

Детский и юношеский спорт

М. Ридван, Д.Л. Джуниариска, Д.Д. Кусвойо, Ш. Кубаева, А.З. Ризки
Аэробные упражнения улучшают фундаментальные двигательные навыки у детей: систематический обзор 58

Спортивное питание

Ю.В. Кузнецова, М.Н. Насрулаев, В.В. Булгакова, Е.Л. Абрамян, Е.С. Капралова, Е.А. Рудякова, К.С. Кивгазов, Т.М. Вахидов
Использование полоскания ротовой полости углеводсодержащим раствором в качестве эргогенного средства у юных спортсменов 69

Спортивная психология

А.В. Бердникова, В.Н. Новиков
Применение биологической обратной связи по параметрам электроэнцефалографии (ЭЭГ-БОС) в спорте 77

Функциональная диагностика

С.А. Базанович, В.А. Бадтиева, А.В. Сливин, А.С. Шарыкин
Различия в адаптации сердца к регулярным физическим нагрузкам в рамках одного вида спорта в зависимости от дисциплины: одноцентровое поперечное исследование 87

Биомедицинские технологии

Е.А. Котикова-Шуголь, Л.А. Новикова, М.Н. Петров, С.С. Симаков
Контроль техники выполнения элементов в эстетической гимнастике с использованием нейросетевого видеоанализа 99

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

Sports Medicine: research and practice

V. 16 №2 (59) 2026
ISSN: 2223-2524
e-ISSN: 2587-9014
https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.2

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, bldg. 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

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

Websites:

smjournal.ru
neicon.ru

Signed for printing: 13 November 2026
60×90/8 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, 2026

CONTENTS

Sports physiology and biochemistry

Denis R. Khusainov, Andrey V. Matveev, Arseniy I. Trukhanov, Nikolay P. Mishin, Andrew V. Chajka, Elena I. Nagaeva, Elena A. Biryukova
Molecular hydrogen as a means of enhancing the performance of soccer players 5

Sports traumatology

Evgeny N. Goncharov, Oleg A. Koval, Aleksandr A. Vetoshkin, Leonid A. Mokhirev, Kirill I. Zakharov, Aleksei V. Mikhailov, Mariia P. Semenova, Dmitry M. Alekseev, Valery G. Golubev
Foot and ankle function in football players after anterior cruciate ligament reconstruction using a peroneus longus tendon autograft 16

Maria V. Sankova, Vladimir N. Nikolenko, Leonid A. Gridin, Evgeniy E. Achkasov
Differentiated approach to diagnosing predisposition to musculoskeletal sports injuries 28

Sports diseases

Oleg G. Melikhov, Igor T. Vykhodets
Analysis of sports injury in breath-hold (freediving) competitions from 2021 to 2025 38

Farida V. Takhavieva, Alyona V. Borisova
Pelvic Floor dysfunction in female athletes: Prevalence, pathogenesis, and correction methods 48

Children and youth sports

Mochamad Ridwan, Dwi Lorry Juniarisca, Dilli Dwi Kuswoyo, Shoira Kubaeva, Ainun Zulfikar Rizki
Aerobic exercise improves fundamental movement skills in children: A systematic review 58

Sports supplements

Yulia V. Kuznetsova, Marat N. Nasrulaev, Varvara V. Bulgakova, Ekaterina L. Abramyan, Elizaveta S. Kapralova, Elizaveta A. Rudiakova, Kirill S. Kivgasov, Timur M. Vakhidov
Carbohydrate mouth rinse as an ergogenic aid in young athletes. 69

Sports psychology

Anna V. Berdnikova, Viacheslav N. Novikov
The use of biofeedback based on electroencephalography parameters (EEG-biofeedback) in sports 77

Functional testing

Sergey A. Bazanovich, Victoria A. Badtieva, Anton V. Slivin, Aleksandr S. Sharykin
Differences in the heart's adaptation to regular physical exercise within one sport depending on the discipline: a single-center cross-sectional study 87

Biomedical technologies

Ekaterina A. Kotikova-Shugol, Larisa A. Novikova, Mikhail N. Petrov, Sergey S. Simakov
Technique control of elements performance in aesthetic gymnastics using neural network video analysis 99

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

Scopus
НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА eLIBRARY.RU
ULRICHSWEB™ GLOBAL SERIALS DIRECTORY
РУКОНТ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦИФРОВОЙ РЕСУРС
INFOBASE INDEX
Crossref
SIS Scientific Indexing Services
INDEX COPERNICUS INTERNATIONAL

Спортивная Медицина: наука и практика

https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.2.4

УДК: 573.6. 796/799

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original research

Check for updates

CC BY 4.0

Молекулярный водород как средство повышения работоспособности футболистов

Д.Р. Хусаинов[1,], А.В. Матвеев[2], А.И. Труханов[3], Н.П. Мишин[1], А.В. Чайка[1], Е.И. Нагаева[1], Е.А. Бирюкова[1]*

[1] *ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия*

[2] *ООО «Митохакер», Москва, Россия*

[3] *ООО «МРИЯ», с. Оползневое, Республика Крым, Россия*

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: определить выраженность и направленность влияния курсового использования ингаляций молекулярного водорода на работоспособность и показатели метаболизма футболистов.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 26 футболистов, которые были разделены на контрольную (n = 12; 18,8 ± 0,35 года) и основную (n = 14; 19,5 ± 0,45 года) группы. Спортсмены соответствовали этапу совершенствования спортивного мастерства. Футболисты основной группы прошли 10 30-минутных сеансов ингаляций молекулярного водорода. Работоспособность определялась в тесте с непрерывным повышением нагрузки на беговой дорожке. Также определялись общий метаболизм покоя и концентрация лактата.

Результаты. Участники основной группы продемонстрировали достоверный прирост скорости бега на анаэробном пороге на 11,57 % (p = 0,0015), пиковой скорости на 6,58 % (p = 0,0005), объема потребляемого кислорода на анаэробном пороге на 3,02 % (p = 0,0200) и снижение максимальной концентрации лактата на 20,66 % (p = 0,0107). На уровне тенденции увеличивался показатель максимального потребления кислорода — на 1,04 % (p = 0,0562). Среди участников контрольной группы статистически значимых изменений в отношении ни одного из анализируемых параметров обнаружено не было.

Заключение. Полученные данные свидетельствуют о позитивном эффекте курсового использования ингаляций (5 сеансов — 2 дня перерыв — 5 сеансов) молекулярного водорода на различные аспекты физической работоспособности футболистов, находящихся на этапе совершенствования спортивного мастерства.

Ключевые слова: молекулярный водород, водородные ингаляции, спортивная работоспособность, нагрузочная проба, футболист

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Хусаинов Д.Р., Матвеев А.В., Труханов А.И., Мишин Н.П., Чайка А.В., Нагаева Е.И., Бирюкова Е.А. Молекулярный водород как средство повышения работоспособности футболистов. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2026;16(2):5–15. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.2.4

Поступила в редакцию: 27.03.2026
Принята к публикации: 26.06.2026
Online first: 03.09.2026
Опубликована: 13.11.2026

*** Автор, ответственный за переписку**

Sports Medicine: research and practice

Molecular hydrogen as a means of enhancing the performance of soccer players

Denis R. Khusainov[1,], Andrey V. Matveev[2], Arseniy I. Trukhanov[3], Nikolay P. Mishin[1], Andrew V. Chajka[1], Elena I. Nagaeva[1], Elena A. Biryukova[1]*

[1] *V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia*

[2] *Mitohacker LLC, Moscow, Russia*

[3] *LLC "Mriya", Opolznevoye, Russia*

ABSTRACT

Purpose of the study: to determine the magnitude and type of the effects of hydrogen inhalation course on the work capacity and resting metabolic parameters of soccer players.

Materials and methods. The study was conducted on 26 soccer players who were divided into two groups: a control group (n = 12; 18.8 ± 0.35 years) and an experimental group (n = 14; 19.5 ± 0.45 years). The athletes corresponded to the stage of advanced sports mastery development. The players in the main group underwent 10 sessions of molecular hydrogen inhalation, each lasting 30 minutes. Work capacity was assessed using a test involving a continuous increase in workload on a treadmill. Resting metabolic rate and lactate concentration were also measured.

Results. Athletes in the experimental group demonstrated a significant increase in running speed at the anaerobic threshold by 11.57 % (p = 0.0015) compared with baseline values (before hydrogen inhalations), an increase in peak running speed by 6.58 % (p = 0.0005), an increase in oxygen uptake at the anaerobic threshold by 3.02 % (p = 0.0200), and a 20.66% reduction in maximal lactate concentration (p = 0.0107) during the treadmill test was observed. A trend toward an increase in maximal oxygen consumption (VO_2max) by 1.04 % (p = 0.0562) was also noted. No changes were observed in the control group during the twelve-day period.

Conclusion: The experiment demonstrated that ten hydrogen inhalation sessions (5 sessions — 2 days break — 5 sessions) , each lasting 30 minutes with an H_2 flow rate of 5600 ml/min, contribute to an increase in the physical performance capacity of soccer players.

Keywords: molecular hydrogen, hydrogen inhalations, athlete performance, treadmill, soccer

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

For citation: Khusainov D.R., Matveev A.V., Trukhanov A.I., Mishin N.P., Chajka A.V., Nagaeva E.I., Biryukova E.A. Molecular hydrogen as a means of enhancing the performance of soccer players. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* (*Sports medicine: research and practice*). 2026;16(2):5–15. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.2.4

Received: 27 March 2026
Accepted: 26 June 2026
Online first: 03 September 2026
Published: 13 November 2026

***Corresponding author**

1. Введение

Работоспособность спортсменов в значительной степени связана с их соревновательными успехами [1, 2]. Выявление новых внетренировочных средств повышения работоспособности, не являющихся допингом, — одно из важных направлений спортивной физиологии [3, 4]. Эффективным средством повышения спортивной работоспособности может стать молекулярный водород (H_2), который обладает противовоспалительными [5] и антиоксидантными свойствами [6], улучшает работу митохондрий [7] и показатели обмена веществ [8], при этом не имеет явных негативных побочных эффектов и хорошо переносится организмом [9]. В последнее десятилетие накоплено значительное количество сведений о его эргогенных эффектах, однако полученные до настоящего времени данные не всегда убедительны, а где-то и противоречивы [10, 11].

Одной из причин этого, может быть, преобладание в ранее проведенных исследованиях акцента на краткосрочных эффектах воды, обогащенной H_2. В то же время есть основания полагать, что именно курсовое использование ингаляций H_2 способно оказать наибольший эффект на работоспособность спортсменов, так как именно они обладают лучшей биодоступностью [12] и более выраженным влиянием на метаболизм [13]. В связи с этим целью данного исследования было определение выраженности и направленности влияния курсового использования ингаляций молекулярного водорода на работоспособность и метаболизма покоя у футболистов.

2. Материалы и методы

В исследовании приняли участие 26 футболистов двух студенческих команд ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского» в подготовительный период тренировок, которые были разделены на основную (14 спортсменов, средний возраст 19,5 ± 0,45 года) и контрольную (12 спортсменов, средний возраст 18,80 ± 0,35 года) группы.

Все спортсмены соответствовали этапу совершенствования спортивного мастерства. Каждая группа формировалась таким образом, что половина ее участников была из одной команды, а вторая половина — из другой.

Исследование одобрено этическим комитетом ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского» (протокол № 1 от 25 января 2022 г.).

Спортсмены основной группы посещали 10 сеансов ингаляций H_2 (99,99 % чистоты H_2, поток газа 5600 мл/мин), длительность каждого составлял 30 минут. Ингаляции осуществлялись по схеме: пять сеансов (понедельник — пятница) — перерыв в два выходных дня (суббота и воскресенье) — пять сеансов (понедельник — пятница). Ингаляции осуществлялись с помощью водородного генератора Hydrogenium-8400 (ООО «Митохакер», Россия). Для ингаляций использованы назальные канюли длиной 1 см со свободно располагающимся на верхней губе контактным элементом.

Для участников контрольной группы осуществлялась имитация ингаляций H_2 при включенном водородном генераторе и подведением и размещением назальных канюль идентично участникам основной группы. Они также находились в положении лежа на кушетке в состоянии покоя в течение 10 сеансов, длительность каждого из которого составляла 30 минут.

Участникам обеих групп перед началом эксперимента проводился одинаковый инструктаж и сообщалось, что ток газа через канюли практически не ощущается. Следовательно, для спортсменов, тренерского состава исследование было «слепым» и о деталях, в том числе о разделении на различные группы, им не сообщалось. Участникам рекомендовалось придерживаться своего обычного режима тренировок, но отказаться от высокоинтенсивных упражнений за день до нагрузочного тестирования, не употреблять кофе и алкоголь в день тестирования, а также не употреблять пищу не менее двух часов до исследования.

Перед нагрузочным тестированием массу тела футболистов измеряли с помощью медицинских весов ВМЭН Норма-04 («ТВЕС», Россия) и регистрировали процентный вклад окисления жиров (FAT %) и углеводов (CHO %) в общий метаболизм покоя с помощью метаболографа Quark CPET (Cosmed, Италия) в течение 30 минут в положении лежа.

Спортивная работоспособность определялась в тесте с непрерывным повышением нагрузки (тредмил-тест) на беговой дорожке Valiant Sport (Lode B.V., Нидерланды) с эргоспирометрическим комплексом Quark CPET (Cosmed, Италия). Начальная скорость бега — 5 км/ч, прирост скорости составил 1 км/ч каждые 2 минуты. Перед тестом участникам давалась установка на достижение в тесте максимально возможной скорости бега. Работа выполнялась до отказа. Измерялась скорость бега на анаэробном пороге (*V*АнП), максимальная скорость бега (*V*пик), а также потребление кислорода на анаэробном пороге (VO_2 АнП) и максимальное потребление кислорода (МПК).

Концентрацию лактата в капиллярной крови определяли электрохимическим методом на анализаторе Lactate Plus (Nova Biomedical, США). Взятие капиллярной крови (5 мкл) из пальца производилось до нагрузки (базовый уровень), каждые три минуты нагрузки, на пике нагрузки, сразу после окончания нагрузки и на третьей и пятой минутах восстановления. Анаэробный порог (АнП) фиксировался методом OBLA при концентрации лактата 4 ммоль/л [14].

Регистрация всех функциональных показателей проводилась до начала курса ингаляций H_2 (фон) и после десятого сеанса в основной группе спортсменов. В контрольной группе футболистов показатели также регистрировались дважды: первичная регистрация и на двенадцатый день — повторная.

Для сравнения выраженности и направленности изменений рассчитывалась разница (Δ) значения показателя после десяти сеансов ингаляций H_2 минус фоновое значение этого показателя в основной группе, например, Δ*V*АнП = *V*АнП (после 10-го сеанса) — *V*АнП (фон).

В контрольной группе выраженность изменений оценивалась как разница между повторной и первичной регистрациями соответствующих показателей футболистов.

Статистическая обработка данных осуществлялась программами GraphPad Prism 8 и R. Нормальность распределения остатков модели определяли тестами Шапиро — Уилка и Д'Агостино — Пирсона и ввиду существенного количества непараметрических данных различия между связанными выборками выявляли критерием Вилкоксона, а между несвязанными — критерием Манна — Уитни. Результаты представлены как медиана (Me) с первым и третьим квартилем (*Q*1; *Q*3). Размер эффекта (r_u) при использовании критерия Манна — Уитни определен по формуле Х. Вендта [15], а 95 % доверительные интервалы (CI) рассчитаны методом статистического ресемплинга с 10 000 итераций [16].

3. Результаты

В нагрузочной пробе тредмил-тест анализировались прямо пропорциональные показателям работоспособности скоростные показатели спортсменов $V_{АнП}$ и *V* пиковая, изменения которых после десяти водородных ингаляционных сеансов визуализировано на рисунке 1. Фоновое значение $V_{АнП}$ составило 14,25 км/ч (12,40; 15,63), после десяти ингаляций H_2 указанная скорость повышалась до 15,90 км/ч (14,55; 16,50) при $p = 0{,}0015$. Максимальная скорость бега футболистов также возрастала достоверно: с 16,70 (15,60; 17,58) до 17,80 км/ч (16,40; 18,58) при $p = 0{,}0005$.

Таким образом, десять ингаляций H_2 приводили к достоверному возрастанию $V_{АнП}$ на 11,57 % и $V_{пик}$ на 6,58 %, соответственно, что указывает на их выраженный положительный эффект в отношении работоспособности футболистов и, вероятно, на показатель их выносливости.

Далее были проанализированы показатели $VO_{2\ АнП}$ и МПК футболистов после десяти ингаляций H_2. Фоновое значение $VO_{2\ АнП}$ по медиане равнялось 47,90 мл/мин/кг (43,53; 50,03), а после ингаляций H_2 оно повышалось до 49,35 мл/мин/кг (44,08; 50,83) при $p = 0{,}0200$.

Аналогичная ситуация выявлена и при анализе МПК, которое до курса ингаляций H_2 составляло

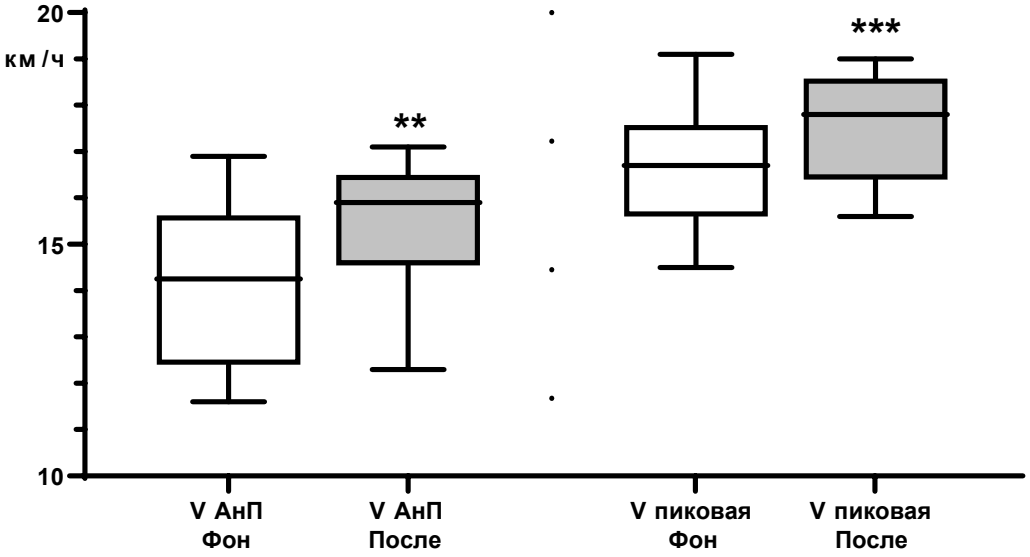


Рис. 1. Изменение показателей скорости футболистов основной группы после десяти водородных ингаляционных сеансов
Примечание: ящик (бокс) — представлены медиана (черта внутри ящика) и квартили (Q3 — верхняя граница ящика, Q1 — нижняя граница ящика); «усы» — диапазон от минимального значения к максимальному; $V_{АнП}$ Фон — показатель скорости бега спортсмена на анаэробном пороге (переходе) до сеансов водородных ингаляций; $V_{АнП}$ После — показатель скорости бега спортсмена на анаэробном пороге (переходе) после десяти водородных ингаляционных сеансов; *V* пиковая Фон — максимальная скорость бега спортсмена до сеансов водородных ингаляций; *V* пиковая После — максимальная скорость бега спортсмена после десяти водородных ингаляционных сеансов; ** — отличия от соответствующих фоновых (начальных) показателей спортсменов при $p < 0,01$; *** — отличия от соответствующих фоновых (начальных) показателей спортсменов при $p < 0,001$.
Fig. 1. Changes in running speed parameters of soccer players in the experimental group after ten hydrogen inhalation sessions
Note: the box represents the median (line inside the box) and quartiles (Q3 — upper boundary of the box, Q1 — lower boundary of the box); the whiskers indicate the range from the minimum to the maximum value. *V*АнП Фон — athlete's running speed at the anaerobic threshold before hydrogen inhalation sessions; *V*АнП После — athlete's running speed at the anaerobic threshold after ten hydrogen inhalation sessions; *V* пиковая Фон — athlete's maximal running speed before hydrogen inhalation sessions; *V* пиковая После — athlete's maximal running speed after ten hydrogen inhalation sessions; ** — differences compared with the corresponding baseline (initial) values at $p < 0.01$; *** — differences compared with the corresponding baseline (initial) values at $p < 0.001$.

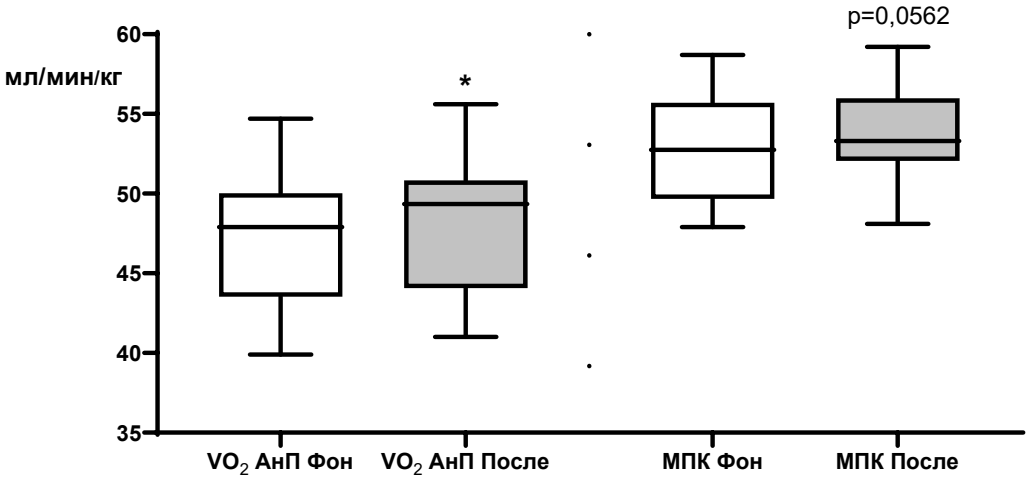


Рис. 2. Изменение показателей потребления кислорода футболистов основной группы после десяти водородных ингаляционных сеансов
Примечание: VO_2 АнП Фон — показатель потребления кислорода на анаэробном пороге (переходе) до сеансов водородных ингаляций; VO_2 АнП После — показатель потребления кислорода на анаэробном пороге (переходе) после десяти водородных ингаляционных сеансов; МПК Фон — показатель максимального потребления кислорода до сеансов водородных ингаляций; МПК После — показатель максимального потребления кислорода после десяти водородных ингаляционных сеансов; * — отличия от соответствующих фоновых (начальных) показателей спортсменов при $p < 0,05$; остальные обозначения, что и на рис. 1.
Fig. 2. Changes in oxygen consumption parameters of soccer players in the experimental group after ten hydrogen inhalation sessions
Note: VO_2 АнП Фон — oxygen consumption at the anaerobic threshold before hydrogen inhalation sessions; VO_2 АнП После — oxygen consumption at the anaerobic threshold after ten hydrogen inhalation sessions; МПК Фон — maximal oxygen consumption before hydrogen inhalation sessions; МПК После — maximal oxygen consumption after ten hydrogen inhalation sessions; * — differences compared with the corresponding baseline (initial) values at $p < 0.05$; other designations are the same as in Fig. 1.

52,75 мл/мин/кг (49,68; 55,70), а после него — 53,30 мл/мин/кг (52,05; 55,98) при $p = 0{,}0562$ (рис. 2). Таким образом, по МПК наблюдается прирост числового значения, но уровень статистической значимости свидетельствует только о тенденции к изменению. При этом $VO_{2\ АнП}$ возрастает достоверно на 3,02 %.

При анализе пикового содержания лактата в крови спортсменов его фоновое значение по медиане составляло 9,05 мМ/л (7,57; 10,25), а после ингаляций H_2 — 7,50 мМ/л (6,82; 9,15) при $p = 0{,}0107$ (рис. 3).

Изменение содержания лактата в крови спортсменов на пиковой нагрузке при проведении тредмил-теста свидетельствует об улучшении их аэробной работоспособности и эффективности метаболизма. То есть, организм футболистов стал более эффективно использовать кислород для производства энергии и стал менее зависим от анаэробного гликолиза. Данный эффект косвенно указывает на возрастание вклада жиров в энергообеспечение организма, поэтому далее представлены результаты метаболизма покоя у участников исследования.

До курса ингаляций H_2 процентная доля вклада жиров (FAT %) в метаболизм покоя составила 68,40 % (62,65; 75,53), а после него — 69,25 % (62,78; 76,35) при $p = 0{,}0559$. Доля углеводов (CHO %) до курса ингаляций H_2 по медиане составляла 31,6 % (24,48; 37,35), а после него — 30,75 % (23,65; 37,23) при $p = 0{,}0559$. Также была проанализирована масса тела спортсменов: до ингаляций H_2 по медиане она составила 74,60 кг (69,73; 77,73), а после него — 74,05 кг (68,48; 76,48) при $p = 0{,}0049$.

Таким образом, десять сеансов ингаляций H_2 на уровне тенденции способствуют активизации жирового катаболизма, что выражается в увеличении процентной доли вклада жиров в метаболизм покоя и снижении вклада углеводов. Возможно, именно увеличение процентной доли жиров в метаболизм покоя является одной из причин снижения массы тела футболистов после окончания курса ингаляций H_2. Этот экспериментальный феномен требует дальнейших детальных исследований.

У участников контрольной группы регистрировались и анализировались идентичные показатели, что и у участников основной группы. Ни по одному из регистрируемых показателей достоверных отличий в двенадцатидневном интервале обнаружено не было (табл. 1).

Также было проведено сравнение выраженности изменения всех исследованных показателей футболистов контрольной и основной групп (табл. 2).

При сравнении $\Delta V_{АнП}$ и $\Delta V_{пик}$ выявлено, что в контрольной группе медиана изменения $\Delta V_{АнП}$ составляла 0,15 км/ч (минус 0,07; 0,27), в основной — 0,90 км/ч (0,37; 1,92) при $p = 0{,}0011$. Изменения $\Delta V_{пик}$ в контрольной группе не было (0,00 км/ч (минус 0,30; 0,29)), а у спортсменов основной группы оно составило 0,80 км/ч (0,17; 1,02) при $p = 0{,}0005$.

$\Delta VO_{2\ АнП}$ в контрольной группе по медиане уменьшилась на 0,07 мл/мин/кг (минус 0,37; 0,32), а в основной группе — на 0,70 мл/мин/кг (минус 0,10; 2,47) при $p = 0{,}0391$. Изменение ΔМПК у футболистов контрольной группы колебалось от отрицательных к положительным значениям: минус 0,12 мл/мин/кг (минус 0,53; 0,15), а у спортсменов основной группы оно составило 0,70 мл/мин/кг (минус 0,05; 2,50) при $p = 0{,}0080$.

По изменению пиковой концентрации лактата (La-пик) в основной группе наблюдались преимущественно

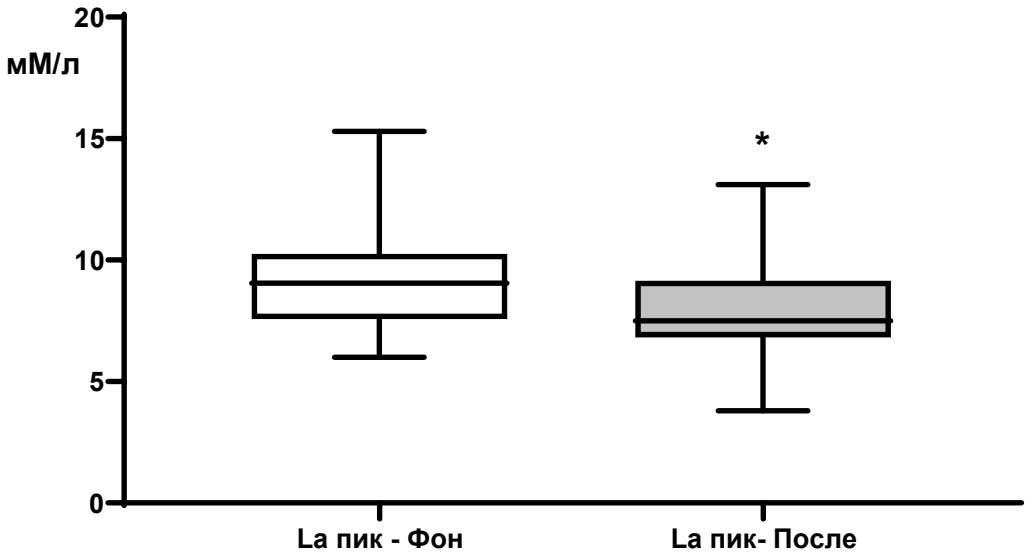


Рис. 3. Изменение максимальной концентрации лактата в крови футболистов основной группы после десяти водородных ингаляционных сеансов.

Примечание: La пик-Фон — показатель максимальной концентрации лактата в крови спортсменов до сеансов водородных ингаляций; La пик-После — показатель максимальной концентрации лактата в крови спортсменов после десяти водородных ингаляционных сеансов, остальные обозначения, что и на рис. 2.

Fig. 3. Changes in maximal blood lactate concentration in soccer players of the experimental group after ten hydrogen inhalation sessions

Note: La пик-Фон — maximal blood lactate concentration in athletes before hydrogen inhalation sessions; La пик-После — maximal blood lactate concentration in athletes after ten hydrogen inhalation sessions; other designations are the same as in Fig. 2.

Sports Medicine: research and practice

Таблица 1

Изменение функциональных показателей футболистов контрольной группы (Me, *Q*1; *Q*3)

Table 1

Physical performance and metabolism of soccer players in the control group (Me, *Q*1; *Q*3)

Показатель	Первичная регистрация	Повторная регистрация	*p*
$V_{АнП}$ (км/ч)	14,50 (12,03; 15,48)	14,55 (12,08; 15,80)	0,1348
$V_{пик}$ (км/ч)	17,65 (16,65; 18,00)	17,55 (16,90; 18,08)	0,7988
$VO_{2\ АнП}$ (мл/мин/кг)	48,91 (43,70; 52,83)	49,04 (43,96; 52,24)	0,9243
МПК (мл/мин/кг)	56,98 (55,95; 61,83)	56,75 (55,09; 61,53)	0,1953
La-пик (мМ/л)	9,25 (8,33; 10,90)	9,20 (8,43; 10,68)	0,6953
FAT (%)	68,10 (58,43; 76,28)	69,50 (61,63; 73,95)	0,5693
CHO (%)	31,90 (23,73; 41,58)	30,50 (26,05; 38,38)	0,5693
Масса тела (кг)	73,85 (63,25; 83,38)	73,80 (63,63; 83,54)	0,7681

Примечание: p — уровень значимости внутригрупповых различий по критерию Вилкоксона; повторная регистрация — регистрация соответствующего показателя спортсменов на двенадцатый день, после первичной регистрации; $VO_{2\ АнП}$ — показатель потребления кислорода на анаэробном пороге (переходе); $V_{пик}$ — максимальная скорость бега спортсмена; МПК — максимальное потребление кислорода; Лактат-пик — показатель максимальной концентрации лактата в крови спортсменов; FAT — доля жиров в метаболизме покоя; CHO — доля углеводов в метаболизме покоя.

Note: *p* — level of significance of within-group differences according to the Wilcoxon test; повторная регистрация — measurement of the corresponding parameters of the athletes on the twelfth day after the initial measurement; $VO_{2\ АнП}$ — oxygen consumption at the anaerobic threshold; $V_{пик}$ — maximal running speed of the athlete; МПК — maximal oxygen consumption; Лактат-пик — maximal blood lactate concentration in athletes; FAT — proportion of fat in resting metabolism; CHO — proportion of carbohydrates in resting metabolism.

отрицательные значения и выраженность и направленность изменения достоверно отличалось от контрольной группы. Так, в контрольной группе медиана ΔLa-пик составляла 0,00 мМ/л (минус 0,07; 0,17), а в основной — минус 1,80 мМ/л (минус 0,05; минус 3,45) при $p = 0{,}0025$.

Масса тела участников контрольной группы по медиане уменьшилась на 0,10 кг (минус 0,45; 0,36), а среди участников основной группы — на 0,85 кг (минус 1,42; 0,2) при $p = 0{,}0110$ по сравнению с контрольной группой. При сравнении ΔFAT и ΔCHO между участниками контрольной и основной групп достоверных отличий не выявлено.

Таким образом, при сравнении выраженности и направленности изменений $V_{АнП}$, $V_{пик}$, $VO_{2\ АнП}$, МПК и La-пик участников контрольной и основной групп при нагрузочном тестировании получены статистически значимые уровни отличий, что подтверждает влияние курса ингаляций H_2 на эти показатели работоспособности спортсменов.

4. Обсуждение

МПК, уровень лактата и анаэробный порог являются широко признанными факторами оценки работоспособности спортсменов, отслеживания эффективности тренировок и прогнозирования спортивных результатов [17–19]. Следовательно, футболисты с более высоким АнП способны преодолевать большее расстояние при высокоинтенсивном беге, что связано с более медленным накоплением лактата в крови при выполнении подобных нагрузок [17]. Хотя Valenta и соавт. [20] не обнаружили статистически значимого влияния H_2 на время бега и расстояние в тредмил-тесте до истощения у бегунов на средние дистанции, в других исследованиях сообщалось, что H_2 сокращает время пробега различных дистанций у футболистов [8, 21], откладывает время наступления истощения у бегунов на средние дистанции и здоровых добровольцев, повышая пиковую скорость бега [22, 23]. В свою очередь, в проведенном исследовании установлено, что ингаляции H_2 увеличивают $V_{АнП}$ и $V_{пик}$ при проведении тредмил-теста, что подтверждает поддерживающее влияние молекулярного водорода на прирост анаэробной работоспособности футболистов.

Что касается лактата, считающегося биохимическим маркером того, как организм переносит физические нагрузки [24], то литературные данные разнонаправлены. В одних исследованиях установлено, что H_2 снижает концентрацию лактата во время и/или после физической нагрузки [6, 25–29], в других же статистически значимых

Таблица 2

Сравнение выраженности изменений функциональных показателей футболистов основной и контрольной групп (Me, *Q*1; *Q*3)

Table 2

Effect size of H_2 inhalation on physical performance and metabolic parameters in soccer players (Me, *Q*1; *Q*3)

Показатель Δ	Контрольная группа	Основная группа (водородные ингаляции)	*p*	Размер эффекта r_u (CI)
$\Delta V_{АнП}$ (км/ч)	0,15 (-0,08; 0,28)	0,90** (0,38; 1,93)	0,0011	0,72 (0,36; 0,99)
$\Delta V_{пик}$ (км/ч)	0,00 (-0,30; 0,30)	0,80*** (0,18; 1,03)	0,0005	0,76 (0,45; 0,96)
ΔVO_2 АнП (мл/мин/кг)	-0,07 (-0,37; 0,32)	0,70* (-0,10; 2;48)	0,0391	0,48 (0,08; 0,82)
ΔМПК (мл/мин/кг)	-0,12 (-0,53; 0,15)	0,70** (-0,05; 2,50)	0,0080	0,60 (0,20; 0,92)
ΔLa-пик (мМ/л)	0,00 (-0,08; 0,18)	-1,80** (-3,45; –0,05)	0,0025	0,67 (0,32; 0,93)
ΔFAT (%)	0,95 (-2,25; 3,00)	2,30 (-0,13; 7,30)	0,2681	0,26 (0,01; 0,68)
ΔCHO (%)	-0,95 (-3,00; 2,25)	-2,30 (-7,30; 0,13)	0,2681	0,26 (0,01; 0,68)
ΔМасса тела (кг)	-0,1 (-0,45; 0,36)	-0,85* (-1,45; 0,20)	0,0111	0,58 (0,17; 0,89)

Примечание: p — значимость различий изменения (дельта) соответствующего показателя между контрольной и основной группами футболистов по критерию Манна — Уитни при $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**), $p < 0,001$ (***); размер эффекта r_u (CI) определен по формуле Х. Вендта, доверительные интервалы (CI) рассчитаны бутстреп-ресемплингом с 10 000 итераций; остальные обозначения что и в таблице 1.

Note: p — significance of differences in the change (Δ) of the corresponding parameter between the control and experimental groups of soccer players according to the Mann — Whitney test at $p < 0.05$ (*), $p < 0.01$ (**), $p < 0.001$ (***); effect size $r_{(u)}$ (CI) — calculated using the formula proposed by H. Wendt; confidence intervals (CI) were estimated by bootstrap resampling with 10,000 iterations; other designations are the same as in Table 1.

отличий не обнаружено [20–22, 30–32]; встречаются публикации, в которых отмечается прирост концентрации лактата при длительном воздействии — количество водородных сеансов по медиане 33 (29; 47) [33]. При этом эргогенный эффект H_2 был обнаружен и когда лактат снижался [6, 28], и когда не изменялся [21, 22], и в случае его повышения [33]. Полученные же в проведенном исследовании данные демонстрируют, что ингаляции H_2 статистически значимо снижают пиковый уровень лактата на фоне увеличения $V_{АнП}$ и $V_{пик}$. При этом размер эффекта (r_u) для всех трех показателей колеблется от умеренного до очень сильного (табл. 2) согласно градации эффектов в спортивных исследованиях [34].

Влияние же H_2 на МПК как один из главных способов оценки аэробной работоспособности организма, а также его функционального состояния в целом [35] крайне противоречиво. Сведений о том, что H_2 статистически значимо не изменяет МПК [22, 28, 32, 36, 37] больше, чем тех, которые отмечают положительный эффект H_2 [32, 36]. В проведенном исследовании обнаружено, что H_2 увеличивает МПК на 0,70 мл/мин/кг, но при этом CI размера эффекта широкий, что указывает на существенную неопределенность в величине эффекта, которая может быть ближе к слабому, чем к сильному. Еще менее надежным выглядит увеличение $VO_{2\,АнП}$ на 0,70 мл/мин/кг после ингаляций H_2 при CI от 0,08 до 0,82. В литературе большинство авторов в своих публикациях также отмечают, что H_2 существенно не влияет на VO_2 [20, 26, 38, 39]. В связи с этим можно сделать вывод, что положительное влияние H_2 на показатели потребления кислорода остается предметом дискуссий и требует дальнейших детальных исследований.

Одним из возможных механизмов положительного влияния молекулярного водорода на работоспособность футболистов является его антиоксидантная и противовоспалительная активность [5, 6]. Интенсивные физические нагрузки истощают различные звенья антиоксидантной защиты [40] и в этот момент значимо «подключается» молекулярный водород, способствуя сохранности кислотно-основного равновесия и более высокой работоспособности спортсменов. В рамках высказанного предположения интересным направлением исследований является не только оценка маркеров кислотно-основного равновесия, но и других показателей крови, скелетных и сердечной мышц. На значимость различных маркеров сердечно-сосудистой системы в физиологии спорта указывают и другие авторы [41, 42]. В целом комплексная экспериментальная оценка влияния молекулярного водорода на показатели сердечно-сосудистой системы спортсменов, по нашему

мнению, является перспективным исследовательским направлением.

Отдельно необходимо отметить величину потока H_2 5600 мл/мин, что может привести к падению содержания кислорода до 17 % и умеренной гипоксии в том случае, если весь водород попадает во вдыхаемый поток и транспортируется к альвеолярному пространству. Однако возникновение такой ситуации маловероятно в силу ряда причин, в том числе особенностей проведения текущего исследования. Для ингаляций использованы подводящие канюли, по сути, наружного расположения — их длина составляет 1 см и контактный элемент располагается свободно на верхней губе, поэтому проникновение в носовую полость составляет менее 1 см. При таких условиях испытуемые вдыхали практически смесь водорода с атмосферным воздухом. Следовательно, «конкуренция» водорода за объемную долю во вдыхаемом потоке, скорее всего, будет более значимо сказываться на содержании других газов, которые легче кислорода. Также H_2 характеризуется существенно большим коэффициентом диффузии по сравнению с кислородом и, вероятно, будет значимо диффундировать в окружающие ткани уже в верхних дыхательных путях и его содержание в альвеолярном пространстве снизится.

Эти данные соответствуют данным LeBaron и соавт.: при скорости вдоха около 30 л/мин и потоке водорода от 0,9 до 1,28 л/мин во вдыхаемом воздушном потоке будет формироваться содержание H_2 порядка 4 % (табл. 6), но в тексте указывается, что даже при потоке 1,2 л/мин доля H_2 может не достичь даже 1 % [43]. Следовательно, при потоке 5600 мл/мин содержание H_2 может колебаться в значительных пределах от 4,6 до 18,7 %. Кроме того, отмечается, что содержание водорода в альвеолярном воздухе ниже, чем во вдыхаемом потоке [43].

Необходимо отметить, что в случае возможного гипоксического воздействия у испытуемых в рамках компенсаторной реакции заметно увеличится скорость вдоха и частота дыхания. При этом увеличение скорости вдоха снижает содержание H_2. Так, при скорости вдоха около 40 л/мин для поддержания максимального содержания в 4 % требуется уже поток водорода 1,62 л/мин [43]. Следовательно, при скорости вдоха 40 л/мин и потоке 5600 мл/мин содержание H_2 может колебаться в пределах от 3,46 до 13,8 %.

Также в проведенном исследовании у участников обеих групп регулярно проводился опрос после ингаляций о их самочувствии, наличии головокружения, слабости, сонливости и т. д. Ни один из участников не указывал на наличие подобных ощущений, что косвенно указывает на отсутствие значимой гипоксии.

Таким образом, можно считать, что в конкретных условиях исследования значимой гипоксии не развивалось, но, безусловно, это важнейший вопрос, заслуживающий пристального внимания и дальнейшего глубокого изучения.

Воздействие H_2 на такие показатели, как FAT % и масса тела, также выглядит скорее незначительным. Хотя точечная оценка размера эффекта (r = 0,58) H_2 на массу тела предполагает сильный эффект, CI при этом широкий (0,17; 0,89), а изменения в FAT % не достигают статистической значимости (табл. 2). Некоторые исследователи сообщают, что H_2 усиливает окисление жиров у здоровых молодых мужчин и женщин [6, 8, 38, 44], а также может снижать массу тела у крыс [13, 45], но в результате воздействия длительностью шесть месяцев. Возможно, для получения стойкого эффекта по соотношению субстратов метаболизма покоя десяти ингаляций H_2 недостаточно, по крайней мере в случае здоровых футболистов.

5. Заключение

Десятидневный курс ингаляций H_2 приводит к улучшению работоспособности футболистов, что проявляется в увеличении $V_{АнП}$, $V_{пик}$ и снижении пикового уровня лактата. Таким образом, ингаляции молекулярного водорода представляют собой перспективное внетренировочное средство повышения работоспособности футболистов и, вероятно, для представителей других видов спорта.

Вклад авторов:

Хусаинов Денис Рашидович — концепция и дизайн экспериментального исследования, анализ и интерпретация данных, написание первой версии текста, редактирование текста, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования, общая организация и координация работы.

Матвеев Андрей Владимирович — редактирование текста, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования, общая организация и координация работы.

Труханов Арсений Ильич — концепция и дизайн экспериментального исследования, редактирование текста, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования, общая организация и координация работы.

Мишин Николай Петрович — концепция и дизайн экспериментального исследования, проведение экспериментальной части исследования, редактирование текста, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования.

Authors' contributions:

Denis R. Khusainov — conception and design of the experimental study, data analysis and interpretation, writing the first draft of the manuscript, manuscript editing, final approval of the version of the article to be published, overall organization and coordination of the work.

Andrey V. Matveev — conception and design of the experimental study, manuscript editing, final approval of the version of the article to be published, overall organization and coordination of the work.

Arseniy I. Trukhanov — conception and design of the experimental study, manuscript editing, final approval of the version of the article to be published, overall organization and coordination of the work.

Nikolay P. Mishin — conception and design of the experimental study, conducting the experimental part of the study, manuscript editing, final approval of the version of the article to be published.

Чайка Андрей Владимирович — анализ и интерпретация данных, написание первой версии текста, редактирование текста, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования.

Нагаева Елена Ивановна — проведение экспериментальной части исследования, редактирование текста, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования.

Бирюкова Елена Александровна — редактирование текста, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования.

Andrew V. Chajka — data analysis and interpretation, writing the first draft of the manuscript, manuscript editing, final approval of the version of the article to be published.

Elena I. Nagaeva — conducting the experimental part of the study, manuscript editing, final approval of the version of the article to be published.

Elena A. Biryukova — manuscript editing, final approval of the version of the article to be published.

Литература

1. **Vijay S.A., Sivakumar C., Kumar P.V., Muralidharan C.K., Rajkumar K.V., Kannan K.R., Pradeepa M., Sivasankar P., Mariam A.A., Anand U.K.**A. Lactate threshold training to improve long-distance running performance: A narrative review. Montenegrin Journal of Sports Science & Medicine. 2024;13(1):19–29. https://doi.org/10.26773/mjssm.240303
2. **Rapp E., Laterza F., Manzi V.,** Von **Walden F., Cardinale D.A.** The effect of XC-running race Lidingöloppet on determinants of performance. Front. Physiol. 2025;16:1647810. https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1647810
3. **Vicente-Salar N., Fuster-Muñoz E., Martínez-Rodríguez A.** Nutritional ergogenic aids in combat sports: a systematic review and meta-analysis. Nutrients. 2022;14(13):2588. https://doi.org/10.3390/nu14132588
4. **Goncharenko I.V., Pastukhova V.A., Lukyantseva H.V.** Effectiveness of Plant Adaptogens in Sports: Bibliometric Study and Prospects for Use. Trad. Integr. Med. 2024;9(4):433–441. https://doi.org/10.18502/tim.v9i4.17477
5. **Meng F., Liu Z., Qin S., Liu B.** Oral administration of hydrogen-rich water: biomedical activities, potential mechanisms, and clinical applications. Curr. Pharm. Des. 2025;31(19):1537–1550. https://doi.org/10.2174/0113816128330516241121150719
6. **Dong G., Wu J., Hong Y., Li Q., Liu M., Jiang G., Bao D., Manor B., Zhou J.** Inhalation of hydrogen-rich gas before acute exercise alleviates exercise fatigue: a randomized crossover study. Int. J. Sports Med. 2024;45(13):1014–1022. https://doi.org/10.1055/a-2318-1880
7. **Gvozdjáková A., Kucharská J., Kura B., Vančová O.G., Rausová Z., Sumbalová Z., Uličná O.G., Slezák J.** A new insight into the molecular hydrogen effect on coenzyme Q and mitochondrial function of rats. Can. J. Physiol. Pharmacol. 2020;98(1):29–34. https://doi.org/10.1139/cjpp-2019-0281
8. **Ryu S.H., Oh J.H., Noh K.W., Park S.** Effects of high concentration hydrogen water intake on active oxygen and performance in soccer players. Science & Sports. 2024;39(4):358–368. https://doi.org/10.1016/j.scispo.2023.10.001
9. **Rahman H., Bajgai J., Sharma S., Jeong E.S., Goh S.H., Jang Y.G., Kim C.S., Lee K.J.** Effects of hydrogen gas inhalation on community-dwelling adults of various ages: a single-arm, open-label, prospective clinical trial. Antioxidants. 2023;12(6):1241. https://doi.org/10.3390/antiox12061241
10. **Li Y., Bing R., Liu M., Shang Z., Huang Y., Zhou K., Bao D., Zhou J.** Can molecular hydrogen supplementation reduce exercise-induced oxidative stress in healthy adults? A systematic review and meta-analysis. Front. Nutr. 2024;11:1328705. https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1328705
11. **Zhou K., Shang Z., Yuan C., Guo Z., Wang Y., Bao D., Zhou J.** Can molecular hydrogen supplementation enhance physical performance in healthy adults? A systematic review and meta-analysis. Front. Nutr. 2024;11:1387657. https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1387657
12. **Kawamura T., Higashida K., Muraoka I.** Application of molecular hydrogen as a novel antioxidant in sports science. Oxid. Med. Cell. Longev. 2020;(1):2328768. https://doi.org/10.1155/2020/2328768
13. **Xie F., Jiang X., Yi Y., Liu Z.J., Ma C., He J., Xun Z.M., Wang M., Liu M.Y., Adzavon Y.M., Zhao P.X.** Different effects of hydrogen-rich water intake and hydrogen gas inhalation on gut microbiome and plasma metabolites of rats in health status. Sci. Rep. 2022;12(1):7231. https://doi.org/10.1038/s41598-022-11091-1
14. **Ji S., Sommer A., Bloch W., Wahl P.** Comparison and performance validation of calculated and established anaerobic lactate thresholds in running. Medicina (Kaunas). 2021;57(10):1117. https://doi.org/10.3390/medicina57101117
15. **Куприянов И.В.** Расчёт величины эффекта при применении непараметрических критериев сравнения выборок в психологических исследованиях с использованием программы R. Инженерный вестник Дона [интернет]. 2016;(2). Режим доступа: http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3610 [**Kupriyanov I.V.** Calculation of effect size when using nonparametric sample comparison tests in psychological research with the R Program. Engineering Journal of Don. 2016;(2). Available at: http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3610 (In Russ.)].
16. **Kostanek J., Karolczak K., Kuliczkowski W., Watala C.** Bootstrap method as a tool for analyzing data with atypical distributions deviating from parametric assumptions: Critique and effectiveness evaluation. Data. 2024;9(8):95. https://doi.org/10.3390/data9080095
17. **Modric T., Versic S., Sekulic D.** Does aerobic performance define match running performance among professional soccer players? A position-specific analysis. Res. Sports Med. 2021;29(4):336–348. https://doi.org/10.1080/15438627.2021.1888107
18. **Poole D.C., Rossiter H.B., Brooks G.A., Gladden L.B.** The anaerobic threshold: 50+ years of controversy. J. Physiol. 2021;599(3):737–767. https://doi.org/10.1113/JP279963
19. **Carrier B., Helm M.M., Cruz K., Barrios B., Navalta J.W.** Validation of aerobic capacity (VO2max) and lactate threshold in wearable technology for athletic populations. Technologies. 2023;11(3):71. https://doi.org/10.3390/technologies11030071
20. **Valenta M., Botek M., Krejčí J.,** Mc**Kune A., Sládečková B., Neuls F., Bajgar R., Klimešová I.** Acute pre-exercise hydrogen rich water intake does not improve running performance at maximal aerobic speed in trained track and field runners: A randomized, double-blind, placebo-controlled crossover study. PLoS One. 2022;17(12):e0279307. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0279307
21. **Botek M., Khanna D., Krejčí J., Valenta M.,** Mc**Kune A., Sládečková B., Klimešová I.** Molecular hydrogen mitigates performance decrement during repeated sprints in professional soccer players. Nutrients. 2022;14(3):508. https://doi.org/10.3390/nu14030508
22. **Javorac D., Stajer V., Ratgeber L., Betlehem J., Ostojic S.** Short-term H2 inhalation improves running performance and torso

strength in healthy adults. Biol. Sport. 2019;36(4):333–339. https://doi.org/10.5114/biolsport.2019.88756

23. **Jebabli N., Ouerghi N., Abassi W., Yagin F.H., Khlifi M., Boujabli M., Bouassida A.,** Ben **Abderrahman A., Ardigò L.P.** Acute effect of hydrogen-rich water on physical, perceptual and cardiac responses during aerobic and anaerobic exercises: a randomized, placebo-controlled, double-blinded cross-over trial. Front. Physiol. 2023;14:1240871. https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1240871

24. **Casado A., Foster C., Bakken M., Tjelta L.I.** Does lactate-guided threshold interval training within a high-volume low-intensity approach represent the "next step" in the evolution of distance running training? **International J.** Environ. Res. Public Health. 2023;20(5):3782. https://doi.org/10.3390/ijerph20053782

25. **Drid P., Trivic T., Casals C., Trivic S., Stojanovic M., Ostojic S.M.** Is molecular hydrogen beneficial to enhance post-exercise recovery in female athletes? Science & Sports. 2016;31(4):207–213. https://doi.org/10.1016/j.scispo.2016.04.010

26. **Botek M., Krejčí J.,** Mc**Kune A.J., Sládečková B., Naumovski N.** Hydrogen rich water improved ventilatory, perceptual and lactate responses to exercise. Int. J. Sports Med. 2019;40(14):879–885. https://doi.org/10.1055/a-0991-0268

27. **Aoki K., Nakao A., Adachi T., Matsui Y., Miyakawa S.** Pilot study: Effects of drinking hydrogen-rich water on muscle fatigue caused by acute exercise in elite athletes. Med. Gas Res. 2012;2:12. https://doi.org/10.1186/2045-9912-2-12

28. **Timón R., Olcina G., González-Custodio A., Camacho-Cardenosa M., Camacho-Cardenosa A., Guardado I.** Effects of 7-day intake of hydrogen-rich water on physical performance of trained and untrained subjects. Biol. Sport. 2021;38(2):269–275. https://doi.org/10.5114/biolsport.2020.98625

29. **Botek M., Krejčí J.,** Mc**Kune A., Valenta M., Sládečková B.** Hydrogen rich water consumption positively affects muscle performance, lactate response, and alleviates delayed onset of muscle soreness after resistance training. J. Strength Cond. Res. 2022;36(10):2792–2799. https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003979

30. **Kawamura T., Gando Y., Takahashi M., Hara R., Suzuki K., Muraoka I.** Effects of hydrogen bathing on exercise-induced oxidative stress and delayed-onset muscle soreness. Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 2016;65(3):297–305. https://doi.org/10.7600/jspfsm.65.297

31. Da **Ponte A., Giovanelli N., Nigris D., Lazzer S.** Effects of hydrogen rich water on prolonged intermittent exercise. J. Sports Med. Phys. Fitness. 2018;58(5):612–621. https://doi.org/10.23736/s0022-4707.17.06883-9

32. **Hori A., Sobue S., Kurokawa R., Hirano S.I., Ichihara M., Hotta N.** Two-week continuous supplementation of hydrogenrich water increases peak oxygen uptake during an incremental cycling exercise test in healthy humans: a randomized, single-blinded, placebo-controlled study. Med. Gas Res. 2020;10(4):163–169. https://doi.org/10.4103/2045-9912.304223

33. **Медведев О.С., Южаков А.А., Коннова О.Л., Поварова О.В.** Влияние водородных ингаляций на функциональные характеристики и газовые биомаркеры кишечника у спортсменов-борцов при физической нагрузке. Спортивная медицина: наука и практика. 2025;15(2):20–30. [**Medvedev O.S., Uzhakov A.A., Konnova O.L., Povarova O.V.** Effect of hydrogen inhalation on functional characteristics and intestinal gas biomarkers in wrestlers during physical exercise. Sports medicine: research and practice. 2025;15(2):20–30. (In Russ.)]. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.2.4

34. **Yagin F.H., Pinar A.,** de Sousa **Fernandes M.S.** Statistical effect sizes in sports science. Journal of Exercise Science & Physical Activity Reviews. 2024;2(1):164–171. https://doi.org/10.5281/zenodo.12601138

35. **Ma X., Cao Z., Zhu Z., Chen X., Wen D., Cao Z.** VO2max (VO2peak) in elite athletes under high-intensity interval training: A meta-analysis. Heliyon. 2023;9(6):e16663. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16663

36. **Mikami T., Tano K., Lee H., Lee H., Park J., Ohta F.,** Le**Baron T.W., Ohta S.** Drinking hydrogen water enhances endurance and relieves psychometric fatigue: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. Can. J. Physiol. Pharmacol. 2019;97(9):857–862. https://doi.org/10.1139/cjpp-2019-0059

37. **Ooi C.H., Ng S.K., Omar E.A.** Acute ingestion of hydrogen-rich water does not improve incremental treadmill running performance in endurance-trained athletes. Appl. Physiol. Nutr. Metab. 2020;45(5):513–519. https://doi.org/10.1139/apnm-2019-0553

38. **Ito H., Kabayma S., Goto K.** Effects of electrolyzed hydrogen water ingestion during endurance exercise in a heated environment on body fluid balance and exercise performance. Temperature (Austin). 2020;7(3):290–299. https://doi.org/10.1080/23328940.2020.1742056

39. **Grepl P., Botek M., Krejčí J.,** Mc**Kune A.** Molecular hydrogen inhalation modulates resting metabolism in healthy females: findings from a randomized, double-blind, placebo-controlled crossover study. Med. Gas Res. 2025;15(3):367–373. https://doi.org/10.4103/mgr.MEDGASRES-D-24-00085

40. **Курашова Н.А., Юрьева А.А., Гутник И.Н., Гребенкина Л.А., Лабыгина А.В., Колесникова Л.И.** Изменение оксидантно-антиоксидантного статуса крови у борцов вольного стиля под влиянием физических нагрузок. Спортивная медицина: наука и практика. 2023;13(3):30–36. [**Kurashova N.A., Yureva A.A., Gutnik I.N., Grebenkina L.A., Labygina A.V., Kolesnikova L.I.** Changes in the oxidative-antioxidant status of blood in freestyle wrestlers under the influence of physical exertion. Sports medicine: research and practice. 2023;13(3):30–36. (In Russ.)]. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.3.9

41. **Дикунец М.А., Федотова Е.В., Дудко Г.А., Вирюс Э.Д.** Динамика маркера повреждения миокарда тропонина Т у биатлонистов высокого класса на этапах подготовительного периода. Спортивная медицина: наука и практика. 2024;14(3):46–54. [**Dikunets M.A., Fedotova E.V., Dudko G.A., Virus E.D.** Dynamics of the myocardial damage marker troponin T in elite biathlonists at the stages of the early season. Sports medicine: research and practice. 2024;14(3):46–54. (In Russ.)]. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2024.3.4

42. **Даутова А.З., Мавлиев Ф.А., Дрожецкий Д.А., Зверев А.А., Назаренко А.С.** Оценка функционального состояния организма высококвалифицированных пловцов на основе анализа корреляций и динамики показателей морфологического состава крови после нагрузочного тестирования. Спортивная медицина: наука и практика. 2024;14(2):24–33. [**Dautova A.Z., Mavliev F.A., Drozhetsky D.A., Zverev A.A., Nazarenko A.S.** Assessment of the functional state of the body of highly qualified swimmers based on the analysis of correlations and dynamics of indicators of the morphological composition of the blood after the stress test. Sports medicine: research and practice. 2024;14(2):24–33. (In Russ.)]. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2024.2.1

43. Le**Baron T.W., Ohno K., Salomez-Ihl C., Cinquin P., Boucher F., Sano M., Kheir J.N.** Respiratory-physiology modeling of therapeutic hydrogen inhalation: defining the fraction of inspired hydrogen (FiH2) and flow-rate requirements. Respir. Res. 2026;27(1):259. https://doi.org/10.1186/s12931-026-03664-9

44. **Hori A., Ichihara M., Kimura H., Ogata H., Kondo T., Hotta N.** Inhalation of molecular hydrogen increases breath acetone excretion during submaximal exercise: a randomized, single-blinded, placebo-controlled study. Med. Gas Res. 2020;10(3):96–102. https://doi.org/10.4103/2045-9912.296038

45. **Adzavon Y.M., Xie F., Yi Y., Jiang X., Zhang X., He J., Zhao P., Liu M., Ma S., Ma X.** Long-term and daily use of molecular hydrogen induces reprogramming of liver metabolism in rats by modulating NADP/NADPH redox pathways. Sci. Rep. 2022;12(1):3904. https://doi.org/10.1038/s41598-022-07710-6

Информация об авторах

Хусаинов Денис Рашидович*, к.б.н., доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики, Институт биохимических технологий, экологии и фармации, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», Россия, 295007, Республика Крым, г. Симферополь, пр. Академика Вернадского, д. 4. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0974-6792 (gangliu@yandex.ru)

Матвеев Андрей Владимирович, д.мед.н., генеральный директор ООО «Митохакер», Россия, 107078, г. Москва, Каланчевская ул., д. 4/2 стр. 1, эт. 1, пом. I, ком 8. (montegrappa@mail.ru)

Труханов Арсений Ильич, д.б.н., руководитель Центра научно-исследовательской деятельности ООО «Мрия», Россия, 298688, Республика Крым, город-курорт Ялта р-н, с. Оползневое, ул. Генерала Острякова, д. 9, к. 1. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6398-6549 (at@asvomed.ru)

Мишин Николай Петрович, старший преподаватель кафедры теории и методики физической культуры, факультет медицинской реабилитации, физической культуры и спорта, ордена Трудового Красного Знамени Медицинский институт имени С.И. Георгиевского, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Россия, 295007, Республика Крым, г. Симферополь, пр. Академика Вернадского, д. 4. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4033-1157 (mishinnick@yandex.ru)

Чайка Андрей Владимирович, м.н.с. Научно-клинического центра «Технологии здоровья и реабилитации», ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», Россия, 295051, Республика Крым, Симферополь, б-р Ленина, д. 5, стр. 4. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5193-1089 (andrewchajka@inbox.ru)

Нагаева Елена Ивановна, к.б.н., доцент кафедры теории и методики физической культуры, факультет медицинской реабилитации, физической культуры и спорта, ордена Трудового Красного Знамени Медицинский институт имени С. И. Георгиевского, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Россия, 295007, Республика Крым, г. Симферополь, пр. Академика Вернадского, д. 4. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0192-1752 (enagaeva75@mail.ru)

Бирюкова Елена Александровна, к.б.н., доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики, Институт биохимических технологий, экологии и фармации, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», Россия, 295007, Республика Крым, г. Симферополь, пр. Академика Вернадского, д. 4. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2628-0923 (biotema@mail.ru)

Information about the authors

Denis R. Khusainov*, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor at the Department of Human and Animal Physiology and Biophysics; Institute of Biochemical Technologies, Ecology and Pharmacy of V.I. Vernadsky Crimean Federal University, 4 Akademika Vernadckogo ave., Simferopol, 295007, Russia. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0974-6792 (gangliu@yandex.ru)

Andrey V. Matveev, Dr. Sci. (Med.), General Director of Mitohacker LLC, 4/2, bldg. 1, floor 1, Premises I, room 8 Kalanchyovskaya str., Moscow, 107078, Russia. (montegrappa@mail.ru)

Arseniy I. Trukhanov, Dr. Sci. (Biology), Head of the Research Centre of the LLC "Mriya", 9, bldg. 1 Generala Ostryakova str., Opolznevoye, Yalta, 298688, Russia. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6398-6549 (at@asvomed.ru)

Nikolay P. Mishin, Senior Lecturer at the Department of Theory and Methodology of Physical Education, Faculty of Medical Rehabilitation, Physical Education and Sport, Order of the Red Banner of Labour Order of the S.I. Georgievsky Medical Institute, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, 4 Akademika Vernadckogo ave., Simferopol, 295007, Russia. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4033-1157 (mishinnick@yandex.ru)

Andrew V. Chajka, Junior Researcher, Scientific and Clinical Center "Health and Rehabilitation Technologies", V.I. Vernadsky Crimean Federal University, 5, bldg. 4 Lenin blvd., 295051, Simferopol, Russia. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5193-1089 (andrewchajka@inbox.ru)

Elena I. Nagaeva, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor at the Department of Theory and Methodology of Physical Education, Faculty of Medical Rehabilitation, Physical Education and Sport, Order of the Red Banner of Labour Order of the S.I. Georgievsky Medical Institute, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, 4 Akademika Vernadckogo ave., Simferopol, 295007, Russia. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0192-1752 (enagaeva75@mail.ru)

Elena A. Biryukova, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor at the Department of Human and Animal Physiology and Biophysics.; Institute of Biochemical Technologies, Ecology and Pharmacy of V.I. Vernadsky Crimean Federal University, 4 Akademika Vernadckogo ave., 295007, Simferopol, Russia. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2628-0923 (biotema@mail.ru)

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Sports Medicine: research and practice

https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.2.6
УДК: 616.728.3-089.844:616.728.4
Тип статьи: оригинальное исследование

Check for updates
CC BY 4.0

Функциональное состояние стопы и голеностопного сустава у футболистов после реконструкции передней крестообразной связки с использованием аутотрансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы голени

Е.Н. Гончаров[1,2], О.А. Коваль[1,2], А.А. Ветошкин[2,3], Л.А. Мохирев[1], К.И. Захаров[4], А.В. Михайлов[5], М.П. Семенова[6], Д.М. Алексеев[7], В.Г. Голубев[1,2]*

[1] *Научно-клинический центр № 2 Государственного научного центра Российской Федерации — ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского», г. Москва, Россия*

[2] *ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия*

[3] *Европейский медицинский центр, г Москва, Россия*

[4] *Клиника высоких медицинских технологий имени Н.И. Пирогова Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербург, Россия*

[5] *Клиника «Физиокульт», г. Москва, Россия*

[6] *ФГБУ «Национальный центр спортивной медицины Федерального медико-биологического агентства», Москва, Россия*

[7] *Медицинский центр «МедЭксперт», Московская область, г. Чехов, Россия*

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: оценить функциональное состояние стопы и голеностопного сустава у футболистов после реконструкции передней крестообразной связки коленного сустава (ПКС) с использованием аутотрансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы голени (СДММ).

Материалы и методы. Реконструкция ПКС с использованием аутотрансплантата сухожилия длинной малоберцовой мышцы голени (СДММ) была выполнена 81 футболисту, из которых в окончательный анализ включены 50 участников с полными данными, составившими основную группу. В контрольную группу включили 50 футболистов без операций по поводу нестабильности голеностопного сустава. Функцию стопы и голеностопного сустава в обеих группах оценивали по American Orthopaedic Foot & Ankle Society Ankle-Hindfoot Scale (AOFAS). Для характеристики функции коленного сустава в основной группе использовали International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form (IKDC) и Tegner and Lysholm Knee Scoring Scale (Tegner — Lysholm). Для сравнения AOFAS применяли критерий Манна — Уитни, для парных бинарных данных — точный критерий Мак-Немара.

Результаты. Средний показатель AOFAS составил 98,7 ± 2,9 балла в основной группе и 96,4 ± 6,0 балла в контрольной группе (p = 0,150; δ Клиффа 0,132; 95 % ДИ от –0,048 до 0,311). При итоговой оценке, проведенной через 4,0 [3,0; 5,0] года после операции, доля участников с эпизодами подворачивания стопы составила 16 % (8 из 50) по сравнению с 34 % (17 из 50) до операции. К прежнему уровню физической активности вернулись 58 % (29 из 50) участников основной группы. Синовит зарегистрирован у 2 % (1 из 50), гонит — у 4 % (2 из 50), а разрыв аутотрансплантата ПКС — 8 % (4 из 50) участников контрольной группы.

Заключение. Через медиану 4,0 года после реконструкции ПКС с использованием аутотрансплантата из СДММ показатель AOFAS оставался высоким: статистически значимого различия при оценке функции стопы и голеностопного сустава между пациентами сравниваемых групп не выявлено. Стойких осложнений донорской области не зарегистрировано. Полученные результаты не указывают на клинически и статистически значимые ухудшения функции стопы и голеностопного сустава после забора СДММ и подтверждают возможность применения данного вида аутотрансплантата у футболистов.

Ключевые слова: передняя крестообразная связка, сухожилие длинной малоберцовой мышцы голени, аутотрансплантат, голеностопный сустав, AOFAS

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Гончаров Е.Н., Коваль О.А., Ветошкин А.А., Мохирев Л.А., Захаров К.И., Михайлов А.В., Семенова М.П., Алексеев Д.М., Голубев В.Г. Функциональное состояние стопы и голеностопного сустава у футболистов после реконструкции передней крестообразной связки с использованием аутотрансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы голени. *Спортивная медицина: наука и практика.* 2026;16(2):16–27. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.2.6

Поступила в редакцию: 02.07.2026
Принята к публикации: 27.08.26
Online first: 20.10.2026
Опубликована: 13.11.2026

*** Автор, ответственный за переписку**

Спортивная Медицина: наука и практика

Foot and ankle function in football players after anterior cruciate ligament reconstruction using a peroneus longus tendon autograft

Evgeny N. Goncharov[1,2], Oleg A. Koval[1,2], Aleksandr A. Vetoshkin[2,3], Leonid A. Mokhirev[1], Kirill I. Zakharov[4], Aleksei V. Mikhailov[5], Mariia P. Semenova[6], Dmitry M. Alekseev[2], Valery G. Golubev[1,2]*

[1] *Research and Clinical Center No. 2, Petrovsky National Research Centre of Surgery, Moscow, Russian Federation*

[2] *Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation*

[3] *European Medical Center (EMC), Moscow, Russian Federation*

[4] *N.I. Pirogov Clinic of High Medical Technologies, Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russian Federation*

[5] *Fiziokult Clinic, Moscow, Russian Federation*

[6] *National Center for Sports Medicine, Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russian Federation*

ABSTRACT

Objective: To assess the functional status of the foot and ankle in football players after anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction using a peroneus longus tendon (PLT) autograft.

Materials and methods: ACL reconstruction using a PLT autograft was performed in 81 football players. The final analysis included 50 participants with complete data, who comprised the surgical cohort. The control group consisted of 50 professional football players without a history of surgery for ankle instability. Foot and ankle function in both groups was assessed using the American Orthopaedic Foot & Ankle Society Ankle-Hindfoot Scale (AOFAS). The International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form (IKDC) and the Tegner and Lysholm Knee Scoring Scale (Tegner — Lysholm) were used to characterize knee function in the surgical cohort. AOFAS scores were compared using the Mann–Whitney U test; paired binary data were analyzed using McNemar's exact test.

Results: The mean AOFAS score was 98.7 ± 2.9 in the surgical cohort and 96.4 ± 6.0 in the control group ($p = 0.150$; Cliff's $\delta = 0.132$; 95 % CI — 0.048 to 0.311). At the final follow-up, conducted at a median of 4.0 [3.0; 5.0] years postoperatively, the proportion of participants reporting ankle giving-way episodes decreased from 17/50 (34.0 %) preoperatively to 8/50 (16.0 %) postoperatively. Return to the pre-injury level of physical activity was achieved by 29/50 (58.0 %) participants in the surgical cohort. Synovitis was recorded in 1/50 (2.0 %), gonitis in 2/50 (4.0 %), and ACL autograft rupture in 4/50 (8.0 %) participants in the surgical cohort.

Conclusion: At a median follow-up of 4.0 years after ACL reconstruction using a PLT autograft, AOFAS scores remained high, with no statistically significant difference in foot and ankle function between the surgical cohort and the control group. No persistent donor-site complications were observed. The results do not indicate clinically or statistically significant deterioration in foot and ankle function after PLT harvest and support the use of this autograft in football players.

Keywords: anterior cruciate ligament, peroneus longus tendon, autograft, ankle joint, AOFAS

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

For citation: Goncharov E.N., Koval O.A., Vetoshkin A.A., Mokhirev L.A., Zakharov K.I., Mikhailov A.V., Semenova M.P., Alekseev D.M., Golubev V.G. Foot and ankle function in football players after anterior cruciate ligament reconstruction using a peroneus longus tendon autograft. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2026;16(2):16–27. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.2.6

Received: 07 July 2026
Accepted: 27 August 2026
Online first: 20 October 2026
Published: 13 November 2026

*** Corresponding author**

1. Введение

Разрыв передней крестообразной связки коленного сустава (ПКС) относится к наиболее распространенным повреждениям коленного сустава у физически активных лиц. Типичный механизм травмы связан с резкой сменой направления, торможением или приземлением при фиксированной стопе. При симптоматической нестабильности у молодых пациентов с высоким уровнем физической активности артроскопическая реконструкция ПКС остается основным способом восстановления стабильности и функции коленного сустава [1–3]. Для реконструкции ПКС используют аутотрансплантаты из связки надколенника с костными блоками (bone–patellar tendon–bone, BTB), сухожилий полусухожильной и нежной мышц (semitendinosus and gracilis tendons, ST+GR), сухожилия четырехглавой мышцы бедра (quadriceps tendon, QT) и сухожилия длинной малоберцовой мышцы голени (СДММ; peroneus longus tendon, PLT) [4–6]. Альтернативным вариантом является применение алло- и ксенотрансплантатов, однако их использование связано с риском несостоятельности трансплантата, иммуногенных реакций и недостатком убедительных долгосрочных данных у пациентов с высоким уровнем физической активности, что существенно сужает

показания к их применению [7, 8]. Выбор конкретного типа аутотрансплантата у пациентов, занимающихся спортом, определяется его механическими свойствами, функциональными запросами пациента, профилем физической нагрузки и ожидаемой морбидностью донорской области.

СДММ обладает достаточными для реконструкции ПКС длиной и диаметром; его забор отличается технической простотой и не требует вмешательства на сгибательном и разгибательном аппарате коленного сустава [12–15, 20, 25]. Совокупность этих преимуществ расширяет показания к использованию СДММ, включая первичные, ревизионные и мультилигаментарные реконструкции ПКС [19, 23, 24], однако данные о донорской области получены преимущественно в небольших и неоднородных выборках. Кроме того, сведения о применении СДММ у спортсменов, предъявляющих высокие функциональные требования к стопе и голеностопному суставу, ограничены [14, 18, 22, 33, 34].

Потенциальные функциональные ограничения связаны с ролью длинной малоберцовой мышцы голени в эверсии и подошвенном сгибании стопы, стабилизации первого луча и поддержании динамической устойчивости голеностопного сустава [9, 11]. Опубликованные результаты по силе эверсии, походке и клиническим шкалам неоднородны: высокий субъективный функциональный статус не всегда исключает объективные биомеханические изменения [10, 16–18, 21, 22].

Для футболистов сохранение функционального резерва мышц голени особенно важно из-за повторяющихся ускорений, торможений, смен направления и ударов по мячу. Повреждения нижних конечностей, включая травмы коленного и голеностопного суставов, широко распространены в профессиональном футболе [35–39]. Поскольку забор СДММ может влиять на функцию голеностопного сустава, при оценке его последствий необходимо учитывать исходные морфоантропометрические особенности стопы [40] и последующие функциональные изменения.

Цель исследования — оценить функциональное состояние стопы и голеностопного сустава у футболистов после реконструкции ПКС с использованием аутотрансплантата из СДММ. Значения AOFAS (American Orthopaedic Foot & Ankle Society Ankle-Hindfoot Scale), полученные в основной группе, сопоставляли с данными контрольной группы профессиональных футболистов без операций по поводу нестабильности голеностопного сустава.

2. Материалы и методы

2.1. Дизайн исследования и участники

Проведено одноцентровое наблюдательное исследование с ретроспективным формированием основной группы (пациенты, перенесшие артроскопическую реконструкцию ПКС), оценкой отдаленных результатов и формированием контрольной группы футболистов для определения референсных значений функции стопы и голеностопного сустава. При подготовке публикации использовали рекомендации по представлению результатов наблюдательных исследований в эпидемиологии (Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology, STROBE) [30].

В 2018–2024 гг. 81 пациенту, регулярно игравшему в футбол на профессиональном или любительском уровне, выполнили артроскопическую реконструкцию ПКС с использованием аутотрансплантата из СДММ. Из-за отсутствия ответа на контрольное анкетирование и/или неполноты данных 31 пациент не был включен в итоговый анализ; окончательная выборка составила 50 пациентов.

Контрольную группу составили 50 профессиональных футболистов без анамнеза хирургического лечения коленного и голеностопного суставов по поводу нестабильности. Обезличенные сведения, включая результаты AOFAS, были предоставлены врачами профессиональных футбольных клубов. Контрольную группу использовали как внешний ориентир функции стопы и голеностопного сустава при высоком уровне спортивной нагрузки и сопоставляли с основной группой только по AOFAS. Послеоперационную оценку проводили через 1–8 лет после операции: средний срок наблюдения составил 4,1 ± 1,9 года, медиана — 4,0 [3,0; 5,0] года.

Хирургическое лечение проводили по единой технике и с использованием однотипного инструмента и оборудования. Метод фиксации трансплантата был унифицирован для всех пациентов и включал сочетание пуговицы и интерференционного винта.

2.2. Критерии включения и исключения

Критерии включения в хирургическую когорту:

— возраст 16–50 лет на момент операции;

— регулярные занятия футболом: не менее трех тренировок в неделю и систематическое участие в соревновательных матчах;

— клинически и инструментально подтвержденный разрыв ПКС (с сопутствующим повреждением мениска или без него);

— отсутствие предшествующих операций на ипсилатеральном коленном суставе;

— отсутствие хронической нестабильности голеностопного сустава в анамнезе, а также значимой врожденной или посттравматической деформации стопы и голеностопного сустава;

— письменное информированное согласие на заполнение анкет и участие в исследовании.

Критерии исключения из основной группы:

— мультилигаментарное повреждение коленного сустава;

— хондромаляция суставных поверхностей IV степени по классификации Outerbridge или выраженное повреждение хряща, способное независимо влиять на функциональный исход [29];

— ревизионная реконструкция ПКС;

— врожденная или посттравматическая деформация стопы и голеностопного сустава;

— отказ от участия на любом этапе исследования.

2.3. Методы оценки и схема анкетирования

Функцию коленного сустава в основной группе оценивали с использованием Tegner and Lysholm Knee Scoring Scale (Tegner — Lysholm) и International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form (IKDC), а функцию стопы и голеностопного сустава в обеих группах — с использованием American Orthopaedic Foot & Ankle Society Ankle-Hindfoot Scale (AOFAS) [26–28]. Основное межгрупповое сопоставление проводили только по AOFAS, поскольку контрольная группа была сформирована как функциональный ориентир для стопы и голеностопного сустава. Значения IKDC и Tegner — Lysholm с контрольной группой не сравнивали. Включение спортсменов в возрасте 16 и 17 лет обусловлено возможностью раннего достижения профессионального статуса в футболе. Объем хирургического лечения и программы реабилитации у этих пациентов не отличались от таковых у других участников основной группы.

Итоговое обследование пациентов основной группы проводили однократно в различные сроки после операции — от 1 года до 8 лет (медиана — 4,0 [3,0; 5,0] года). Динамическую оценку функции в нескольких временных точках не выполняли. Сведения об эпизодах подворачивания до операции получали ретроспективно при итоговом анкетировании; послеоперационные эпизоды оценивали за период от операции до итогового обследования.

Анкетирование пациентов основной группы включало сведения об уровне занятий футболом (профессиональный/любительский), разновидности футбола (классический футбол, мини-футбол/футзал, пляжный футбол), стаже занятий и возрасте на момент травмы или обследования, опорной конечности при ударе, а также наличии эпизодов подворачивания стопы до и после операции. Дополнительно проводили клиническую оценку голеностопного и коленного суставов и анализировали результаты предоперационной магнитно-резонансной томографии (МРТ) коленного сустава. В контрольной группе анализировали представленные в обезличенном виде характеристики и значения AOFAS.

2.4. Хирургическая техника

Перед реконструкцией ПКС проводили диагностическую артроскопию и необходимые лечебные вмешательства: резекцию или шов поврежденного мениска/менисков, иссечение гипертрофированных синовиальных складок и патологически измененной синовиальной оболочки. По завершении лечебно-диагностического этапа переходили к подготовке аутотрансплантата и реконструкции ПКС. Операцию выполняли по однопучковой технике с формированием анатомически ориентированных бедренного и большеберцового каналов через переднемедиальный артроскопический доступ. В качестве аутотрансплантата использовали СДММ ипсилатеральной конечности;



Рис. 1. Формирование хирургической когорты и контрольной группы: схема анализа AOFAS
Fig. 1. Flowchart of the surgical cohort and control group and the AOFAS analysis framework
Примечание: ПКС — передняя крестообразная связка; СДММ — сухожилие длинной малоберцовой мышцы голени; AOFAS — American Orthopaedic Foot & Ankle Society Ankle-Hindfoot Scale; IKDC — International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form.
Note: ACL — anterior cruciate ligament; PL — peroneus longus tendon; AOFAS — American Orthopaedic Foot & Ankle Society Ankle-Hindfoot Scale; IKDC — International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form.



Рис. 2. Формирование аутотрансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы (СДММ)
Fig. 2. Peroneus longus tendon (PLT) autograft preparation

диаметр костных каналов подбирали по диаметру подготовленного трансплантата.

Сухожилие забирали через разрез длиной около 2 см по заднему краю латеральной лодыжки с использованием закрытого стрипера. После удаления мышечных волокон концы трансплантата прошивали нерассасывающейся нитью и располагали на регулируемой кортикальной системе. Количество слоев трансплантата (2 или 3) определяли по исходному диаметру сухожилия: при его диаметре менее 7,5 мм использовали три слоя.

Затем трансплантат проводили через сформированные костные каналы. На бедренной стороне применяли регулируемую кортикальную фиксацию, на большеберцовой — биодеградируемый интерферентный винт соответствующего диаметра.

2.5. Послеоперационная реабилитация

Послеоперационную реабилитацию проводили по единому протоколу под контролем оперирующего хирурга и специалиста по медицинской реабилитации. Протокол включал обучение пациента; контроль боли и отека с помощью локального охлаждения, эластической компрессии и возвышенного положения конечности; регулярное выполнение лечебных упражнений, направленных на восстановление объема движений и проприоцепции; дозированное увеличение осевой нагрузки в сочетании с силовыми тренировками. Базовый протокол корректировали только с учетом объема сопутствующего вмешательства: после шва мениска ограничивали сгибание и применяли ортез, а после латерального экстракапсулярного тенодеза темп увеличения нагрузки определял оперирующий хирург. Переход между этапами реабилитации осуществляли на основании клинических и функциональных критериев консенсуса российских травматологов, включая интенсивность боли, выраженность отека, объем движений и качество выполнения упражнений [31, 41].

Через несколько часов после операции при отсутствии противопоказаний пациентам разрешали ходьбу в пределах палаты с дозированной осевой нагрузкой на оперированную нижнюю конечность. На раннем этапе реабилитации (первые две недели) лечебная физкультура включала изометрическое напряжение четырехглавой мышцы бедра, подъем выпрямленной нижней конечности, активные движения стопой (тыльное и подошвенное сгибание, эверсия и инверсия) и упражнения на восстановление объема движений в коленном суставе. После шва мениска сгибание в коленном суставе ограничивали до 90° в течение первых шести недель и применяли шарнирный ортез. В первые три недели рекомендовали щадящий домашний режим; затем специалист по медицинской реабилитации расширял двигательный режим с учетом выраженности боли и отека.

С третьей недели добавляли упражнения на тыльное сгибание и эверсию стопы с использованием эластической ленты без осевой нагрузки. С шестой недели увеличивали объем силовых упражнений для мышц бедра и голени и начинали проприоцептивные тренировки, включая упражнения на нестабильных платформах. С третьего месяца разрешали прямолинейный бег по ровной поверхности без резкой смены направления и занятия в тренажерном зале с постепенным увеличением эксцентрической нагрузки на четырехглавую мышцу и мышцы задней группы бедра. Возврат к дотравматическому уровню спортивной нагрузки допускали не ранее чем через 6–8 месяцев после операции и только после восстановления объема движений, силы и нейромышечного контроля по данным клинических и функциональных тестов. Контрольные осмотры выполняли через 3, 6, 12 и 24 недели, а также через 12 и 24 месяца после операции. Через 4–6 месяцев после операции рекомендовали МРТ коленного сустава с последующей консультацией оперирующего хирурга.

При подозрении на разрыв трансплантата ПКС выполняли клиническое обследование и МРТ коленного сустава; пациента направляли на консультацию оперирующего хирурга. Дальнейшую лечебную тактику

определяли индивидуально вне протокола настоящего исследования.

2.6. Конечные точки исследования

Основными конечными точками, относящимися к донорской области, были клинико-анкетная оценка функции стопы и голеностопного сустава по AOFAS и наличие эпизодов подворачивания стопы до и после операции. Межгрупповое сопоставление с контрольной группой проводили только для AOFAS. Дополнительными конечными точками в основной группе были итоговые значения Tegner — Lysholm и IKDC, возврат к дотравматическому уровню физической активности и срок такого возврата, ранние воспалительные послеоперационные осложнения, разрыв трансплантата и зарегистрированные осложнения в донорской области.

2.7. Статистический анализ

Количественные переменные описывали с помощью среднего значения и стандартного отклонения (standard deviation, SD), а также медианы и межквартильного размаха Me [Q1; Q3], где Q1 и Q3 — первый и третий квартили. Нормальность распределения проверяли критерием Шапиро — Уилка. Категориальные данные представляли как абсолютные значения и доли *n* (%).

Распределение AOFAS в основной и контрольной группах отличалось от нормального, поэтому межгрупповое сопоставление проводили с помощью двустороннего критерия Манна — Уитни. Размер эффекта оценивали с использованием дельты Клиффа; 95 % ДИ для δ рассчитывали методом бутстрепа с 20 000 повторных выборок. Изменение частоты эпизодов подворачивания стопы до и после операции в основной группе оценивали точным критерием Мак-Немара. Исходные характеристики групп, а также значения IKDC и Tegner — Lysholm представляли описательно; прямые сравнения профессионалов и любителей и сравнения IKDC или Tegner — Lysholm с контрольной группой не проводили. Статистически значимыми считали различия при $p < 0{,}05$.

Статистический анализ выполнен в среде Python 3.13.5 с использованием библиотек SciPy 1.17.0 и NumPy 2.3.5. Для каждого показателя указывали фактическое число наблюдений.

2.8. Этические аспекты

Исследование выполнено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации. Протокол одобрен локальным этическим комитетом. Участники хирургической когорты подписали письменное информированное согласие. Данные контрольной группы были предоставлены в обезличенном виде.

3. Результаты

3.1. Исходные характеристики когорты

Возраст участников основной группы варьировался от 16 до 50 лет. Средний возраст составил 24,7 ± 6,7 года, медиана — 23 [20; 28] года. Мужчин было 45 (90 %), женщин — 5 (10 %). Средние значения роста, массы тела и индекса массы тела составили 180,0 ± 7,5 см, 79,3 ± 13,1 кг и 24,4 ± 3,7 кг/м^2 соответственно. Профессионалами были 17 (34 %) участников, любителями — 33 (66 %).

Контрольная группа состояла из 50 профессиональных футболистов; ее характеристики представлены в таблице 1. Статистические сравнения исходных характеристик участников обеих групп не проводили. В основной группе средний диаметр бедренного и большеберцового каналов составил 7,98 ± 0,50 и 8,01 ± 0,50 мм соответственно; трансплантат складывали в два слоя у 35/50 (70 %) и в три слоя у 15/50 (30 %) пациентов. Реконструкция ПКС была выполнена справа у 27 из 50 пациентов (54 %), слева — у 16 (32 %), с двух сторон — у 7 (14 %).

3.2. Функциональные показатели при итоговом обследовании

При итоговом обследовании в основной группе среднее значение IKDC составило 89,3 ± 10,5 балла, медиана — 90,8 [86,2; 95,4] балла; для Tegner — Lysholm соответствующие значения составили 91,0 ± 8,8 и 93,0 [84,0; 99,5] балла. Средний показатель AOFAS составил 98,7 ± 2,9 балла в основной группе и 96,4 ± 6,0 балла в контрольной группе. Медианы составили 100,0 [100,0; 100,0] и 100,0 [90,5; 100,0] балла соответственно. Статистически значимого различия по AOFAS между группами не выявлено ($U = 1415{,}5$; $p = 0{,}150$; δ Клиффа = 0,132; 95 % ДИ от –0,048 до 0,311).

3.3. Клинико-анкетная оценка стабильности голеностопного сустава и стопы

Об эпизодах подворачивания стопы до операции сообщили 34,0 % (17 из 50) участников основной группы. При итоговой оценке после операции подобные эпизоды отмечали 16,0 % (8 из 50) участников. У 30 участников эпизоды отсутствовали в оба периода, у 5 сохранялись, у 12 прекратились, а у 3 появились после операции. Разность парных долей составила –18,0 п. п. (95 % ДИ от –32,0 до –4,0); различие было статистически значимым (точный критерий Мак-Немара, $p = 0{,}035$). В контрольной группе 45/50 (90,0 %) футболистов анамнестически сообщили об эпизодах подворачивания за весь период занятий; при этом операций по поводу нестабильности голеностопного сустава у них не было. Формальное межгрупповое сравнение частоты эпизодов не проводили.

3.4. Послеоперационные результаты и осложнения

Гонит и синовит были зарегистрированы у 6,0 % (3 из 50) пациентов: гонит — у 4,0 % (2 из 50), синовит — у 2,0 % (1 из 50). Разрыв аутотрансплантата ПКС произошел у 8,0 % (4 из 50) пациентов, которых направили на дополнительное клиническое

Sports Medicine: research and practice

Таблица 1

Характеристики основной и контрольной групп и основные параметры операции

Table 1

Characteristics of the surgical cohort and control group and surgical data

Показатель	Основная группа, *n* = 50	Контрольная группа, *n* = 50
Возраст, лет	24,7 ± 6,7; 23,0 [20,0; 28,0]	24,3 ± 6,4; 24,0 [20,0; 28,0]
Мужчины/женщины, *n* (%)	45/5 (90/10)	46/4 (92/8)
Рост, см	180,0 ± 7,5; 180,0 [176,0; 185,0]	179,4 ± 7,2; 180,0 [175,0; 184,0]
Масса тела, кг	79,3 ± 13,1; 75,5 [70,0; 87,3]	78,6 ± 12,7; 77,0 [70,0; 85,0]
Индекс массы тела, кг/м²	24,4 ± 3,7; 23,5 [21,6; 26,0]	24,3 ± 3,5; 23,9 [21,9; 26,1]
Профессиональный/любительский уровни, *n* (%)	17/33 (34/66)	50/0 (100/0)
Классический футбол / мини-футбол и футзал / пляжный футбол, *n* (%)	38/12/0 (76/24/0)	50/0/0 (100/0/0)
Стаж занятий футболом, лет	11,2 ± 4,2; 11,0 [8,0; 14,8]	11,7 ± 5,5; 12,0 [8,0; 14,0]
Опорная конечность: левая/правая, *n* (%)	2/48 (4/96)	42/8 (84/16)
Сторона операции: справа/слева/двусторонне, *n* (%)	27/16/7 (54/32/14)	н/п
Сопутствующее повреждение мениска, *n* (%)	22/50 (44,0)	н/п
Изолированная реконструкция ПКС, *n* (%)	28/50 (56,0)	н/п
Резекция поврежденного мениска, *n* (%)	13/50 (26,0)	н/п
Шов поврежденного мениска, *n* (%)	9/50 (18,0)	н/п
Латеральный экстракапсулярный тенодез, *n* (%)	8/50 (16,0)	н/п
Срок наблюдения после операции, лет	4,1 ± 1,9; 4,0 [3,0; 5,0]	н/п

Примечание: Количественные данные представлены как *M* ± SD и Me [*Q*1; *Q*3], категориальные — как *n* (%). Исходные характеристики приведены описательно; формальное межгрупповое статистическое сопоставление проводили только для AOFAS. Н/п — не применимо.

Note: Quantitative data are presented as *M* ± SD and Me [*Q*1; *Q*3], categorical data as *n* (%). Baseline characteristics are presented descriptively; formal between-group statistical comparisons were performed only for AOFAS. Н/п — not applicable.

Таблица 2

Сравнение AOFAS в основной и контрольной группах футболистов

Table 2

Comparison of AOFAS scores between the surgical cohort and the football control group

Показатель	Основная группа, *n* = 50	Контрольная группа, *n* = 50	*U*	*p*	δ Клиффа (95 % ДИ)
AOFAS, баллы	98,7 ± 2,9; 100,0 [100,0; 100,0]	96,4 ± 6,0; 100,0 [90,5; 100,0]	1415,5	0,150	0,132 (–0,048; 0,311)

Примечание: в таблице приведены *M* ± SD и Me [*Q*1; *Q*3]. *U* — статистика критерия Манна — Уитни; δ — дельта Клиффа; 95 % ДИ для δ рассчитан методом бутстрепа с 20 000 повторных выборок. Контрольную группу футболистов без операций по поводу нестабильности голеностопного сустава использовали как внешний функциональный ориентир при высоком уровне спортивной нагрузки.

Note: The table shows *M* ± SD and Me [*Q*1; *Q*3]. *U* is the Mann — Whitney test statistic; δ is Cliff's delta; 95% CI for δ was calculated using the bootstrap method with 20,000 replicate samples. A control group of football players without ankle instability surgery was used as an external functional reference point under high-level athletic loads.

обследование, МРТ коленного сустава и консультацию оперирующего хирурга; дальнейшее лечение и его исходы не входили в задачи исследования. Стойкая гипестезия латеральной поверхности стопы и повреждение малоберцового нерва не наблюдались ни у одного участника основной группы. К дотравматическому уровню физической активности вернулись 58,0 % (29 из 50) пациентов. У 40 участников с указанным сроком возврата к спорту среднее значение составило 10,6 ± 3,6 месяца, медиана — 11,0 [8,0; 12,0] месяца.

4. Обсуждение

Главный результат исследования состоит в том, что через медиану 4,0 года после реконструкции ПКС клинико-функциональный показатель AOFAS в основной группе оставался высоким и статистически значимо не отличался от показателя контрольной группы профессиональных футболистов без операций по поводу нестабильности голеностопного сустава. Полученные данные не свидетельствуют о клинически выраженном ухудшении функции стопы и голеностопного сустава после забора СДММ.

Таблица 3

Наличие эпизодов подворачивания стопы в основной группе: парный анализ

Table 3

Dynamics of ankle giving-way episodes in the surgical cohort: paired analysis

Показатель	До операции, *n* (%)	При итоговой оценке, *n* (%)	Разность после — до, п. п. (95 % ДИ)	*p*
Эпизоды подворачивания стопы	17/50 (34,0 %)	8/50 (16,0 %)	–18,0 (от –32,0 до –4,0)	0,035

Примечание: в отдельном столбце приведено *p*-значение точного критерия Мак-Немара; 95 % ДИ разности парных долей рассчитан методом бутстрепа с 20 000 повторных выборок. В контрольной группе 45/50 (90,0 %) участников анамнестически сообщили об эпизодах подворачивания за весь период занятий футболом; формальное межгрупповое сравнение частоты эпизодов не проводили.
Note: The *p*-value for the McNemar exact test is reported in a separate column; the 95 % CI for the difference in paired proportions was calculated using the bootstrap method with 20,000 resamples. In the control group, 45/50 (90.0 %) participants reported a history of twisting episodes during their entire football career; a formal between-group comparison of episode frequency was not conducted.

Среднее значение AOFAS в настоящем исследовании (98,7 ± 2,9 балла) согласуется с результатами Rhatomy и соавт., описавших выборку из 31 пациента через шесть месяцев после реконструкции ПКС с использованием СДММ. Средние значения AOFAS и Foot and Ankle Disability Index (FADI) составили 98,71 ± 3,03 и 99,71 ± 0,57 балла соответственно. Сила эверсии на стороне забора трансплантата и на контралатеральной стороне также не различалась (65,87 ± 7,63 и 66,96 ± 8,38 *H* соответственно; $p = 0,55$), как и сила подошвенного сгибания первого луча (150,64 ± 11,67 и 152,10 ± 12,16 *H* соответственно; $p = 0,68$) [16]. Совпадение балльной оценки и отсутствие силовой асимметрии в этой публикации поддерживают клиническую интерпретацию данных настоящего исследования.

Вместе с тем высокий балл AOFAS не исключает возможного объективного дефицита. Shao и соавт. обследовали 21 пациента в среднем через 31,8 месяца после полнослойного забора СДММ: показатель AOFAS остался практически неизменным по сравнению с дооперационным уровнем (98,7 ± 2,5 против 98,5 ± 2,4 балла; $p = 0,480$), различий в прыжковом тесте и силе подошвенного сгибания между конечностями не выявлено, однако пиковая сила эверсии на стороне забора была ниже, чем на контралатеральной стороне (121,5 ± 34,0 и 133,0 ± 35,3 *H* соответственно; $p < 0,001$) [18]. Следовательно, высокая субъективная оценка повседневной функции не исключает умеренной силовой асимметрии, которая может быть клинически значимой для спортсменов.

Аналогичное расхождение между клинической шкалой и инструментальными показателями описали Zhang и соавт. у 65 пациентов: через 12 месяцев после реконструкции ПКС послеоперационный балл AOFAS донорского голеностопного сустава достигал 96,9 балла и не отличался от дооперационного, но при выполнении трехмерного анализа походки были выявлены различия в углах инверсии и эверсии в фазе опоры [22]. В систематическом обзоре Soleymanha и соавт. средние значения AOFAS и FADI также оставались высокими, однако авторы подчеркивали неоднородность методов оценки донорской области [34]. Эти данные объясняют, почему результаты настоящего исследования согласуются с литературой, но не позволяют исключить субклинические изменения силы или биомеханики.

Снижение доли участников с эпизодами подворачивания после операции с 34,0 до 16,0 % не свидетельствует об ухудшении субъективной стабильности после забора СДММ и поддерживает предположение о функциональной безопасности данного трансплантата в отношении стабильности голеностопного сустава у пациентов, возвращающихся к высоким физическим нагрузкам. В контрольной группе 90,0 % участников сообщали об эпизодах подворачивания стопы на протяжении спортивной карьеры, что подчеркивает высокую распространенность подобных эпизодов в футболе, не всегда требующих хирургической коррекции.

В отличие от литературных данных [13, 21], в настоящем исследовании среди участников основной группы не были зарегистрированы стойкая гипестезия латеральной поверхности стопы и повреждение малоберцового нерва, что свидетельствует о благоприятном профиле безопасности СДММ.

Данные настоящего исследования согласуются с результатами ранее опубликованного авторами исследования [32], в котором при 24-месячном наблюдении среднее значение AOFAS составило 95,3 ± 4,5 балла, а прогрессирования изменений сводов стопы по данным плантографии не выявлено. Эти наблюдения подтверждают низкую частоту клинически выраженной морбидности и дисфункции стопы после забора СДММ.

Для футболистов, выполняющих многократные ускорения, торможения и смены направления, клинические шкалы целесообразно дополнять изокинетической динамометрией эверсии и инверсии, тестами динамического баланса, прыжковыми пробами и анализом походки с оценкой кинематики голеностопного сустава, симметрии шага и электромиографической активности малоберцовых мышц.

Такой набор методов может позволить объективизировать различия между клинически приемлемым исходом и функциональной готовностью к спортивным

нагрузкам, а также точнее определить пригодность СДММ для профессиональных спортсменов.

5. Ограничения исследования

Исследование имеет ряд ограничений. Из 81 оперированного футболиста в окончательный анализ вошли 50 участников с полными данными; отсутствие результатов итоговой оценки у 31 пациента могло повлиять на репрезентативность выборки. Фактический возрастной диапазон составил 16–50 лет, при этом отдельный анализ исходов в зависимости от возраста не проводили. Контрольная группа состояла из профессиональных футболистов без операций по поводу нестабильности голеностопного сустава и использовалась как внешний функциональный ориентир по AOFAS, тогда как основная группа включала профессионалов и любителей. Дооперационные сведения об эпизодах подворачивания собирали ретроспективно; сроки послеоперационного наблюдения составляли от 1 до 8 лет; динамическую оценку функции в нескольких временных точках не выполняли. В контрольной группе учитывали анамнез за весь период занятий футболом, поэтому прямое сопоставление частоты таких эпизодов не проводили. Объективные показатели силы, динамического баланса и походки непосредственно не оценивали.

6. Заключение

Через медиану 4,0 года после реконструкции ПКС с использованием аутотрансплантата из СДММ в хирургической когорте сохранялся высокий клинико-функциональный показатель AOFAS. Статистически значимого различия с показателем контрольной группы профессиональных футболистов без операций по поводу нестабильности голеностопного сустава не выявлено. Стойких клинически выраженных осложнений донорской области не зарегистрировано, а доля участников с эпизодами подворачивания при итоговой оценке была ниже ретроспективно собранных дооперационных данных. Результаты исследования не указывают на клинически выраженное ухудшение функции стопы и голеностопного сустава после забора СДММ и поддерживают возможность его применения как источника аутотрансплантата у регулярно занимающихся футболом пациентов, включая профессиональных спортсменов.

Вклад авторов

Все авторы внесли равный вклад в планирование исследования, сбор и анализ данных, написание и редактирование текста рукописи.

Author's contribution

All authors contributed equally to study design, data collection and analysis, and manuscript writing and editing.

Список литературы / References

1. **Robinson J.D. Jr, Williamson T., Carson T., Whelan R.J., Abelow S.P., Gilmer B.B.** Primary anterior cruciate ligament repair: current concepts. J. ISAKOS. 2023;8(6):456–466. https://doi.org/10.1016/j.jisako.2023.08.008

2. **Monk A.P., Davies L.J., Hopewell S., Harris K., Beard D.J., Price A.J.** Surgical versus conservative interventions for treating anterior cruciate ligament injuries. Cochrane Database Syst. Rev. 2016;4(4):CD011166. https://doi.org/10.1002/14651858.CD011166.pub2

3. **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

4. **Servant C.** Editorial Commentary: Quadriceps tendon anterior cruciate ligament graft shows advantages and disadvantages. Arthroscopy. 2024;40(1):146–148. https://doi.org/10.1016/j.arthro.2023.07.019

5. **Herrington L., Wrapson C., Matthews M., Matthews H.** Anterior cruciate ligament reconstruction, hamstring versus bone–patellar tendon–bone grafts: a systematic literature review of outcome from surgery. Knee. 2005;12(1):41–50. https://doi.org/10.1016/j.knee.2004.02.003

6. **Marx R.G., Hsu J., Fink C., Eriksson K., Vincent A., van der Merwe W.M.** Graft choices for paediatric anterior cruciate ligament reconstruction: state of the art. J. ISAKOS. 2023;8(3):145–152. https://doi.org/10.1016/j.jisako.2023.01.001

7. **Bottoni C.R., Smith E.L., Shaha J., Shaha S.S., Raybin S.G., Tokish J.M., Rowles D.J.** Autograft versus allograft anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized clinical study with a minimum 10-year follow-up. Am. J. Sports Med. 2015;43(10):2501–2509. https://doi.org/10.1177/0363546515596406

8. **Zaffagnini S., Grassi A., Marcheggiani Muccioli G.M., Roberti Di Sarsina T., Raggi F., Benzi A., Marcacci M.** Anterior cruciate ligament reconstruction with a novel porcine xenograft: the initial Italian experience. Joints. 2015;3(2):85–90. https://doi.org/10.11138/jts/2015.3.2.085

9. **Johnson C.H., Christensen J.C.** Biomechanics of the first ray. **Part I.** The effects of peroneus longus function: a three-dimensional kinematic study on a cadaver model. J. Foot Ankle Surg. 1999;38(5):313–321. https://doi.org/10.1016/S1067-2516(99)80002-7

10. **Angthong C., Chernchujit B., Apivatgaroon A., Chaijenkit K., Nualon P.,** Suchao-in K. The anterior cruciate ligament reconstruction with the peroneus longus tendon: a biomechanical and clinical evaluation of the donor ankle morbidity. J. Med. Assoc. Thai. 2015;98(6):555–560.

11. **Hallinan J.T.P.D., Wang W., Pathria M.N., Smitaman E., Huang B.K.** The peroneus longus muscle and tendon: a review of its anatomy and pathology. Skeletal Radiol. 2019;48(9):1329–1344. https://doi.org/10.1007/s00256-019-3168-9

12. **Shi F.D., Hess D.E., Zuo J.Z., Liu S.J., Wang X.C., Zhang Y., Meng X.G., Cui Z.J., Zhao S.P., Li C.J., Hu W.N.** Peroneus longus tendon autograft is a safe and effective alternative for anterior cruciate ligament reconstruction. J. Knee Surg. 2019;32(8):804–811. https://doi.org/10.1055/s-0038-1669951

13. **Butt U.M., Khan Z.A., Amin A., Shah I.A., Iqbal J., Khan Z.** Peroneus longus tendon harvesting for anterior cruciate ligament reconstruction. JBJS Essent. Surg. Tech. 2022;12(2):e20.00053. https://doi.org/10.2106/JBJS.ST.20.00053

14. **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

15. **Rhatomy S., Asikin A.I.Z., Wardani A.E., Rukmoyo T., Lumban-Gaol I., Budhiparama N.C.** Peroneus longus autograft can be recommended as a superior graft to hamstring tendon in single-bundle ACL reconstruction. Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. 2019;27(11):3552–3559. https://doi.org/10.1007/s00167-019-05455-w

16. **Rhatomy S., Wicaksono F.H., Soekarno N.R., Setyawan R., Primasara S., Budhiparama N.C.** Eversion and first ray plantarflexion muscle strength in anterior cruciate ligament reconstruction using a peroneus longus tendon graft. Orthop. J. Sports Med. 2019;7(9):2325967119872462. https://doi.org/10.1177/2325967119872462.

17. **Manit A., Rohit R., Abhishek K., Shukla T.** Peroneus longus graft harvest does not affect ankle biomechanics: a narrative review. Indian J. Orthop. 2024;58(9):1206–1212. https://doi.org/10.1007/s43465-024-01219-y

18. **Shao X., Shi L.L., Bluman E.M., Wang S., Xu X., Chen X., Wang J.** Satisfactory functional and MRI outcomes at the foot and ankle following harvesting of full thickness peroneus longus tendon graft. Bone **Joint J.** 2020;102-B(2):205–211. https://doi.org/10.1302/0301-620X.102B2.BJJ-2019-0949.R1

19. **Joshi S., Shetty U.C., Salim M.D., Meena N., Kumar R.S., Rao V.K.V.** Peroneus longus tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction: a safe and effective alternative in nonathletic patients. Niger. J. Surg. 2021;27(1):42–47. https://doi.org/10.4103/njs.NJS_22_20

20. **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

21. **Cakar A., Kose O., Selcuk H., Egerci O.F., Tasatan E., Dogruoz F.** Complications of peroneus longus tendon harvesting: a retrospective review of 82 cases. Arch. Orthop. Trauma Surg. 2023;143(11):6675–6684. https://doi.org/10.1007/s00402-023-04988-7

22. **Zhang S., Cai G., Ge Z.** The efficacy of anterior cruciate ligament reconstruction with peroneus longus tendon and its impact on ankle joint function. Orthop. Surg. 2024;16(6):1317–1326. https://doi.org/10.1111/os.14060

23. **Gök B., Kanar M., Tutak Y.** Peroneus longus vs hamstring tendon autografts in ACL reconstruction: a comparative study of 106 patients' outcomes. Med. Sci. Monit. 2024;30:e945626. https://doi.org/10.12659/MSM.945626

24. **Goyal T., Paul S., Choudhury A.K., Sethy S.S.** Full-thickness peroneus longus tendon autograft for anterior cruciate reconstruction in multi-ligament injury and revision cases: outcomes and donor site morbidity. Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol. 2023;33(1):21–27. https://doi.org/10.1007/s00590-021-03145-3

25. **Song X., Li Q., Wu Z., Xu Q., Chen D., Jiang Q.** Predicting the graft diameter of the peroneus longus tendon for anterior cruciate ligament reconstruction. Medicine (Baltimore). 2018;97(44):e12672. https://doi.org/10.1097/MD.0000000000012672

26. **Lysholm J., Gillquist J.** Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. Am. J. Sports Med. 1982;10(3):150–154. https://doi.org/10.1177/036354658201000306

27. **Irrgang J.J., Anderson A.F., Boland A.L., Harner C.D., Kurosaka M., Neyret P., Richmond J.C., Shelborne K.D.** Development and validation of the International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form. Am. J. Sports Med. 2001;29(5):600–613. https://doi.org/10.1177/03635465010290051301

28. **Kitaoka H.B., Alexander I.J., Adelaar R.S., Nunley J.A., Myerson M.S., Sanders M.** Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. Foot Ankle Int. 1994;15(7):349–353. https://doi.org/10.1177/107110079401500701

29. **Outerbridge R.E.** The etiology of chondromalacia patellae. J. Bone Joint Surg. Br. 1961;43-B:752–757. https://doi.org/10.1302/0301-620X.43B4.752

30. **von Elm E., Altman D.G., Egger M., Pocock S.J., Gøtzsche P.C., Vandenbroucke J.P.**; STROBE Initiative. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. Lancet. 2007;370(9596):1453–1457. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61602-X

31. **Kotsifaki R., Korakakis V., King E., Barbosa O., Maree D., Pantouveris M., Bjerregaard A., Luomajoki J., Wilhelmsen J., Whiteley R.** Aspetar clinical practice guideline on rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. Br. J. Sports Med. 2023;57(9):500–514. https://doi.org/10.1136/bjsports-2022-106158

32. **Гончаров Е., Гончаров Н., Безуглов Э., Ветошкин А., Резуненко И., Оганесян С., Коваль О.** Сравнение результатов восстановления передней крестообразной связки коленного сустава с использованием аутотрансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы и из связки надколенника с двумя костными блоками. Гений ортопедии. 2022;28(1):53–61. [**Goncharov E., Goncharov N., Bezuglov E., Vetoshkin A., Rezunenko I., Oganesyan S., Koval O.** Comparison of results of the anterior cruciate ligament reconstruction of the knee joint using peroneus longus tendon autograft or patellar tendon autograft with two bone blocks. Genij Ortopedii. 2022;28(1):53–61. (In Russ.)]. https://doi.org/10.18019/1028-4427-2022-28-1-53-61

33. **Opoku M., Abdramane A.M., Abdirahman A., Fang M., Li Y., Xiao W.** Can peroneus longus tendon autograft become an alternative to hamstring tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis of comparative studies. J. Orthop. Surg. Res. 2025;20(1):719. https://doi.org/10.1186/s13018-025-06080-9

34. **Soleymanha M., Soleymani Nejad A., Keyhani S., Vosoughi F., LaPrade R.F., Tollefson L.V.** Peroneus longus tendon harvest for ACL reconstruction yields good functional outcome of the ankle: a systematic review and meta-analysis. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2025;34(9):3233–3246. https://doi.org/10.1002/ksa.70079

35. **Attenborough A.S., Hiller C.E., Smith R.M., Stuelcken M., Greene A., Sinclair P.J.** Chronic Ankle Instability in Sporting Populations. Sports Med. 2014;44(11):1545–1556. https://doi.org/10.1007/s40279-014-0218-2

36. **Alanazi A.** Predictors of Chronic Ankle Instability Among Soccer Players. Medicina (Kaunas). 2025;61(4):555. https://doi.org/10.3390/medicina61040555

37. **Flore Z., Hambly K., De Coninck K., Welsch G.** Time-loss and recurrence rate of lateral ankle sprains in male professional football players depending on the severity grade: do we trivialise LAS? BMJ Open Sport Exerc. Med. 2025;11(1):e002271. https://doi.org/10.1136/bmjsem-2024-002271

38. **Hoveidaei A.H., Moradi A.R., Nakhostin-Ansari A., Mousavi Nasab M.M., Taghavi S.P., Eghdami S., Forogh B., Bagherzadeh Cham M., Murdock C.J.** Risk Factors of Ankle Sprain

in Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. Sports (Basel). 2025;13(4):105. https://doi.org/10.3390/sports13040105

39. **Безуглов Э.Н., Малякин Г.И., Этемад О.А., Баранова Д.С., Виноградов М.А., Гончаров Е.Н.** Эпидемиология травматизма в ведущей футбольной команде Российской премьер-лиги в соревновательных сезонах 2021–2022 и 2023–2024. Спортивная медицина: наука и практика. 2024;14(4):13–20. [**Bezuglov E.N., Malyakin G.I., Etemad O.A., Baranova D.S., Vinogradov M.A., Goncharov E.N.** Injury epidemiology of the Russian Premier League leading soccer team during the competitive seasons 2021–2022 and 2023–2024. Sports medicine: research and practice. 2024;14(4):13–20. (In Russ.)]. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2024.4.5

40. **Чупа И.В., Ачкасов Е.Е., Николенко В.Н., Гридин Л.А., Куршев В.В., Медведева А.И.** Морфоантропометрические особенности стоп у бегунов на длинные дистанции. Спортивная медицина: наука и практика. 2026;16(1):59–66. [**Chupa I.V., Achkasov E.E., Nikolenko V.N., Gridin L.A., Kurshev V.V., Medvedeva A.I.** Morpho-anthropometric characteristics of the feet in long-distance runners. Sports medicine: research and practice. 2026;16(1):59–66. (In Russ.)]. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.1.9

41. **Ветошкин А.А., Гончаров Е.Н., Коврижина А.А., Радыш И.И., Капралова Е.С., Безуглов Э.Н.** Основные принципы послеоперационной реабилитации после первичной изолированной пластики передней крестообразной связки у молодых физически активных пациентов. Спортивная медицина: наука и практика. 2025;15(1):5–16. [**Vetoshkin A.A., Goncharov E.N., Kovrizhina A.A., Radysh I.I., Kapralova E.S., Bezuglov E.N.** Main principles of postoperative rehabilitation after primary isolated anterior cruciate ligament reconstruction in young physically active patients. Sports medicine: research and practice. 2025;15(1):5–16. (In Russ.)]. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.1.2

Информация об авторах

Гончаров Евгений Николаевич, заведующий отделением травматологии и ортопедии Научно-клинического центра № 2 ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского», Россия, 117593, г. Москва, Литовский бульвар, д. 1а); доцент кафедры травматологии и ортопедии хирургического факультета ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Россия, 125993, Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1. ORCID: 0000-0001-9809-7637 (goncharoven@gmail.com)

Коваль Олег Александрович, к.м.н., врач — травматолог-ортопед, Научно-клинический центр № 2 Государственного научного центра РФ ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского», Россия, 117593, г. Москва, Литовский бульвар, д. 1а); старший лаборант кафедры травматологии и ортопедии хирургического факультета, ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» (РМАНПО) Минздрава России, Россия, 125993, г. Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1. ORCID: 0000-0002-4193-4972 (drkovaloa@gmail.com)

Ветошкин Александр Александрович, д.м.н., доцент; руководитель Центра травматологии и ортопедии Европейского медицинского центра (ЕМС), Россия, 129110, Москва, Орловский пер., д. 7; доцент кафедры травматологии и ортопедии ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Россия, 125993, Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1. ORCID: 0000-0003-3258-2220 (totoalex5@gmail.com)

Мохирев Леонид Аркадьевич, врач — травматолог-ортопед, младший научный сотрудник Научно-клинического центра № 2 ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского», Россия, 117593, г. Москва, Литовский бульвар, д. 1а. ORCID: 0009-0009-5139-0022 (Info@underscopy.ru)

Захаров Кирилл Игоревич, врач — травматолог-ортопед Клиники высоких медицинских технологий имени Н.И. Пирогова Санкт-Петербургского государственного университета, Россия, 197046, г. Санкт-Петербург, набережная реки Фонтанки, д. 154. ORCID: 0000-0003-1440-4308 (kirik1982@mail.ru)

Михайлов Алексей Владимирович, врач — травматолог-ортопед, врач по спортивной медицине и лечебной физкультуре клиники «Физиокульт», Россия, 115054, г. Москва, ул. Пятницкая, д. 71/5, стр. 2. ORCID: 0009-0003-5699-434X (mikhailov.alex.97@gmail.com)

Семенова Мария Павловна*, врач по спортивной медицине и лечебной физкультуре, ФГБУ «Национальный центр спортивной медицины Федерального медико-биологического агентства», Россия, 115162, Москва, ул. Шаболовка, д. 31б. ORCID: 0009-0002-3680-1443 (marya.semen2017@yandex.ru)

Алексеев Дмитрий Максимович, врач — травматолог-ортопед медицинского центра «МедЭксперт», Россия, 142301, г. Чехов, б-р Вишнёвый, стр. 6/1. ORCID: 0009-0006-7518-5259 (dr.alexeev_ortho@mail.ru)

Голубев Валерий Григорьевич, д.м.н., профессор кафедры травматологии и ортопедии ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Россия, 125993, Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1; врач — травматолог-ортопед Научно-клинического центра № 2 ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского», Россия, 117593, г. Москва, Литовский бульвар, д. 1а. ORCID: 0000-0002-1821-9663 (golube@inbox.ru)

Information about the authors

Evgeny N. Goncharov, Head of the Department of Traumatology and Orthopedics, Research and Clinical Center No. 2, Petrovsky National Research Centre of Surgery, 2 Abrikosovskiy per., Moscow, 119435, Russia; Associate Professor, Department of Traumatology and Orthopedics, Faculty of Surgery, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Ministry of Health of the Russian Federation, 2/1, bldg. 1, Barrikadnaya str., Moscow, 125993, Russia. ORCID: 0000-0001-9809-7637 (goncharoven@gmail.com)

Oleg A. Koval, Cand. Sci. (Med.), Traumatologist-Orthopedist, Research and Clinical Center No. 2, Petrovsky National Research Centre of Surgery, 1A Litovsky blvd., Moscow, 117593, Russia; Senior Laboratory Assistant, Department of Traumatology and Orthopedics, Faculty of Surgery, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Ministry of Health of the Russian Federation, 2/1, bldg. 1 Barrikadnaya str., Moscow, 125993, Russia. ORCID: 0000-0002-4193-4972 (drkovaloa@gmail.com)

Aleksandr A. Vetoshkin, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor; Head of the Center of Traumatology and Orthopedics, European Medical Center (EMC), 7 Orlovskiy per., Moscow, 129110, Russia; Associate Professor, Department of Traumatology and Orthopedics, Russian Medical Academy of

Continuous Professional Education, Ministry of Health of the Russian Federation, 2/1, bldg. 1 Barrikadnaya str., Moscow, 125993, Russia. ORCID: 0000-0003-3258-2220 (totoalex5@gmail.com)

Leonid A. Mokhirev, Traumatologist-Orthopedist, Junior Researcher, Research and Clinical Center No. 2, Petrovsky National Research Centre of Surgery, 1A Litovsky blvd., Moscow, 117593, Russia. ORCID: 0009-0009-5139-0022 (Info@underscopy.ru)

Kirill I. Zakharov, Traumatologist-Orthopedist, N.I. Pirogov Clinic of High Medical Technologies, Saint Petersburg State University, Russia, 154 Saint Fontanka River Embankment, Petersburg, 197046, Russia. ORCID: 0000-0003-1440-4308 (kirik1982@mail.ru)

Aleksei V. Mikhailov, Traumatologist-Orthopedist, Sports Medicine and Exercise Therapy Physician, Fiziokult Clinic, Russia, 71/5, bldg. 2 Pyatnitskaya str., Moscow, 115054, Russia. ORCID: 0009-0003-5699-434X (mikhailov.alex.97@gmail.com)

Mariia P. Semenova*, Sports Medicine and Exercise Therapy Physician, National Center of Sports Medicine, Federal Medical and Biological Agency, 31B Shabolovka str., Moscow, 115162, Russia. ORCID: 0009-0002-3680-1443 (marya.semen2017@yandex.ru)

Dmitry M. Alekseev, Consultant Orthopedic and Trauma Surgeon, MedExpert Medical Cente, 6/1 Vishnevy blvd., Chekhov, 142301, Russia. ORCID: 0009-0006-7518-5259 (dr.alexeev_ortho@mail.ru)

Valery G. Golubev, Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Traumatology and Orthopedics, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Ministry of Health of the Russian Federation, 2/1, bldg. 1 Barrikadnaya str., Moscow, 125993, Russia; Traumatologist-Orthopedist, Research and Clinical Center No. 2, Petrovsky National Research Centre of Surgery, 1A Litovsky blvd., Moscow, 117593, Russia. ORCID: 0000-0002-1821-9663 (golube@inbox.ru)

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Sports Medicine: research and practice

https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.1.5

УДК: 611.748.54

Тип статьи: Оригинальная статья / Original Article

Check for updates

CC BY 4.0

Дифференцированный подход в диагностике предрасположенности к спортивным травмам опорно-двигательного аппарата

М.В. Санькова[1], В.Н. Николенко[1,2], Л.А. Гридин[3], Е.Е. Ачкасов[1]*

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

[2] *ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», Москва, Россия*

[3] *Московский центр проблем здоровья при Правительстве Москвы, Москва, Россия*

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: изучить у лиц молодого возраста спектр фенотипических признаков при ретравматизации опорно-двигательного аппарата в зависимости от вида травм.

Материалы и методы. На клинических базах Сеченовского университета в соответствии с клиническими рекомендациями РНМОТ «Дисплазии соединительной ткани» обследовано 538 лиц, занимающихся физической культурой и любительским спортом. Средний возраст обследованных — 23,50 [19,00; 27,00] года. В зависимости от наличия в анамнезе повторных спортивных травм опорно-двигательного аппарата были сформированы две группы сравнения, соответствующие друг другу по полу и возрасту. Выделение подгрупп в зависимости от вида травм позволило выявить характерные для них диспластические фенотипы.

Результаты. Установлена высокая распространенность и значимая выраженность диспластических проявлений среди молодых людей, занимающихся физической культурой и любительским спортом. Накопление диспластических признаков ассоциируется с увеличением риска возникновения ретравматизации опорно-двигательного аппарата. По мере накопления диспластических признаков первой возникает готовность к ретравматизации связочно-капсулярных структур сустава, достоверное более высокие значения диспластического порога ретравматизации отмечались при готовности к возникновению подвывихов или вывихов, максимума этот показатель достигал при готовности к возникновению переломов костей. Диспластические фенотипы предрасположенности к каждому из видов травм имели свои характерные стигмы, которые могут выступать основой для разработки алгоритма скринингового обследования молодых лиц, желающих заниматься физической культурой и спортом.

Заключение. Разработка инструментов экспресс-диагностики предрасположенности к ретравматизации в рамках ограниченного времени диспансеризации позволит выделить среди молодежи группы риска возникновения определенного вида травм, требующих персонализированного подхода к выбору вида спортивной деятельности и режима тренировок.

Ключевые слова: дисплазия соединительной ткани, опорно-двигательный аппарат, спортивные травмы, диспластический фенотип, ретравматизация связочно-капсулярных структур, повторные подвывихи/вывихи, повторные переломы костей, экспресс-диагностика предрасположенности к травмам, профилактика травм

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Санькова М.В., Николенко В.Н., Гридин Л.А., Ачкасов Е.Е. Дифференцированный подход в диагностике предрасположенности к спортивным травмам опорно-двигательного аппарата. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2026;16(2):28–37. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.1.5

Поступила в редакцию: 23.08.2025
Принята к публикации: 12.02.2026
Online first: 14.05.2026
Опубликована: 13.11.2026

* Автор, ответственный за переписку

Differentiated approach to diagnosing predisposition to musculoskeletal sports injuries

Maria V. Sankova[1], Vladimir N. Nikolenko[1,2], Leonid A. Gridin[3], Evgeniy E. Achkasov[1]*

[1] *I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia*

[2] *Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

[3] *Moscow Center for Health Problems under the Government of Moscow, Moscow, Russia*

ABSTRACT

Objective: to study the phenotypic feature spectrum in young people with musculoskeletal re-injury depending on the injury type.

Materials and methods. 538 individuals engaged in physical culture and amateur sports were examined at the Sechenov University clinical bases in accordance with the clinical recommendations of the Russian National Society for the Study of Connective Tissue Disorders. The average age of the examined individuals was 23,50 [19,00; 27,00] years. Depending on the presence of repeated sports musculoskeletal injuries, two comparison groups were formed, corresponding to each other by sex and age. Subgrouping by injury type made it possible to identify their characteristic dysplastic phenotypes.

Results. The high prevalence and significant expression of dysplastic manifestations among young people involved in physical education and amateur sports were established. The dysplastic sign accumulation is associated with an increased risk of musculoskeletal re-injury. As dysplastic signs accumulate, first there is the readiness for ligamentous-capsular structure re-injury, significantly higher values of the dysplastic re-injury threshold were observed in cases of readiness for subluxations or dislocations, and this indicator reached its maximum in cases of readiness for bone fractures. Dysplastic phenotypes of predisposition to each injury type had their own distinctive markers, which can serve as a basis for developing an algorithm for screening young people wishing to engage in physical culture and sports.

Conclusions. Developing tools for express diagnosis of predisposition to re-injury will allow, within the limited time of medical examination, to identify among youth risk groups for certain injury types that require a personalized approach to selecting the sports activity type and training regimens.

Keywords: connective tissue dysplasia, musculoskeletal system, sports injuries, dysplastic phenotype, ligamentous and capsular joint structure re-injury, recurrent subluxations/dislocations, repeated bone fractures, express diagnostics for predisposition to injuries, injury prevention

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

For citation: Sankova M.V., Nikolenko V.N., Gridin L.A., Achkasov E.E. Differentiated approach to diagnosing predisposition to musculoskeletal sports injuries. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* (*Sports medicine: research and practice*). 2026;16(2):28–37. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.1.5

Received: 23 August 2025
Accepted: 12 February 2026
Online first: 14 May 2026
Published: 13 November 2026

***Corresponding author**

1. Введение

Приоритетным направлением политики российского государства в настоящее время является сохранение и укрепление здоровья молодого поколения, который представляет интеллектуальный, политический, экономический, репродуктивный и культурный потенциал нашей страны[1]. Приобщение молодежи к здоровому образу жизни и регулярной физической активности как основы устойчивого и успешного становления общества требует формирования безопасной и здоровьесберегающей спортивной среды. Главной задачей медицинских работников, тренеров и спортивных педагогов в этих условиях становится грамотное медико-биологическое сопровождение, обеспечивающее профилактику спортивных травм, прежде всего опорно-двигательного аппарата, занимающих ведущее место в структуре причин первичной обращаемости за медицинской помощью [1–7]. Повторно возникающие спортивные травмы не только негативно влияют на тренировочный и соревновательный процессы, но и могут обуславливать формирование хронических посттравматических заболеваний опорно-двигательного аппарата, которые являются причиной ранней инвалидизации и существенного снижения трудоспособности [6, 8]. Серьезным фактором риска травм и ретравматизации в молодом возрасте считается дисплазия соединительной ткани (ДСТ) [9–12]. Формирование неполноценной соединительной ткани, биомеханические свойства которой существенно изменены, отражается в первую очередь на структуре и функции опорно-двигательного аппарата и проявляется исходно сниженной его устойчивостью к физической нагрузке и недостаточными адаптационными возможностями. Это определяет предрасположенность молодых людей к возникновению спортивных

[1] Распоряжение Правительства РФ от 24.11.2020 N 3081-р «Об утверждении Стратегии развития физической культуры и спорта в Российской Федерации на период до 2030 года».

травм опорно-двигательного аппарата и требует персонализированного подхода к выбору вида спортивной деятельности и режима тренировок [13, 14]. Ведущую роль в структуре травм опорно-двигательного аппарата занимают растяжения или разрывы связочно-капсулярных структур суставов, подвывихи или вывихи в суставах, переломы костей [8, 15]. В связи с этим актуальной представляется разработка инструментов экспресс-диагностики предрасположенности к ретравматизации, которая позволила бы в рамках ограниченного времени первого этапа диспансеризации выделить среди молодежи группы риска к возникновению определенного вида травм. Поэтому **целью исследования** являлось изучение у лиц молодого возраста спектра фенотипических признаков при ретравматизации опорно-двигательного аппарата в зависимости от вида травм.

2. Материалы и методы исследования

На клинических базах Сеченовского университета на основании добровольного информированного согласия обследовано 538 лиц молодого возраста (от 18 до 35 лет), занимающихся физической культурой и любительским спортом. Среди них 388 (72,1 %) женщин, 150 (27,9 %) мужчин. Средний возраст обследованных составлял 23,50 [19,00; 27,00] года. Комплексное обследование проводилось в соответствии с клиническими рекомендациями российского научного медицинского общества терапевтов «Дисплазии соединительной ткани» и включал опрос, антропометрические измерения и комплексное фенотипическое обследование, направленное на выявление максимального количества внешних и висцеральных признаков ДСТ. Использовались ультразвуковое и рентгенологическое исследования. Частота встречаемости недифференцированной формы ДСТ и выраженность диспластических проявлений определялась согласно диагностическим коэффициентам, разработанных профессором В. М. Яковлевым и соавт. Критерием диагностики ДСТ являлось достижение при суммировании диагностических коэффициентов диагностического порога в 17 баллов и выше [11, 16]. В зависимости от наличия (основная группа) или отсутствия (контрольная группа) в анамнезе повторных спортивных травм опорно-двигательного аппарата были сформированы две группы сравнения, соответствующие друг другу по полу и возрасту. Выделение в основной группе подгрупп в зависимости от вида травм позволило выявить фенотипические признаки дисморфогенеза, характерные для лиц с повторно возникающими растяжениями/разрывами связок, подвывихами/вывихами и переломами.

Для статистической обработки полученных данных использовалась программа StatTech v. 4.8.11. Количественные данные представлены в виде медианы, нижнего и верхнего квартилей — Me [Q1; Q3]. Межгрупповые различия по количественным показателям выявлялись посредством расчета критерия *U*-критерия Манна — Уитни, по качественным показателям — критерия χ^2 Пирсона. Для оценки дискриминационной способности количественных признаков при прогнозировании определенного исхода применялся метод анализа ROC-кривых. Разделяющее значение количественного признака в точке cut-off определялось по наивысшему значению индекса Юдена. Результаты рассматривались как достоверно значимые при $p < 0,05$.

3. Результаты

Согласно диагностическим критериям ДСТ установлено, что распространенность ее недифференцированной формы среди лиц молодого возраста, занимающихся физической культурой и любительским спортом, достигала 74,2 %, что соответствует данным других исследований последних лет, свидетельствующим о значимом росте частоты встречаемости этой патологии среди молодежи [10]. Средний балл ДСТ в общей выборке составил 26,48 [16,70; 37,84].

Лица, имеющие в анамнезе повторные спортивные травмы опорно-двигательного аппарата, составили 26,2 %, высокодостоверно превалируя в группе с недифференцированной формы ДСТ (3,6 ± 1,2 % и 34,1 ± 4,7 % соответственно, $p < 0,001$). Основная группа отличалась от контрольной накоплением диспластических признаков и более высоким баллом ДСТ (37,50 [27,36; 48,58] и 22,90 [14,46; 32,73] соответственно, $p < 0,001$).

Показано, что наиболее частыми вариантами повторно возникающих спортивных травм опорно-двигательного аппарата среди лиц молодого возраста являлись растяжения или разрывы связочно-капсулярных структур суставов, на втором месте по распространенности находились подвывихи/вывихи в суставах, реже всего встречались переломы костей (рис. 1). Установлено, что выраженность диспластических проявлений определяет риск возникновения повторных травм опорно-двигательного аппарата. Впервые рассчитан диспластический порог ретравматизации (ДПРТ) — выраженность ДСТ в баллах, указывающая на риск возникновения предрасположенности к травматизации, составляющий 33,40 балла ДСТ. Чувствительность и специфичность этой прогностической модели определена как 77,1 и 64,5 % соответственно.

Изучение ДПРТ в зависимости от вида травм показало, что наименьшее его значение наблюдалось при готовности к возникновению растяжений или разрывов связочно-капсулярных структур сустава. Достоверное более высокое его значение отмечалось при готовности к возникновению подвывихов или вывихов в суставах, максимума этот показатель достигал при готовности к возникновению переломов костей (рис. 2).

Анализ внешних диспластических проявлений в зависимости от вида имеющихся в анамнезе повторных спортивных травм опорно-двигательного аппарата показал, что диспластический фенотип лиц, предрасположенных к травматизации связочно-капсулярных

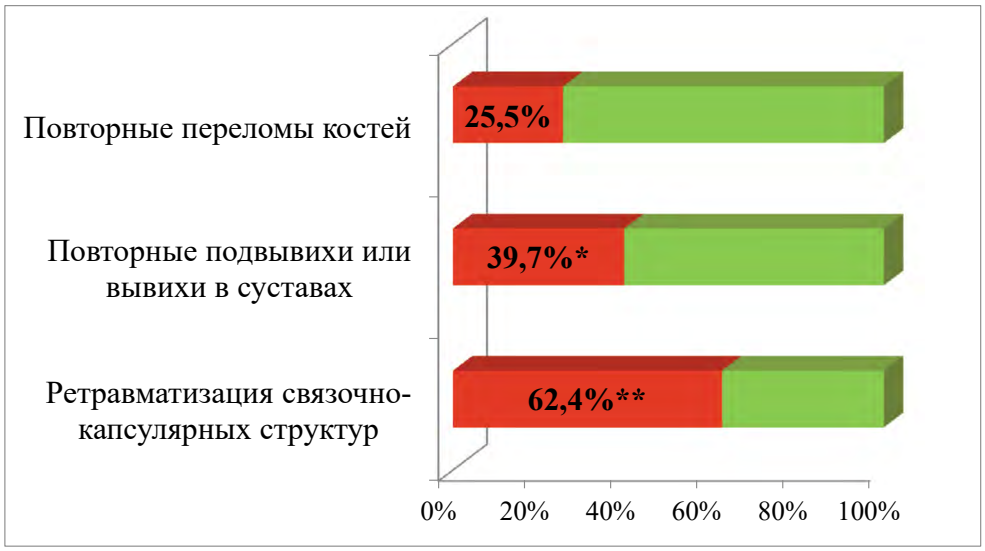


Рис. 1. Виды травм опорно-двигательного аппарата среди лиц молодого возраста, занимающихся физической культурой и спортом
Примечание: * — различия достоверны, $p < 0,05$; ** — различия высокодостоверны, $p < 0,001$ в сравнении с подгруппой с повторными переломами костей.
Fig. 1. Musculoskeletal injury types among young individuals engaged in physical education and sports
Note: * — the differences are significant, $p < 0,05$; ** — the differences are highly significant, $p < 0,001$ compared with the subgroup with repeated bone fractures.

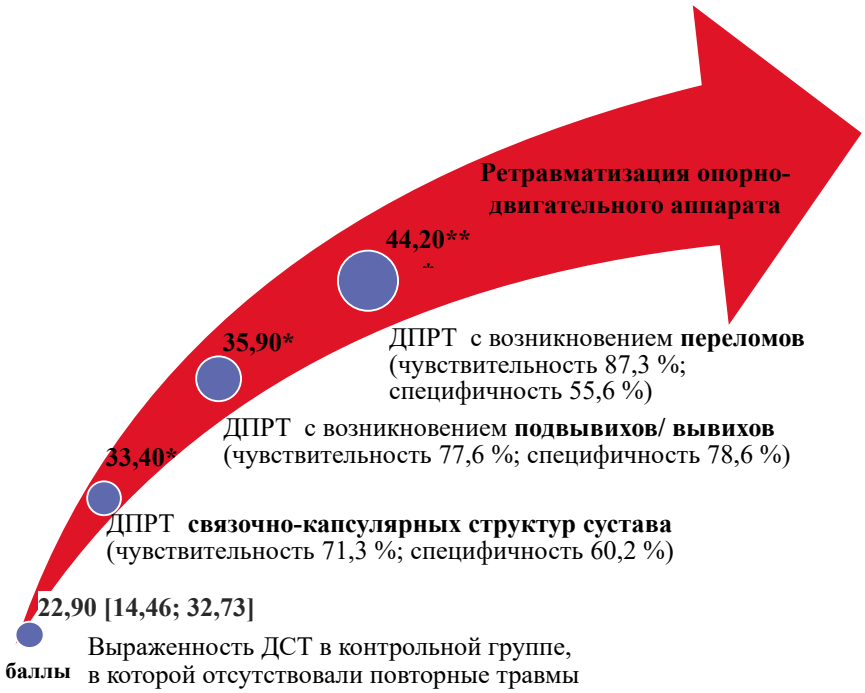


Рис. 2. Значения диспластического порога ретравматизации (ДПРТ) в зависимости от вида травм опорно-двигательного аппарата
Примечание: * — различия достоверны, $p < 0,05$; ** — различия высокодостоверны, $p < 0,001$.
Fig. 2. Values of the dysplastic re-injury threshold (DRIT) depending on the musculoskeletal injury types
Note: * — the differences are significant, $p < 0.05$; ** — the differences are highly significant, $p < 0.001$.

структур суставов, в основном был представлен доминированием таких костно-суставных изменений, как сколиотическая деформация позвоночника, неправильный прикус, О-образная форма ног, плоскостопие и вальгусная позиция стоп. У большинства лиц с повторными повреждениями связок достоверно превалировала гипермобильность суставов, средний балл которой в среднем составлял 5,00 [3,00; 7,00] (табл. 1). Среди кожно-мышечных диспластических проявлений отмечалась значительная распространенность тонкой кожи с хорошо видимой сетью подкожно расположенных сосудов на груди и верхних конечностях. Также в значительном проценте случаев отмечались атрофические стрии и петехиальная сыпь, возникшая после пробы жгута. У более

Sports Medicine: research and practice

Таблица 1

Распределение костно-суставных диспластических признаков у лиц с повторными спортивными травмами опорно-двигательного аппарата в зависимости от вида повреждений

Table 1

Osteoarticular dysplastic sign distribution in individuals with recurrent sports musculoskeletal injuries depending on the injury type

Костно-суставные диспластические признаки Osteo-articular dysplastic signs	Ретравматизация связочно-капсулярных структур, *n* = 88 Ligamentous-capsular structure re-injury, *n* = 88	Подвывихи или вывихи в суставах, *n* = 56 Joint subluxations and dislocations, *n* = 56	Переломы костей, *n* = 36 Bone fractures, *n* = 36
Астенический тип телосложения Asthenic body type	22,7 ± 3,54 %	26,8 ± 3,74 %	**52,8 ± 4,22 %****
Долихостеномелия Dolichostenomelia	27,3 ± 3,77 %	28,6 ± 3,82 %	**47,2 ± 4,21 %****
Арахнодактилия Arachnodactyly	38,6 ± 4,11 %	41,1 ± 4,16 %	**66,7 ± 3,98 %****
Асимметрия лопаток Shoulder blade asymmetry	26,1 ± 3,71 %	37,5 ± 4,09 %	30,6 ± 3,89 %
Асимметрия костей таза Pelvic bone asymmetry	8,0 ± 2,29 %	16,1 ± 3,11 %	19,4 ± 3,34 %
Крыловидные лопатки Pterygoid shoulder blades	15,9 ± 1,58 %	14,3 ± 2,96 %	19,4 ± 3,34 %
Сколиоз Scoliosis	**37,5 ± 4,09 %***	25,0 ± 3,66 %	36,1 ± 4,06 %
Кифотическая деформация позвоночника Kyphotic spine deformity	11,4 ± 2,69 %	**19,6 ± 3,35 %***	8,3 ± 2,33 %
Кифосколиоз Kyphoscoliosis	3,4 ± 1,53 %	**7,1 ± 2,17 %***	8,3 ± 2,33 %
«Плоская» спина «Flat» back	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Гиперлордоз Hyperlordosis	6,8 ± 2,13 %	7,1 ± 2,17 %	2,8 ± 1,39 %
Воронкообразная грудная клетка Infundibular chest	2,3 ± 1,27 %	5,4 ± 1,91 %	**25,0 ± 3,66 %****
Килевидная грудная клетка Keel-shaped chest	4,5 ± 1,75 %	7,1 ± 2,17 %	**16,7 ± 3,15 %****
Протрузия вертлужной впадины Acetabular protrusion	2,3 ± 1,27 %	**7,1 ± 2,17 %***	2,8 ± 1,39 %
О-образные ноги O-shaped legs	**33,0 ± 3,97 %****	**26,8 ± 3,74 %****	16,7 ± 3,15 %
Х-образные ноги X-shaped legs	6,8 ± 2,13 %	**16,1 ± 3,11 %****	11,1 ± 2,66 %
Вальгусная позиция стоп Valgus foot position	**31,8 ± 3,94 %****	**26,8 ± 3,74 %****	16,7 ± 3,15 %
Плоскостопие Flatfoot	**60,2 ± 4,14 %***	53,6 ± 4,21 %	50,0 ± 4,23 %
Макродактилия 1-го пальца стопы First toe macrodactyly	0,0 %	1,8 ± 1,12 %	2,8 ± 1,39 %
Узкий лицевой скелет Narrow facial skeleton	58,0 ± 4,17 %	67,9 ± 3,95 %	**86,1 ± 2,92 %****
Готическое нёбо Gothic palate	10,2 ± 2,56 %	14,3 ± 2,96 %	**41,7 ± 4,16 %****
Нарушение прикуса Malocclusion	**60,2 ± 4,14 %***	60,7 ± 4,13 %	41,7 ± 4,16 %
Искривление носовой перегородки Deviated septum	22,7 ± 3,54 %	32,1 ± 3,95 %	22,2 ± 3,51 %
Гипермобильность суставов Joint hypermobility	**73,9 ± 1,89 %****	**85,7 ± 2,96 %****	47,2 ± 4,21 %
Степень гипермобильности суставов, баллов Joint hypermobility degree, score	**5,00 [3,00; 7,00]***	**6,50 [5,00; 8,25]****	3,00 [2,00; 4,25]
Хруст в суставах Joint crunching	77,3 ± 3,71 %	73,2 ± 3,74 %	63,9 ± 4,06 %
Хруст в височно-нижнечелюстном суставе Temporo-mandibular joint crunching	46,6 ± 4,22 %	**60,7 ± 4,13 %****	33,3 ± 3,98 %

Примечание: * — различия достоверны, $p < 0,05$; ** — различия высокодостоверны, $p < 0,001$ в сравнении с контрольной группой.
Note: * — the differences are significant, $p < 0.05$; ** — the differences are highly significant, $p < 0.001$ compared to the control group.

Таблица 2

Распределение кожно-мышечных и офтальмологических диспластических признаков у лиц с повторными спортивными травмами опорно-двигательного аппарата в зависимости от вида повреждений

Table 2

Skin-muscle and ophthalmological dysplastic sign distribution in individuals with recurrent sports musculoskeletal injuries depending on the injury type

Кожно-мышечные и офтальмологические диспластические признаки Skin-muscle and ophthalmological dysplastic signs	**Ретравматизация связочно-капсулярных структур, *n* = 88 Ligamentous-capsular structure re-injury, *n* = 88**	**Подвывихи или вывихи в суставах, *n* = 56 Joint subluxations and dislocations *n* = 56**	**Переломы костей, *n* = 36 Bone fractures, *n* = 36**
Кожа тонкая Thin skin	**45,5 ± 4,21 %***	32,1 ± 3,95 %	25,0 ± 3,66 %
Гиперрастяжимость кожи Skin hyperextensibility	6,8 ± 2,13 %	**10,7 ± 2,61 %***	11,1 ± 2,66 %
Гиперэластичные ушные раковины Hyperelastic auricles	13,6 ± 2,89 %	**25,0 ± 3,66 %***	16,7 ± 3,15 %
Атрофические стрии Atrophic striae	**43,2 ± 4,19 %***	37,5 ± 4,09 %	36,1 ± 4,06 %
Келоидные рубцы Keloid scars	45,5 ± 4,21 %*	46,4 ± 4,21 %*	47,2 ± 4,21 %*
Рецидивирующие грыжи Recurrent hernia	4,5 ± 1,75 %	**12,5 ± 2,79 %***	5,6 ± 1,94 %
Диастаз прямых мышц живота Rectus muscles diastasis	5,7 ± 1,96 %	**10,7 ± 2,61 %***	2,8 ± 1,39 %
Ногти (расслаивающиеся / ломкие) Nails (exfoliated/ fragile)	36,4 ± 4,07 %	33,9 ± 4,00 %	41,7 ± 4,16 %
Волосы (ломкие/избыточное выпадение) Hair (brittle/excessive hair loss)	20,5 ± 3,41 %	30,4 ± 3,89 %	19,4 ± 3,34 %
Варикозное расширение вен нижних конечностей Leg varicose veins	6,8 ± 2,13 %	**17,9 ± 3,24 %****	5,6 ± 1,94 %
Петехии Petechia	**40,9 ± 4,16 %***	39,3 ± 4,13 %	25,0 ± 3,66 %
Миопия Myopia	**40,9 ± 4,16 %***	**53,6 ± 4,21 %****	30,6 ± 3,89 %
Степень миопии Myopia degree	-3,88 [-2,75; -5,62]	**-6,88 [-4,56; -7,88]****	-3,25 [-2,88;-6,88]
Отслойка сетчатки в анамнезе Retinal detachment in anamnesis	5,7 ± 1,96 %	**17,9 ± 3,24 %****	5,6 ± 1,94 %
Голубые склеры Blue sclera	11,4 ± 2,69 %	21,4 ± 3,47 %	19,4 ± 3,34 %
Мышечные боли Muscle pain	72,7 ± 3,77 %	**80,4 ± 3,36 %***	66,7 ± 3,98 %
Зябкость рук и ног Hand and foot coldness	**65,9 ± 4,01 %***	**71,4 ± 3,82 %***	61,1 ± 4,12 %
Парестезии Paresthesia	47,7 ± 4,22 %	**75,0 ± 3,66 %****	**72,2 ± 3,79 %***
Мышечные спазмы, судороги Muscle spasms, cramps	79,5 ± 3,41 %	80,4 ± 3,36 %	**88,9 ± 2,66 %***
Пастозность ног Foot pasture	21,6 ± 3,48 %	**23,2 ± 3,57 %***	22,2 ± 3,51 %

Примечание: * — различия достоверны, $p < 0,05$; ** — различия достоверны, $p < 0,001$ в сравнении с контрольной группой.
Note: * — the differences are significant, $p < 0.05$; ** — the differences are highly significant, $p < 0.001$ compared to the control group.

половины лиц этой группы несостоятельность соединительной ткани проявлялась более частой встречаемости миопии, выраженность которой в среднем составляла –3,88 [–5,62; –2,75] диоптрии. Большинство обследованных этой группы предъявляли жалобы на зябкость рук и ног (табл. 2). Средний балл ДСТ в этой подгруппе достигал 35,75 [24,49; 44,46] балла, что достоверно отличалось от контрольной группы, в которой этот показатель составлял 22,90 [14,46; 32,73] балла ($p < 0,05$).

Диспластический фенотип лиц, предрасположенных к возникновению подвывихов или вывихов в суставах, отличался доминированием выраженной степени гипермобильности суставов, средний балл которой достигал 6,50 [5,00; 8,25]. В этой группе достоверно чаще встречались протрузия вертлужной впадины, О- и *Х*-образная форма ног, вальгусное положение стоп, кифотическая или кифосколиотическая деформация позвоночника, а также хруст в височно-нижнечелюстных суставах при движениях (табл. 1). Среди кожно-мышечных диспластических признаков превалировали такие стигмы, как гиперрастяжимость кожи, мягкие ушные раковины, варикозное расширение вен, диастаз абдоминальных мышц и наличие вентральных грыж. У более половины лиц этой группы несостоятельность соединительной ткани проявлялась большей частотой встречаемости миопии высокой степени, выраженность которой в среднем составляла –6,88 [–7,88; –4,56] диоптрий, а в анамнезе чаще отмечались случаи отслойки сетчатки. Большинство обследованных этой группы предъявляли жалобы на боли в мышцах конечностей и быструю их утомляемость, ощущение онемения и парестезии, пастозности или отечности стоп (табл. 2). Средний балл ДСТ в этой группе составлял 44,37 [36,64; 54,89], что достоверно отличалось от контрольной группы ($p < 0,001$).

Диспластический фенотип лиц, предрасположенных к возникновению переломов, в основном был представлен астеническим типом телосложения и характеризовался увеличением продольных размеров тела. Показано, что в сравнении с контрольной в этой группе значительно чаще отмечались диагностические значения индексов долихостеномелии, что свидетельствует о наличии непропорционально длинных трубчатых костей конечностей. Изменения продольных размеров конечностей проявлялись также арахнодактилией, которая встречалась у них достоверно чаще в сравнении с контрольной группой. Также среди лиц из этой группы значимо чаще встречались килевидная и воронкообразная деформации грудной клетки, челюстно-лицевые дисморфии (узкий лицевой скелет и неправильный рост зубов), а более чем у половины из них встречалось готического нёбо (табл. 1). Большинство обследованных этой группы предъявляли жалобы на ощущение онемения и парестезии в конечностях, болезненные мышечные спазмы и судороги (табл. 2). Средний балл ДСТ в этой подгруппе составлял 44,77 [30,25; 53,40], что достоверно отличалось от контрольной группы ($p < 0,001$).

4. Обсуждение

Полученные данные о распространенности ДСТ среди молодого поколения свидетельствуют об особой актуальности этой проблемы для медицинского сообщества в области спортивной медицины, так как около двух третей обследованных молодых людей, занимающихся физической культурой и любительским спортом, характеризуются накоплением диспластических признаков, суммарный балл диагностических коэффициентов которых достигает диагностического порога ДСТ [11, 16]. Выявленная в этой выборке выраженность диспластических проявлений указывает на значимые изменения соединительной ткани, которые влияют в первую очередь на структуру и функцию опорно-двигательного аппарата и определяют сниженную его устойчивость к физической нагрузке и предрасположенность к возникновению травм [13, 14]. Согласно полученным данным, каждый третий молодой человек, занимающийся физической культурой и любительским спортом, имеет в анамнезе повторные спортивные травмы опорно-двигательного аппарата. Установленный уровень выраженности диспластических проявлений, обозначенный как диспластический порог ретравматизации (ДПРТ, определяет возникновение предрасположенности к травмам опорно-двигательного аппарата.

Наиболее частым проявлением дезадаптации опорно-двигательного аппарата к физической нагрузке при ДСТ являлось неоднократное возникновение растяжений или разрывов связочно-капсулярных структур сустава, подвывихов или вывихов в суставах, а также переломов костей. Установлено, что диспластический порог ретравматизации связочно-капсулярных структур соответствует ДПРТ опорно-двигательного аппарата [11, 16]. ДПРТ с готовностью к возникновению подвывихов или вывихов существенно превышал ДПРТ связочно-капсулярных структур и характеризовался присутствием большего количества диспластических стигм. ДПРТ с готовностью к возникновению переломов также превышал ДПРТ связочно-капсулярных структур, но отличался накоплением более значимых по диагностическим коэффициентам признаков. Таким образом, выраженность диспластических проявлений определяет не только готовность к ретравматизации опорно-двигательного аппарата, но и вид травм, к которым возникает предрасположенность.

Патогномоничные маркеры предрасположенности к возникновению во время физической активности повреждений связочно-капсулярных структур сустава относились к признакам несостоятельности, прежде всего плотной волокнистой соединительной ткани, как неоформленной — участвующей в образовании надкостницы и надхрящницы (нарушение прикуса, О-образная деформация нижних конечностей), так и оформленной — присутствующей в связочно-капсулярных структурах сустава и укрепляющей сочленения костей (сколиотическая деформация позвоночника,

плоскостопие, вальгусная позиция стоп и гипермобильность суставов) [11, 17, 18]. В коже дефекты синтеза соединительной ткани и склонность к разрывам проявлялись истончением кожи, келоидными рубцами, атрофическими стриями и образованием петехиальной сыпи после пробы жгута. Неполноценность особого вида плотной волокнистой оформленной соединительной ткани, формирующей наружную фиброзную оболочку глаза — склеры, манифестировала в этой подгруппе чрезмерным растягиванием глазного яблока в переднезаднем направлении и возникновением миопии [11, 17].

Фенотипический портрет предрасположенности к возникновению подвывихов и вывихов дополняется многочисленными признаками несостоятельности, как неоформленной (*X*-образная деформация нижних конечностей), так и оформленной плотной волокнистой соединительной ткани (кифотическая деформация позвоночника, диастаз прямых мышц живота и вентральные грыжи) [10, 11, 17]. Отличительными стигмами для этой подгруппы становятся признаки, обусловленные дефектами ремоделирования соединительной ткани и демонстрирующие патологическую ее эластичность и гиперрастяжимость: избыточно эластичные ушные раковины, повышенная растяжимость кожи, варикозное расширение вен. Существенно увеличивается степень выраженности гипермобильности суставов. Особую значимость в диагностике предрасположенности к возникновению подвывихов и вывихов приобретает симптом хруста в суставах при движениях (в первую очередь, височно-нижнечелюстного сустава), обусловленный избыточным растягиванием синовиальных сумок и суставных капсул. Эти виды травм ассоциируются с достоверным нарастанием степени миопии и риском отслойки сетчатки [10, 11, 17, 18].

Спектр диспластических проявлений при предрасположенности к возникновению переломов включает признаки, указывающие в первую очередь на нарушение синтеза и/или ремоделирования компонентов межклеточного матрикса хрящевой и костной тканей [17, 19]. Так, такие скелетопатии, как долихостеномелия и арахнодактилия, вызванные диспропорциональным ростом трубчатых костей в области их метафизов, характеризуются нарушением микроархитектоники и плотности костей, что манифестирует увеличением риска переломов во время физической активности [11, 16–19]. Сочетание непропорционально удлиненных продольных размеров тела с дефицитом массы тела существенно увеличивает процент встречаемости астенического типа телосложения в этой подгруппе. Несовершенный хондро- и остеогенез проявляется также локальными деформациями костного скелета. Особую значимость в диагностике предрасположенности к возникновению переломов приобретают готическое нёбо и узкий удлиненный лицевой скелет [11, 16, 20]. Характерными стигмами для этой подгруппы становятся воронкообразная или килевидная деформации грудной клетки, формирующиеся в результате патологических изменений хрящевой ткани, образующей передние отделы ребер [11, 16, 17, 18].

Таким образом, диспластические фенотипы предрасположенности к каждому из видов травм имеют свои характерные стигмы, которые могут выступать основой для разработки алгоритма экспресс-скринингового обследования молодых лиц, желающих заниматься физической культурой и спортом, и для персонализированного подхода к медико-биологическому сопровождению, направленному на профилактику ретравматизации опорно-двигательного аппарата.

5. Заключение

Среди молодых людей, занимающихся физической культурой и любительским спортом, отмечается высокая распространенность и значимая выраженность диспластических проявлений. Накопление диспластических признаков ассоциируется с увеличением риска возникновения ретравматизации опорно-двигательного аппарата. По мере накопления диспластических признаков первой возникает готовность к ретравматизации связочно-капсулярных структур сустава, достоверное более высокие значения диспластического порога ретравматизации отмечались при готовности к возникновению подвывихов или вывихов, максимума этот показатель достигал при готовности к возникновению переломов костей. Диспластические фенотипы предрасположенности к каждому из видов травм имели свои характерные стигмы, которые могут выступать основой для разработки алгоритма скринингового обследования молодых лиц, желающих заниматься физической культурой и спортом. Разработка инструментов экспресс-диагностики предрасположенности к ретравматизации позволит в рамках ограниченного времени диспансеризации выделить среди молодежи группы риска к возникновению определенного вида травм, требующих персонализированного подхода к выбору вида спортивной деятельности и режима тренировок.

Вклад авторов:

Санькова Мария Вячеславовна — разработка концепции исследования, сбор и анализ данных, написание текста статьи.

Николенко Владимир Николаевич — редактирование статьи, утверждение финальной версии статьи.

Гридин Леонид Александрович — редактирование статьи.

Ачкасов Евгений Евгеньевич — редактирование статьи, утверждение финальной версии статьи.

Authors' contributions:

Maria V. Sankova — the research concept development, data collection and analysis, the article text writing.

Vladimir N. Nikolenko — article editing, approval of final article version.

Leonid A. Gridin — article editing.

Evgeniy E. Achkasov — article editing, approval of final article version.

Список литературы

1. **Hoenig T., Eissele J., Strahl A., Popp K.L., Stürznickel J., Ackerman K.E., Hollander K., Warden S.J., Frosch K.H., Tenforde A.S., Rolvien T.** Return to sport following low-risk and high-risk bone stress injuries: a systematic review and meta-analysis. Br. J. Sports Med. 2023;57(7):427–432. https://doi.org/10.1136/bjsports-2022-106328
2. **Greising S.M., Corona B.T., Call J.A.** Musculoskeletal Regeneration, Rehabilitation, and Plasticity Following Traumatic Injury. Int. J. Sports Med. 2020; 41(8):495–504. https://doi.org/10.1055/a-1128-7128
3. **Hurt J., Graf A., Dawes A., Toston R., Gottschalk M., Wagner E.** Winter sport musculoskeletal injuries: epidemiology and factors predicting hospital admission. Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol. 2023;33(5):1735–1743. https://doi.org/10.1007/s00590-022-03322-y
4. **Gimigliano F., Resmini G., Moretti A., Aulicino M., Gargiulo F., Gimigliano A., Liguori S., Paoletta M., Iolascon G.** Epidemiology of Musculoskeletal Injuries in Adult Athletes: A Scoping Review. Medicina (Kaunas). 2021;57(10):1118. https://doi.org/10.3390/medicina57101118
5. **Игизбаев А.А.** Проблема травматичности спорта. Уральский научный вестник. 2023;10(9):50–54.
6. **Гарнов И.О., Сурин М.В., Прокошева О.Ю.** Спортивный травматизм в практике работы скорой медицинской помощи на примере региона европейского Севера. Спортивная медицина: наука и практика. 2025;15(1):44–53. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.1.5
7. **Безуглов Э.Н., Хайтин В.Ю., Этемад О.А., Лебеденко Е.О., Гринченко А.П., Филимонова А.М.** Актуальные классификации мышечных травм: преимущества и недостатки. Спортивная медицина: наука и практика. 2024;14(2):45–57. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2024.2.3
8. **Зябкин И.В. Зябкин И.В., Панкратов И.В., Петров М.А., Габаев М.И., Кешишян Р.А., Хижникова В.В., Ковалькова А.М.** Перспективы диагностики и лечения минимальных травм и повреждений крупных суставов у несовершеннолетних спортсменов: современные представления. Медицина экстремальных ситуаций. 2024;26(4):104–113. https://doi.org/10.47183/mes.2024-26-4-104-113
9. **Санькова М.В., Николенко В.Н.** Управление соединительнотканными рисками в спортивной медицине. Спортивная медицина: наука и практика. 2023;13(3):78–87. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.3.10
10. **Nikolenko V.N., Oganesyan M.V., Vovkogon A.D., Cao Y., Churganova A.A., Zolotareva M.A., Achkasov E.E., Sankova M.V., Rizaeva N.A., Sinelnikov M.Y.** Morphological signs of connective tissue dysplasia as predictors of frequent post-exercise musculoskeletal disorders. BMC Musculoskelet Disord. 2020;21(1):660. https://doi.org/10.1186/s12891-020-03698-0
11. Клинические рекомендации Российского научного медицинского общества терапевтов по диагностике, лечению и реабилитации пациентов с дисплазиями соединительной ткани (первый пересмотр). Медицинский вестник Северного Кавказа. 2018;13(1–2):137–209. https://doi.org/10.14300/mnnc.2018.13037
12. **Жолинский А.В., Гладышев Н.С., Кадыкова А.И., Деев Р.В.** Рациональная классификация спортсменов высшего мастерства на основе структуры заболеваемости. Спортивная медицина: наука и практика. 2024;14(3):14–25. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2024.3.1

References

1. **Hoenig T., Eissele J., Strahl A., Popp K.L., Stürznickel J., Ackerman K.E., Hollander K., Warden S.J., Frosch K.H., Tenforde A.S., Rolvien T.** Return to sport following low-risk and high-risk bone stress injuries: a systematic review and meta-analysis. Br. J. Sports Med. 2023;57(7):427–432. https://doi.org/10.1136/bjsports-2022-106328
2. **Greising S.M., Corona B.T., Call J.A.** Musculoskeletal Regeneration, Rehabilitation, and Plasticity Following Traumatic Injury. Int. J. Sports Med. 2020; 41(8):495–504. https://doi.org/10.1055/a-1128-7128
3. **Hurt J., Graf A., Dawes A., Toston R., Gottschalk M., Wagner E.** Winter sport musculoskeletal injuries: epidemiology and factors predicting hospital admission. Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol. 2023;33(5):1735–1743. https://doi.org/10.1007/s00590-022-03322-y
4. **Gimigliano F., Resmini G., Moretti A., Aulicino M., Gargiulo F., Gimigliano A., Liguori S., Paoletta M., Iolascon G.** Epidemiology of Musculoskeletal Injuries in Adult Athletes: A Scoping Review. Medicina (Kaunas). 2021;57(10):1118. https://doi.org/10.3390/medicina57101118
5. **Igizbaev A.A.** The problem of sports traumatism. Ural'skii nauchnyi vestnik = Ural scientific bulletin. 2023;10(9):50–54. (In Russ.)
6. **Garnov I.O., Surin M.V., Prokosheva O.Yu.** Sports injuries in emergency medical care practice using the example of the European North region. Sports medicine: research and practice. 2025;15(1):44–53. (In Russ.). https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.1.5
7. **Bezuglov E.N., Khaitin V.Yu., Etemad O.A., Lebedenko E.O., Grinchenko A.P., Filimonova A.M.** Current classifications of muscle injuries: strengths and limitations. Sports medicine: research and practice. 2024;14(2):45–57. (In Russ.). https://doi.org/10.47529/2223-2524.2024.2.3
8. **Zyabkin I.V., Pankratov I.V., Petrov M.A., Gabaev M.I., Keshishyan R.A., Khizhnikova V.V., Kovalkova A.M.** Prospects for diagnosis and treatment of minimal trauma and injury of large joints in underage athletes: a review. Extreme Medicine. 2024;26(4):104–113. (In Russ.). https://doi.org/10.47183/mes.2024-26-4-104-113
9. **Sankova M.V., Nikolenko V.N.** Diagnostically significant dysplastic feature identification as a tool for managing connective tissue risks in sports medicine. Sports medicine: research and practice. 2023;13(3):78–87. (In Russ.). https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.3.10
10. **Nikolenko V.N., Oganesyan M.V., Vovkogon A.D., Cao Y., Churganova A.A., Zolotareva M.A., Achkasov E.E., Sankova M.V., Rizaeva N.A., Sinelnikov M.Y.** Morphological signs of connective tissue dysplasia as predictors of frequent post-exercise musculoskeletal disorders. BMC Musculoskelet Disord. 2020;21(1):660. https://doi.org/10.1186/s12891-020-03698-0
11. Clinical Recommendations of the Russian Scientific Medical Society of Therapists on Diagnosis, Treatment and Rehabilitation of Patients with Connective Tissue Dysplasias (first revision). Meditsinskii vestnik Severnogo Kavkaza = Medical news of the North Caucasus. 2018;13(1–2):137–209. (In Russ.). https://doi.org/10.14300/mnnc.2018.13037
12. **Zholinsky A.V., Gladyshev N.S., Kadykova A.I., Deev R.V.** Rational classification of top-level athletes based on morbidity patterns. Sports medicine: research and practice. 2024;14(3):14–25. (In Russ.). https://doi.org/10.47529/2223-2524.2024.3.1

13. **Санькова М.В., Николенко В.Н., Гридин Л.А.** Изменение адаптации опорно-двигательного аппарата к физическим нагрузкам при дисплазии соединительной ткани: анализ некоторых пусковых факторов. Спортивная медицина: наука и практика. 2024;14(3):55–64. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2024.3.6

14. **Sankova M., Nikolenko V., Achkasov E.** et al. Connective tissue dysplasia and pathogenetic mechanisms as a factor in impaired musculoskeletal adaptation in youth: a sports medicine review. Sport Sci. Health. 2025;21(4):2391–2406. https://doi.org/10.1007/s11332-025-01474-y

15. **Козлова А.С., Пятибрат А.О., Бузник Г.В., Мельнов С.Б., Шабанов П.Д.** Возможные молекулярно-генетические предикторы развития патологии локомоторной системы при экстремальных физических нагрузках. Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. 2015;13(3):53–62.

16. **Яковлев В.М., Нечаева Г.И., Мартынов А.И., Викторова И.А.** Дисплазия соединительной ткани в практике врачей первичного звена здравоохранения: Руководство для врачей. М.: КСТ Интерфорум; 2016.

17. **Кузнецов С.Л., Мушкамбаров Н.Н.** Гистология, цитология и эмбриология. 3-е изд., испр. и доп. М.: Медицинское информационное агентство; 2016.

18. **Сапин М.Р., Никитюк Д.Б., Николенко В.Н., Чава С.В.** Анатомия человека: в двух томах. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2022.

19. **Северин С.Е.** Биологическая химия с упражнениями и задачами. 3-е изд. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2017.

20. **Jovanovic M., Guterman-Ram G., Marini J.C.** Osteogenesis Imperfecta: Mechanisms and Signaling Pathways Connecting Classical and Rare OI Types. Endocr. Rev. 2022;43(1):61–90. https://doi.org/10.1210/endrev/bnab017

13. **Sankova M.V., Nikolenko V.N., Gridin L.A.** Changes in musculoskeletal adaptation to physical activity in connective tissue dysplasia: analyzing some triggering factors. Sports medicine: research and practice. 2024;14(3):55–64. (In Russ.). https://doi.org/10.47529/2223-2524.2024.3.6

14. **Sankova M., Nikolenko V., Achkasov E.** et al. Connective tissue dysplasia and pathogenetic mechanisms as a factor in impaired musculoskeletal adaptation in youth: a sports medicine review. Sport Sci. Health. 2025;21(4):2391–2406. https://doi.org/10.1007/s11332-025-01474-y

15. **Kozlova A.S., Pyatibrat A.O., Buznik G.V., Melnov S.B., Shabanov P.D.** Possible molecular genetic predictors of the locomotor pathology development during extreme physical exertion. Reviews of Clinical Pharmacology and Drug Therapy. 2015;13(3):53–62. (In Russ.).

16. **Yakovlev V.M., Nechaeva G.I., Martynov A.I., Viktorova I.A.** Connective tissue dysplasia in the practice of primary care physicians: A guide for physicians. Moscow: KST Interforum; 2016. (In Russ.).

17. **Kuznetsov S.L., Mushkambarov N.N.** Histology, cytology and embryology. 3rd edition. Moscow: LLC Publishing House "Medical Information Agency"; 2016. (In Russ.).

18. **Sapin M.R., Nikityuk D.B., Nikolenko V.N., Chava S.V.** Human anatomy: in two volumes. Moscow: GEOTAR-Media Publ.; 2022. (In Russ.).

19. **Severin S.E.** Biological chemistry with exercises and tasks. 3rd ed. Moscow: GEOTAR-Media Publ.; 2017. (In Russ.).

20. **Jovanovic M., Guterman-Ram G., Marini J.C.** Osteogenesis Imperfecta: Mechanisms and Signaling Pathways Connecting Classical and Rare OI Types. Endocr. Rev. 2022;43(1):61–90. https://doi.org/10.1210/endrev/bnab017

Информация об авторах:

Санькова Мария Вячеславовна*, аспирант кафедры анатомии и гистологии человека ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119048, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2 (cankov@yandex.ru)

Николенко Владимир Николаевич, д.м.н., заслуженный деятель науки РФ, заслуженный работник высшей школы РФ, профессор, заведующий кафедрой анатомии и гистологии человека ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119048, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2; заведующий кафедрой нормальной и топографической анатомии факультета фундаментальной медицины ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1 (vn.nikolenko@yandex.ru)

Гридин Леонид Александрович, д.м.н., профессор, генеральный директор Московского центра проблем здоровья при Правительстве Москвы, Россия, 119049, Москва, ул. Житная, 14, стр. 3 (leonidgridin@yandex.ru)

Ачкасов Евгений Евгеньевич, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой спортивной медицины и медицинской реабилитации ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119048, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2 (2215.g23@rambler.ru)

Information about the authors:

Maria V. Sankova*, graduate student of the Human Anatomy and Histology Department, Sechenov First Moscow State Medical University, 8, building 2 Trubetskaya str., Moscow, 119048, Russia (cankov@yandex.ru)

Vladimir N. Nikolenko, Honored Scientist of the Russian Federation, Honored Worker of Higher School of the Russian Federation, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, Head of the Human Anatomy and Histology Department, Sechenov First Moscow State Medical University, 8, building 2 Trubetskaya str., Moscow, 119048, Russia; Head of the Normal and Topographic Anatomy Department, Basic Medicine Faculty, Lomonosov Moscow State University, 1 Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia (vn.nikolenko@yandex.ru)

Leonid A. Gridin, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, General Director of Moscow Center for Health Problems under the Moscow Government, 14/3 Zhitnaya str., Moscow, 119049, Russia (leonidgridin@yandex.ru)

Evgeniy E. Achkasov, M.D., D. Sc. (Medicine), Professor, Head of the Sports Medicine and Medical Rehabilitation Department, Sechenov First Moscow State Medical University, 8, building 2 Trubetskaya str., Moscow, 119048, Russia (2215.g23@rambler.ru).

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

Sports Medicine: research and practice

https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.2.11

УДК: 796.034:616-001(045)

Тип статьи: Оригинальное исследование

Check for updates

CC BY 4.0

Анализ травматизма на соревнованиях по подводному спорту (апноэ) в период с 2021 по 2025 год

О.Г. Мелихов[1,2], И.Т. Выходец[2]*

[1] *Ассоциация фридайверов «Федерация фридайвинга», Москва, Россия*

[2] *ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Пироговский Университет), Москва, Россия*

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: оценить частоту и степень риска различных видов спортивной травмы на соревнованиях по спортивному апноэ.

Материалы и методы. Ретроспективный анализ отчетов по безопасности и официальных результатов соревнований, проведенных Международной ассоциацией развития апноэ в период с 2021 по 2025 г. включительно.

Результаты. Проанализировано 1460 соревнований в 61 стране, включая Российскую Федерацию, 53 833 официальных выступления: 36 319 — в бассейновых дисциплинах, 17 514 — в глубинных дисциплинах. Общая частота спортивной травмы составила 3,35 %: в бассейновых дисциплинах — 3,11 %, в глубинных дисциплинах — 3,85 %. Общая частота потери сознания (на поверхности или под водой) составила 3,09 %: в бассейновых дисциплинах — 2,98 %, в глубинных дисциплинах — 3,32 %. Частота баротравмы легких (БЛ) в глубинных дисциплинах составила 0,43 %. При проведении бассейновых соревнований БЛ не наблюдалась.

Две дисциплины характеризуются повышенным риском: динамическое апноэ без ласт (dynamic no fins, DNF) и ныряние в глубину без ласт (constant weight no fins, CNF). Для DNF отношение рисков любой травмы по сравнению со средней частотой всех травм в других бассейновых дисциплинах составляет 1,74 (95 % ДИ 1,54–1,96; $p < 0{,}001$).

Заключение. Самыми распространенными видами травмы являются потеря сознания на поверхности и под водой, а также баротравма легких. Наиболее опасными с точки зрения общего риска травмы и риска потери сознания являются дисциплины, в которых спортсмены выступают без использования моноласты или классических ласт: динамическое апноэ без ласт и ныряние в глубину без ласт.

Ключевые слова: апноэ, спортивная медицина, спортивная травма, потеря сознания, баротравма легких, фридайвинг

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Мелихов О.Г., Выходец И.Т. Анализ травматизма на соревнованиях по подводному спорту (апноэ) в период с 2021 по 2025 год // *Спортивная медицина: наука и практика*. 2026;16(2):38–47. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.2.11

Поступила в редакцию: 04.05.2026
Принята к публикации: 17.09.2026
Online first: 03.11.2026
Опубликована: 13.11.2026

* **Автор, ответственный за переписку**

Analysis of sports injury in breath-hold (freediving) competitions from 2021 to 2025

Oleg G. Melikhov[1,2*], *Igor T. Vykhodets*[2]

[1] *Freediving Federation, Moscow, Russia*

[2] *N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia*

ABSTRACT

Study objective: to assess the incidence and risk of various types of sports injuries in sports apnea competitions.

Materials and methods. Retrospective analysis of safety reports and official results from competitions held by the International Association Internationnale pour le Développement de l'Apnée (AIDA International) from 2021 to 2025.

Results. A total of 1,460 competitions (61 countries, including the Russian Federation) and 53,833 official starts were analyzed: 36 319 in pool disciplines and 17 514 in depth disciplines. The overall incidence of sports injuries was 3.35 %, including 3.11 % in pool disciplines and 3.85 % in depth disciplines. The overall incidence of loss of consciousness (on the surface or underwater) was 3.09 %: 2.98 % in pool disciplines and 3.32 % in depth disciplines. The incidence of lung barotrauma (LB) in depth disciplines was 0.43 %. No LB was observed in pool competitions.

Two disciplines are characterized by an increased relative risk to other disciplines: dynamic apnea no fins (DNF) and constant weight no fins (CNF). For DNF, the odds ratio of any injury compared to the average incidence of all injuries in other pool disciplines is 1.74 (95 % CI 1.54–1.96; $p < 0.001$).

For CNF, the odds ratio of any injury compared to the average incidence of all injuries in other depth disciplines is 2.52 (95 % CI 2.16 - 2.94; $p < 0.001$).

Conclusion. The most common types of injury are loss of consciousness, on the surface and underwater, and pulmonary barotrauma. The most dangerous disciplines in terms of overall risk of injury and loss of consciousness are those in which athletes compete without a monofin or classic fins: dynamic apnea no fins and constant weight no fins.

Keywords: breath-hold diving, sport medicine, sport injury, black out, lung barotrauma, freediving

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

For citation: Melikhov O.G., Vykhodets I.T. Analysis of sports injury in breath-hold (freediving) competitions from 2021 to 2025. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* (*Sports medicine: research and practice*). 2026;16(2):38–47. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.2.11

Received: 04 May 2026
Accepted: 17 September 2026
Online first: 03 November 2026
Published: 13 November 2026

***Corresponding author**

1. Введение

«Подводный спорт. Апноэ» (код вида спорта 1460008511Я или 14608511Я) — активно развивающийся вид спорта, в котором участники ныряют в длину (в бассейне) или в глубину (на открытой воде) на задержке дыхания (апноэ). Другое распространенное название этого вида спорта — фридайвинг (freediving). Наиболее распространенными его дисциплинами в бассейне являются апноэ статическое и апноэ динамическое (без ласт, в ластах, в классических ластах). Статическое апноэ (static apnoe, STA) — это задержка дыхания на поверхности воды в течение максимально возможного времени. Динамическое апноэ предполагает преодоление максимально возможного горизонтального расстояния с использованием моноласты (dynamic apnoe, DYN), классических ласт (dynamic apnoe bi-fins, DYN-B) или без ласт (dynamic apnoe no fins, DNF).

Целью дисциплин в открытой воде является достижение максимально возможной глубины погружения. Наиболее распространенными среди них можно считать ныряние в глубину без ласт (constant weight no fins, CNF), ныряние в глубину в классических ластах (constant weight bi-fins, CWTB), ныряние в глубину в моноласте (constant weight, CWT) и ныряние в глубину по тросу (free immersion, FIM). Во всех перечисленных выше дисциплинах масса спортсмена в снаряжении до и после попытки должна быть постоянной.

В дисциплинах на открытой воде спортсмен заранее заявляет результат (глубину), которую планирует достичь во время выполнения попытки. Технические средства, используемые на соревнованиях, не позволяют спортсмену превысить заявленную глубину. В ходе совершения попытки спортсмен имеет возможность начать всплытие в любой момент, даже не достигнув заявленной глубины, однако естественным является стремление достичь заявленного результата. Поэтому для профилактики травматизма крайне важно, чтобы спортсмен и тренер адекватно оценивали уровень подготовленности и состояние спортсмена перед совершением попытки и заявленная глубина не превышала возможностей спортсмена в настоящий момент.

Существует две основных спортивных федерации, занимающиеся развитием спортивного апноэ: Всемирная конфедерация подводной деятельности (Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques, CMAS), представленная в России Федерацией подводного спорта России (ФПСР) и Международная ассоциация развития апноэ (Association Internationnale pour le

Développement de l'Apnée, AIDA International), представленная в Российской Федерации Ассоциацией фридайверов «Федерация фридайвинга» (ФФ).

CMAS объединяет многие дисциплины подводного спорта, а AIDA International занимается только развитием фридайвинга и объединяет более 10 000 спортсменов и свыше 6000 тренеров из 60 стран. Под эгидой AIDA International ежегодно проводятся сотни соревнований (от 204 до 376 в год в период с 2021 по 2025 г.) [1].

В Российской Федерации только в период с 2023 по 2025 г. было проведено 13 официальных соревнований под эгидой ФПСР и 138 — под эгидой ФФ с общей численностью участников более 4300 человек [2, 3].

Рекорды апноэ демонстрируют высочайший уровень подготовки спортсменов. например, мировой рекорд в STA составляет 9 минут 39 секунд у женщин (Heike Schwerdtner, Германия) и 11 минут 35 секунд у мужчин (Stephane Mifsud, Франция), в дисциплине DYN 280 метров у женщин (Zofia Torocsic, Венгрия) и 325 метров у мужчин (Mateusz Malina, Польша), в дисциплине CWT 123 метров у женщин (Alessia Zecchini, Италия) и 136 метров у мужчин (Алексей Молчанов, Российская Федерация). В самой экстремальной дисциплине апноэ «ныряние в глубину без ограничений», то есть с переменным весом или с использованием специальных устройств, доставляющих спортсмена на глубину ("No limits", NLT) мировой рекорд у женщин составляет 160 метров (Tanya Streeter, США), а у мужчин — 214 метров (Herbert Nitsch, Австрия). Российские спортсмены являются одними из лидеров международного фридайвинга и много раз становились чемпионами и рекордсменами мира [4].

Понимание ситуации с безопасностью ныряния на задержке дыхания важно для принятия мер по минимизации рисков для спортсменов. Существует несколько причин, из-за которых физическое и психологическое состояние спортсмена может ухудшиться в конце попытки. Например, эффективность сформировавшихся в процессе многолетней спортивной подготовки механизмов физиологической экономизации кислорода в ряде случаев может оказаться недостаточной для предотвращения случаев потери сознания вследствие падения парциального давления кислорода артериальной крови до критически низких уровней [5], и даже лучшие спортсмены могут оказаться в состоянии глубокой гипоксии и потерять сознание в конце попытки [6, 7, 8].

В соревнованиях на открытой арене потеря сознания чаще возникает в конце погружения, когда фридайвер приближается к поверхности. Это явление называют «блэкаут мелкой воды» («shallow-water blackout»), его распространенность составляет 10–11 %, и он является причиной дисквалификации [9].

Еще одним распространенным видом травмы при нырянии на задержке дыхания является баротравма легких (БЛ), которая возникает из-за воздействия экстремального давления во время глубоких погружений [10]. Симптомами БЛ являются кашель и ощущение сдавленности в груди, сопровождающиеся одышкой [11, 12]. Травма является достаточно распространенной, особенно при частых и глубоких погружениях — симптомы БЛ после серии глубоких погружений могут манифестировать у 25 % спортсменов [13]. Повторные погружения с задержкой дыхания могут повышать транспульмональное капиллярное давление, что, в свою очередь, способно привести к некардиогенному отеку легких и альвеолярному кровоизлиянию [11].

Несмотря на необходимость тщательной оценки рисков для здоровья спортсменов, отсутствуют актуальные данные о травматизме во время соревнований по фридайвингу за период 2024–2025 гг. В открытых источниках доступны только данные за 2023 и предыдущие годы [9, 14]. В проведенном же исследования объединены данные за период с 2021 по 2025 г. В то же время проводится активная работа по выявлению рисков в других видах спорта [15, 16].

Целью исследования была оценка частоты и степени риска различных видов травм на соревнованиях по подводному спорту (апноэ). Полученные результаты должны способствовать объективизации степени безопасности соревнований по этому виду спорта, а также использоваться тренерами, медицинским персоналом и организаторами соревнований, в том числе для усовершенствовании правил и регламентов проведения соревнований.

2. Материалы и методы

Для реализации целей исследования был проведен ретроспективный анализ отчетов по безопасности и официальных результатов соревнований, организованных AIDA International в период с 2021 по 2025 г. включительно [1], со сбором данных всех спортсменов, принявших в них участие. Спортсмены имели различный уровень подготовки и не имели противопоказаний для занятий фридайвингом. Данные за более ранний период в таком объеме систематически не собирались или были неполными.

Данные из отчетов по безопасности, полученные от организаторов соревнований, были проверены по отношению к официальным результатам соревнований, опубликованных на официальном сайте AIDA International [1]. Обнаруженные расхождения были устранены путем уточнения и сбора дополнительной информации у организаторов соревнований. Полученные данные были проанализированы по следующим параметрам: количество стран, в которых проводились соревнования; количество соревнований; количество стартов; количество случаев травм, непосредственно связанных с апноэ.

Были проанализированы следующие виды спортивной травмы: потеря сознания на поверхности, потеря сознания под водой, баротравма легких, другие виды травмы в бассейновых и глубинных дисциплинах.

В дисциплине STA анализировалась только потеря сознания на поверхности и другие виды травмы, поскольку в этой дисциплине спортсмен не погружается под воду (находится на поверхности в состоянии апноэ). Основными критериями потери сознания в глубинных дисциплинах являлись отсутствие осознанных движений спортсмена под водой или невозможность удерживать верхние дыхательные пути над поверхностью воды после всплытия.

В бассейновых дисциплинах критериями потери сознания считается отсутствие реакции на сигналы судьи, неконтролируемый выдох (в дисциплине STA), отсутствие осознанных движений спортсмена под водой и невозможность удерживать верхние дыхательные пути над поверхностью воды после всплытия (в дисциплинах DNF и DYN). При необходимости спортсменам оказывалась помощь бригадой фридайверов-спасателей и квалифицированным медицинским персоналом.

Наличие баротравмы легких устанавливалось врачами, обслуживающими соревнования, которые проводили медицинский осмотр спортсмена при подозрении на развитие этого состояния.

К категории серьезных травм (в соответствии с процедурой «Управление серьезными, угрожающими жизни и смертельными инцидентами» AIDA International от 12 октября 2017 г.) относили смерть, состояния, угрожающие жизни (то есть создающие непосредственную угрозу смерти для спортсмена, но не травмы, которые, если бы они произошли в более серьезной форме, могли бы привести к смерти), а также все другие случаи травм, информация о которых, по мнению организаторов соревнований, судей, команды спасателей, врача или любого другого лица, сообщившего о происшествии, считается важной для AIDA International [17].

Данные по частоте встречаемости спортивной травмы были представлены в процентах от общего количества стартов. Рассчитан относительный риск (OR) каждого вида травмы между дисциплинами и по сравнению с объединенными данными по другим бассейновым и глубинным дисциплинам, включая 95 % ДИ и значение *p* [18].

Статистический анализ выполнялся с использованием стандартных статистических пакетов в *R*.

Все данные были получены из анонимных по отношению к спортсменам отчетов организаторов соревнований и из открытых общедоступных источников (официальная интернет-страница AIDA International [1]). Комитет по медицине и науке AIDA International и организаторы исследования получали только сведения о количестве стартов в разных дисциплинах, а также о количестве и характеристике случаев спортивной травмы, без персональных данных спортсменов. Комитет по медицине и науке AIDA International и организаторы исследования не имели возможности определить, какому спортсмену принадлежат данные в отчете. Вследствие того что исследование представляло собой сбор деперсонализированных эпидемиологических данных (распространенности случаев спортивной травмы) и факт проведения исследования не оказывал никакого влияния на процесс оказания медицинской помощи спортсменам, одобрение этического комитета и информированное согласие участников не требовались.

Комитет по медицине и науке AIDA International предоставил разрешение на использование перечисленных выше данных для целей настоящего исследования.

3. Результаты

В период с 2021 по 2025 г. AIDA International было проведено 1460 соревнований (от 204 до 376 соревнований в год) в 61 стране, в которых приняли участие спортсмены из 116 стран. В общей сложности на всех соревнованиях было зарегистрировано 53 833 официальных выступления (старта) во всех дисциплинах: 36 319 в бассейновых дисциплинах и 17 514 в глубинных дисциплинах. Для целей исследования были проанализированы результаты всех соревнований.

Общая частота травм в бассейновых и глубинных дисциплинах за анализируемый временной период составила 3,35 % (1803 случая на 53 833 старта): в диапазоне от 3,07 до 4,01 %. Частота травм в бассейновых дисциплинах составила 3,11 % (1128 случаев на 36 319 стартов): в диапазоне от 2,61 до 4,08 %. Частота спортивной травмы в дисциплинах на открытой воде составила 3,85 % (675 случаев на 17 514 стартов): в диапазоне от 3,09 до 4,46 % (табл. 1).

Общая частота потери сознания на поверхности в бассейновых и глубинных дисциплинах за 5 лет составила 2,24 % (1201 случай на 53 833 старта): в диапазоне от 1,94 до 2,69 % в разные годы. Частота потери сознания на поверхности в бассейновых дисциплинах составила 2,34 % (в диапазоне от 1,98 до 2,90 %), в глубинных дисциплинах 2,02 % (в диапазоне от 1,61 до 2,37 %).

Частота потери сознания под водой в бассейновых и глубинных дисциплинах составила 0,85 % (462 случая на 53 833 старта): в диапазоне от 0,57 до 1,12 %. В бассейновых дисциплинах — 0,64 % (в диапазоне от 0,35 до 0,77 %), а в глубинных дисциплинах 1,30 % (от 1,00 до 1,99 %).

Общая частота потери сознания (на поверхности или под водой) в бассейновых и глубинных дисциплинах составила 3,09 % (1663 случая на 53 833 старта): в диапазоне от 2,83 до 3,57 %. Общая частота потери сознания на поверхности или под водой в бассейновых дисциплинах составила 2,98 % (в диапазоне от 2,57 до 3,63 %), а в глубинных дисциплинах — 3,32 % (в диапазоне от 2,61 до 4,01 %) (табл. 2).

Частота БЛ в глубинных дисциплинах за 5 лет составила 0,43 % (76 происшествий на 17 514 стартов): в диапазоне от 0,36 до 0,48 %. При проведении бассейновых соревнований БЛ не наблюдалась (табл. 3).

В период с 2021 по 2025 г. на соревнованиях под эгидой AIDA International наблюдалось 36 случаев,

Таблица 1

Частота травм по дисциплинам (%)

Table 1

Frequency of sports injuries by discipline (%)

	STA	DNF	DYN (+B)	CNF	FIM	CWT (+B)
2021	3,44	5,46	3,80	7,92	3,12	2,87
2022	3,69	4,48	2,51	6,57	3,84	1,51
2023	2,24	5,08	2,87	9,26	4,10	3,22
2024	2,11	3,90	2,27	7,23	3,63	3,15
2025	2,00	4,44	2,60	7,48	2,20	3,22
В среднем	2,53	4,59	2,72	7,70	3,34	2,90

Примечание: STA — статическое апноэ; DNF — динамическое апноэ без ласт; DYN (+B) — динамическое апноэ в классических ластах или в моноласте; CNF — ныряние в глубину без ласт; FIM — ныряние в глубину по тросу; CWT (+B) — ныряние в глубину в классических ластах или в моноласте.

Таблица 2

Частота потери сознания по дисциплинам (%)

Table 2

Frequency of loss of consciousness by discipline (%)

	STA	DYN (+B)	DYN	CNF	FIM	CWT (+B)
2021	3,01	4,90	3,37	6,75	2,66	2,77
2022	3,63	4,27	2,38	5,51	3,14	1,37
2023	2,16	4,98	2,84	8,48	3,61	2,89
2024	1,96	3,90	2,27	6,82	3,12	2,48
2025	1,93	4,31	2,52	6,74	1,4	2,66
В среднем	2,40	4,43	2,62	6,93	2,73	2,48

Таблица 3

Частота баротравмы легких по дисциплинам (%)

Table 3

Frequency of pulmonary barotrauma by discipline (%)

	CNF	FIM	CWT (+B)
2021	1,17	0,31	0,10
2022	1,06	0,70	0,14
2023	0,63	0,49	0,28
2024	0,27	0,34	0,62
2025	0,37	0,59	0,36
В среднем	0,60	0,49	0,35

относящихся к серьезной травме (0,07 % от общего количества стартов). При этом летальных случаев не было.

Две дисциплины характеризуются повышенным риском по отношению к другим: динамическое апноэ без ласт (DNF) и ныряние в глубину без ласт (CNF). Для DNF отношение рисков (ОР) любой травмы по сравнению со средней частотой всех травм в других бассейновых дисциплинах (STA+DYN+DYN-B) составляет 1,74 (95 % ДИ 1,54–1,96; $p < 0,001$). ОР потери сознания на поверхности в DNF составляет 1,55 (95 % ДИ 1,35–1,79; $p < 0,001$), под водой 2,66 (95 % ДИ 2,05–3,44; $p < 0,001$), а на поверхности или под водой — 1,75 (95 % ДИ 1,55 до 1,98; $p < 0,001$).

Кроме того, в DNF ОР любой травмы по сравнению со средней частотой всех травм в других бассейновых дисциплинах динамического апноэ (в моноласте и в классических ластах) составляет 1,69 (95 % ДИ 1,48–1,93; $p < 0,001$): ОР потери сознания на поверхности составляет 1,75 (95 % ДИ 1,49–2,06; $p < 0,001$), ОР потери сознания под водой 1,55 (95 % ДИ 1,20–2,00; $p < 0,001$), потери

сознания на поверхности или под водой 1,69 (95 % ДИ 1,48–1,94; $p < 0,001$).

Для CNF отношение рисков (ОР) любой травмы по сравнению со средней частотой всех травм в других глубинных дисциплинах (FIM+CWT+CWT-B) составляет 2,52 (95 % ДИ 2,16–2,94; $p < 0,001$). ОР потери сознания на поверхности для CNF составляет 3,10 (95 % ДИ 2,51–3,82; $p < 0,001$), ОР потери сознания под водой 2,15 (95 % ДИ 1,63–2,84; $p < 0,001$), потери сознания на поверхности или под водой 2,70 (95 % ДИ 2,29–3,18; $p < 0,001$).

Кроме того, в дисциплине CNF ОР любой травмы по сравнению со средней частотой всех травм при нырянии в глубину в моноласте и в классических ластах составляет 2,66 (95 % ДИ 2,24–3,15; $p < 0,001$): ОР потери сознания на поверхности составляет 3,28 (95 % ДИ 2,59–4,16; $p < 0,001$), ОР потери сознания под водой 2,16 (95 % ДИ 1,60–2,93; $p < 0,001$), потери сознания на поверхности или под водой 2,80 (95 % ДИ 2,33–3,36; $p < 0,001$).

ОР для БЛ не было повышено ни в одной из глубинных дисциплин за весь период наблюдений (БЛ ни разу не регистрировались в бассейне).

4. Обсуждение

Результаты исследования демонстрируют, что занятия фридайвингом, по сравнению с другими водными видами спорта, можно считать достаточно экстремальными и сопровождающиеся повышенным уровнем травматизма. Прямое сравнение провести сложно, поскольку статистика травматизма чаще всего представлена либо количеством травм и заболеваний в ходе всего периода соревнований, или рассчитывается по отношению к времени тренировок, но не по отношению к количеству стартов (попыток, выступлений).

По данным Национальной ассоциации студенческого спорта США, общий уровень травматизма у пловцов составляет 4 повреждения за 1000 тренировочных часов у мужчин и 3,78 у женщин [19], а в синхронном плавании — 1,05 повреждения за 1000 тренировочных часов [20].

Учитывая, что за столь длительное время тренировок спортсмены-пловцы совершают множество стартов, частота спортивной травмы в пересчете на количество стартов в плавании несоизмеримо мала по сравнению с фридайвингом. Так, в 2023 году в дисциплине CNF средняя частота травмы в мире составляла 9,26 %, то есть почти в каждом десятом соревновательном старте происходила травма.

Кроме того, тяжесть и опасность спортивной травмы при занятиях апноэ (в особенности потери сознания под водой и баротравмы легких) существенно выше, чем при занятиях плаванием. Потеря сознания под водой, частота которой составляет 3,32 % в глубинных дисциплинах апноэ, в отсутствие быстрой и адекватной реакции команды спасателей, а также неотложной медицинской помощи, в подавляющем большинстве случаев может привести к летальному исходу. В других же водных видах спорта травмы или заболевания, которые не позволяют спортсменам соревноваться на следующий день, регистрируются гораздо реже. Например, во время Олимпиады в Рио-де-Жанейро в 2016 г. такие состояния регистрировались только у 0,6 % пловцов и у 3,8 % спортсменов в синхронном плавании [21].

Результаты, полученные в данном исследовании, являются первой известной попыткой обобщения мировых данных травматизма в апноэ в период с 2021 по 2025 г. В исследовании были проанализированы полные наборы данных, полученных из официальных источников (все соревнования под эгидой AIDA International, все дисциплины, все зафиксированные случаи спортивной травмы). Массив полученных данных был не только полным, но и объемным: проанализированы данные 1460 соревнований и 5 3833 стартов. Общая частота спортивной травмы в соревновательном фридайвинге в бассейновых и глубинных дисциплинах за 5 лет составила 3,35 %. Полученные результаты сопоставимы с данными более ранних исследований: за период с 2019 по 2023 г. средний показатель частоты травм в соревновательном фридайвинге составил 3,43 % (1329 случаев на 38 789 стартов) [14]. В более ранних исследованиях частота травм была существенно выше. Потеря сознания вследствие гипоксии в период 1998–2004 гг. наблюдалась в 10 % стартов в дисциплине STA (в проведенном исследовании 2,40 %) и в 11 % — в дисциплине CWT (в проведенном исследовании 2,48 %) [9]. Вероятно, это связано с ужесточением правил соревнований AIDA International — после 2018 г. потеря сознания стала являться причиной для дисквалификации на несколько соревновательных дней или до конца соревнований в зависимости от тяжести травмы. Это заставило спортсменов более ответственно подходить к планированию выступления и не заявлять результаты, существенно превышающие уровень их подготовки.

Результаты исследования показывают, что дисциплины, в которых атлет выступает без использования моноласты или классических ласт (DNF, CNF), например при динамическом апноэ в бассейне или при нырянии в глубину, характеризуются в целом более высоким риском спортивной травмы, в особенности риском потери сознания вследствие гипоксии. Это объясняется тем, что ныряние без ласт требует вовлечения в работу большего числа мышечных групп и, как следствие, более интенсивного потребления кислорода. Увеличение потребления кислорода обуславливает быстрое снижение его содержания в артериальной крови [22]. Резкое падение уровня кислорода создает конфликт между доставкой кислорода к активным мышцам и к мозгу [23]. В условиях более быстрого снижения доставки кислорода к головному мозгу спортсменам сложнее понять, что нужно завершать попытку, потому что время между появлением первых симптомов гипоксии и потерей сознания сокращается. Способствующим (усугубляющим) фактором может являться острое нарушение динамической

регуляции мозгового кровотока во время максимальной задержки дыхания у хорошо тренированных фридайверов [24].

Проблема потери сознания вследствие гипоксии головного мозга является очень актуальной для занимающихся фридайвингом. Существуют данные, что повторяющиеся гипоксические эпизоды могут постепенно нарушать функции головного мозга. У лучших спортсменов, показывающих самые высокие результаты на международных соревнованиях, были выявлены легкие нарушения когнитивной функции, положительно коррелирующие с продолжительностью занятий апноэ [25]. Предпринимались попытки изучить не только функциональные, но и органические нарушения головного мозга вследствие систематического занятия апноэ, но результаты этих исследований не позволяют однозначно сказать, что изменения структур головного мозга действительно происходят [26, 27].

Другие исследователи пытались оценить влияние гипоксии на мозг с помощью различных гематологических маркеров. Было показано, что в течение пяти дней после попытки динамического апноэ, завершившейся потерей сознания, наблюдался высокий уровень сывороточного маркера церебральной ишемии и повреждения мозга (S100B) [28]. Также было показано, что после длительной статической задержки дыхания на поверхности бассейна в плазме крови накапливается белок предшественник амилоида (Tau), связанный с повреждением или дисфункцией нейронов [29]. Также можно предположить связанное с задержкой дыхания снижение окислительного метаболизма мозга и нарушение гематоэнцефалического барьера [30, 31, 32].

Эти наблюдения позволяют предположить возможное развитие долгосрочных негативных последствий тяжелой гипоксии мозга у фридайверов и делают актуальным комплекс мер, направленных не только на оказание медицинской помощи на соревнованиях, но и на профилактику гипоксической травмы.

Не менее важной медицинской проблемой в глубинном апноэ является баротравма легких. На первый взгляд риск БЛ относительно невысок (0,43 % в среднем за 5 лет), но, скорее всего, частота встречаемости этого вида спортивной травмы выше. Регистрируются в основном клинически значимые случаи БЛ. Более легкие случаи, когда о появлении симптомов знает только сам спортсмен, часто остаются незамеченными для медицинских работников соревнований, поскольку спортсмены не сообщают о таких симптомах из-за опасения быть дисквалифицированными по медицинским показаниям. В то же время медицинские последствия даже после легкой или умеренной БЛ серьезны.

Признаком БЛ является кровохарканье вследствие альвеолярного кровотечения, обусловленного сердечно-сосудистыми изменениями, возникающими во время глубоких погружений на задержке дыхания. Кровохарканье может быть единственным симптомом либо сопровождаться другими признаками БЛ, в первую очередь, кашлем и одышкой [33, 34].

Высокое внешнее давление на глубине и воздействие холодной среды увеличивают внутригрудной объем крови и сердечный выброс, а также давление в легочных капиллярах. При ларингоскопии после погружения на глубину 6 метров на полном выдохе до остаточного объема (для имитации «сдавливания грудной клетки») были обнаружены сгустки крови, которые, вероятно, поступили из нижних отделов дыхательных путей [35]. Риск альвеолярного кровотечения также повышается из-за отрицательного давления внутри альвеол. Отрицательное давление возникает вследствие непроизвольных дыхательных движений на поздней фазе погружения на задержке дыхания. Кровохарканье самостоятельно отмечала у себя пятая часть фридайверов [13]. Таким образом, БЛ является опасной и, по-видимому, более распространенной травмой, чем принято считать, что требует углубленного изучения этого состояния и разработки методов лечения и профилактики БЛ у спортсменов, занимающихся апноэ.

К ограничениям исследования можно отнести невключение в анализ травм, полученных на соревнованиях по апноэ под эгидой Всемирной конфедерации подводной деятельности (CMAS). В то же время CMAS не отслеживает в полном объеме и не публикует данные по травматизму травме. Однако большой объем выборки в проведенном исследовании (1460 соревнований) позволяет предположить высокую достоверность результатов.

Также в исследовании не представлены данные в зависимости от пола спортсменов, что связано отсутствием этой информации в отчетах по безопасности — пол скрыт как персональные данные, которые могут послужить идентификации спортсмена. В то же время нет доступной информации, которая позволяет предположить, что частота травм у мужчин и женщин различается.

При проведении исследований, изучающих различные аспекты травматизма в фридайвинге, важно подробно изучать не только потерю сознания и БЛ, но и другие виды травм, в первую очередь достаточно редкие, но тяжелые случаи неврологических расстройств, проявляющиеся потерей сознания, параличами и парезами, нарушением речи, т. е. схожие по симптоматике на острые нарушения мозгового кровообращения.

Кроме того, интерес для исследователей может представлять попытка найти общие или взаимодополняющие физиологические механизмы развития травм при занятиях апноэ, поскольку, например, гипоксия может провоцироваться нарушениями со стороны легких (БЛ) и обуславливать, в свою очередь, формирование негативного фона, на котором возможные нарушения мозгового кровообращения могут носить более тяжелый характер. Одним из способов оценки неврологической симптоматики непосредственно после окончания попытки, который может выявить клинически

не выраженные нарушения, является 5-минутный неврологический тест MFCO2, предложенный американским нейрохирургом Juani Valdivia и включенный в стандартные протоколы оказания неотложной медицинской помощи AIDA International [17].

5. Заключение

Пятилетней анализ частоты спортивной травмы при занятиях апноэ показал, что самыми распространенными видами травмы являются потеря сознания на поверхности и под водой, а также баротравма легких. Оба этих состояния являются угрожающими жизни спортсмена и требуют экстренных медицинских мероприятий и последующего лечения и медицинского наблюдения.

Наиболее опасными с точки зрения общего риска травмы и риска потери сознания являются дисциплины, в которых атлет выступает без использования моноласты или классических ласт как при динамическом апноэ в бассейне, так и при нырянии в глубину. Поэтому организаторы соревнований, медицинские бригады и команды спасателей (страхующих фридайверов) должны быть особенно внимательными и настороженными во время соревнований по этим дисциплинам, а спортсменам следует тщательно оценивать свое состояние и уровень подготовки, чтобы не превышать время нахождения в состоянии апноэ.

Динамику частоты спортивной травмы следует учитывать при пересмотре правил проведения соревнований по апноэ. Если число несчастных случаев возрастает от года к году, правила необходимо корректировать, например, ужесточать условия дальнейшего участия спортсменов в соревнованиях после серьезных инцидентов.

Благодарности

Авторы выражают благодарность российской Ассоциации фридайверов «Федерация фридайвинга» и Комитету по медицине и науке AIDA International за предоставленную информацию о несчастных случаях на соревнованиях по апноэ.

Вклад авторов:

Мелихов Олег Геннадьевич — разработка концепции и дизайна исследования, разработка методологии исследования, формирование базы данных, проведение статистического анализа, обзор литературы по теме исследования, подготовка рукописи к подаче.

Выходец Игорь Трифанович — интерпретация полученных данных, редактирование текста статьи.

Author contribution:

Oleg G. Melikhov — study concept and design, research methodology, database creation, statistical analysis, literature review, preparation of manuscript.

Igor T. Vykhodets — interpretation of data, article review and edition.

Список литературы / References

1. AIDA International Association for the Development of Apnea. Official calendar [internet]; 2026. Available at: https://www.aidainternational.org/Events/EventCalendar

2. Федерация подводного спорта России. Результаты [интернет]. Режим доступа: https://ruf.ru/rezultaty-apnoe.html [Russian Underwater Federation. Results [internet]. Available at: https://ruf.ru/rezultaty-apnoe.html (In Russ.)].

3. Федерация фридайвинга. Результаты [интернет]. Режим доступа: https://freediving.ru/competitions/?past=true (дата доступа: 14.09.2026) [Freediving Federation. Results [internet]. Available at: https://freediving.ru/competitions/?past=true (accessed 14 September 2026). (In Russ.)].

4. AIDA International Association for the Development of Apnea. World records [internet]. Available at: https://www.aidainternational.org/WorldRecords/History (accessed 18 March 2026)

5. **Elia A., Gennser M., Harlow P.S., Lees M.J.** Physiology, pathophysiology and (mal)adaptations to chronic apnoeic training: a state-of-the-art review. Eur. J. Appl. Physiol. 2021;121(6):1543–1566. https://doi.org/10.1007/s00421-021-04664-x

6. **Poiret C., Noulhiane M., Clua E., Lemaître F.** Breath-hold diving strategies to avoid loss of consciousness: speed is the key factor. Sports Biomech. 2024;23(1):44–57. https://doi.org/10.1080/14763141.2020.1820073

7. **Bosco G., Paganini M., Rizzato A., Martani L., Garetto G., Lion J., Camporesi E.M., Moon R.E.** Arterial blood gases in divers at surface after prolonged breath-hold. Eur. J. Appl. Physiol. 2020;120(2):505–512. https://doi.org/10.1007/s00421-019-04296-2

8. **Scott T., van Waart H., Vrijdag X.C.E., Mullins D., Mesley P., Mitchell S.J.** Arterial blood gas measurements during deep open-water breath-hold dives. J. Appl. Physiol (1985). 2021;130(5):1490–1495. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00111.2021

9. **Lindholm P.** Loss of motor control and/or loss of consciousness during breath-hold competitions. Int. J. Sports Med. 2007;28(4):295–299. https://doi.org/10.1055/s-2006-924361

10. **Mijacika T., Dujic Z.** Sports-related lung injury during breath-hold diving. Eur. Respir. Rev. 2016;25(142):506–512. https://doi.org/10.1183/16000617.0052-2016

11. **Tetzlaff K., Swenson E.R., Bärtsch P.** An update on environment-induced pulmonary edema – "When the lungs leak under water and in thin air". Front. Physiol. 2022;13:1007316. https://doi.org/10.3389/fphys.2022.1007316

12. **Tetzlaff K.** Pulmonary physiology and medicine of diving. Semin. Respir. Crit. Care Med. 2023;44(5):705–718. https://doi.org/10.1055/s-0043-1770065

13. **Cialoni D., Sponsiello N., Marabotti C., Marroni A., Pieri M., Maggiorelli F., et al.** Prevalence of acute respiratory symptoms in breath-hold divers. Undersea Hyperb. Med. 2012;39(4):837–844.

14. **Allinger J., Melikhov O., Lemaître F.** Trends in competitive freediving accidents. Diving Hyperb. Med. 2024;54(4):301–307. https://doi.org/10.28920/dhm54.4.301-307

15. **Бадтиева В.А., Сичинава Н.В., Трухачева Н.В., Иванова Ю.М., Павлов В.И., Шарыкин А.С., Сугарова З.Г., Куликова В.А., Усманов Д.М.** Распространенность сердечно-сосудистой патологии у спортсменов различной квалифика-

ции. Спортивная медицина: наука и практика. 2024;14(4):21–32. [**Badtieva V.A., Sichinava N.V., Trukhacheva N.V., Ivanova Yu.M., Pavlov V.I., Sharykin A.S., Sugarova Z.G., Kulikova V.A., Usmanov D.M.** Prevalence of cardiovascular pathology in athletes. Sports medicine: research and practice. 2024;14(4):21–32. (In Russ.)]. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2024.4.2

16. **Гарнов И.О., Сурин М.В., Прокошева О.Ю.** Спортивный травматизм в практике работы скорой медицинской помощи на примере региона европейского Севера. Спортивная медицина: наука и практика. 2025;15(1):44–53. [**Garnov I.O., Surin M.V., Prokosheva O.**Yu. Sports injuries in emergency medical care practice using the example of the European North region. Sports medicine: research and practice. 2025;15(1):44–53. (In Russ.)]. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.1.5

17. AIDA International Association for the Development of Apnea. Medical documents and procedures [internet]. Available at: https://aida.medical.tilda.ws/ (accessed 4 April 2026).

18. **Gerstman B.B.** Basic biostatistics: statistics for public health practice. 2nd ed. Burlington (MA): Jones & Bartlett Learning; 2015.

19. **Wolf B.R., Ebinger A.E., Lawler M.P., Britton C.L.** Injury patterns in Division I collegiate swimming. Am. J. Sports Med. 2009;37(10):2037–2042.https://doi.org/10.1177/0363546509339364

20. **Vignaud E., Menu P., Daley P., Grondin J., Dauty M., Fouasson-Chailloux A.** Artistic swimming injuries in young elite athletes: an 11-year follow-up. Clin J Sport Med. 2023;33(4):421–427. https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000001139

21. **Soligard T., Steffen K., Palmer D., Alonso J.M., Bahr R., Lopes A.D., et al.** Sports injury and illness incidence in the Rio de Janeiro 2016 Olympic Summer Games: a prospective study of 11274 athletes from 207 countries. Br. J. Sports Med. 2017;51(17):1265–1271. https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097956

22. **Breskovic T., Uglesic L., Zubin P., Kuch B., Kraljevic J., Zanchi J., Ljubkovic M., Sieber A., Dujic Z.** Cardiovascular changes during underwater static and dynamic breath-hold dives in trained divers. J. Appl. Physiol. (1985). 2011;111(3):673-678. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00209.2011

23. **Schagatay E.** Predicting performance in competitive apnea diving, part II: dynamic apnoea. Diving Hyperb. Med. 2010;40(1):11–22.

24. **Cross T.J., Kavanagh J.J., Breskovic T., Johnson B.D., Dujic Z.** Dynamic cerebral autoregulation is acutely impaired during maximal apnoea in trained divers. PLoS One. 2014;9(2):e87598. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0087598

25. **Billaut F., Gueit P., Faure S., Costalat G., Lemaître F.** Do elite breath-hold divers suffer from mild short-term memory impairments? Appl. Physiol. Nutr. Metab. 2018;43(3):247–251. https://doi.org/10.1139/apnm-2017-0245

26. **Potkin R.T., Uszler J.M.** Brain function imaging in asymptomatic elite breath-hold divers. In: Breath-hold diving: proceedings of the Undersea and Hyperbaric Medical Society / Divers Alert Network 2006 June 20-21 Workshop. Durham (NC): Divers Alert Network; 2006, pp. 135–136.

27. **Doerner J., Eichhorn L., Luetkens J.A., Lunkenheimer J.N., Albers J., Nadal J., Schild H.H., Naehle C.P.** Effects of repetitive prolonged breath-hold in elite divers on myocardial fibrosis and cerebral morphology. Eur. J. Radiol. 2018;103:13–18. https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2018.03.020

28. **Andersson J.P.**A., **Linér M.H., Jönsson H.** Increased serum levels of the brain damage marker S100B after apnea in trained breath-hold divers: a study including respiratory and cardiovascular observations. J. Appl. Physiol (1985). 2009;107(3):809–815. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.91434.2008

29. **Gren M., Shahim P., Lautner R., Wilson D.H., Andreasson U., Norgren N., Blennow K., Zetterberg H.** Blood biomarkers indicate mild neuroaxonal injury and increased amyloid β production after transient hypoxia during breath-hold diving. Brain. Inj. 2016;30(10):1226–1230. https://doi.org/10.1080/02699052.2016.1179792

30. **Bain A.R., Ainslie P.N., Hoiland R.L., Barak O.F., Cavar M., Drvis I., et al.** Cerebral oxidative metabolism is decreased with extreme apnoea in humans; impact of hypercapnia. J Physiol. 2016;594(18):5317–5328. https://doi.org/10.1113/JP272404

31. **Bain A.R., Ainslie P.N., Hoiland R.L., Barak O.F., Drvis I., Stembridge M., et al.** Competitive apnea and its effect on the human brain: focus on the redox regulation of blood-brain barrier permeability and neuronal-parenchymal integrity. FASEB J. 2018;32(4):2305–2314. https://doi.org/10.1096/fj.201701031R

32. **Elia A., Woods D.R., Barlow M.J., Lees M.J.,** O'**Hara J.P.** Cerebral, cardiac and skeletal muscle stress associated with a series of static and dynamic apnoeas. Scand. J. Med. Sci. Sports. 2022;32(1):233–241. https://doi.org/10.1111/sms.14067

33. **Boussuges A., Pinet C., Thomas P.** Haemoptysis after breath-hold diving. Eur. Respir. J. 1999;13(3):697–699. https://doi.org/10.1183/09031936.99.13369799

34. **Kıyan E., Aktas S., Toklu A.S.** Hemoptysis provoked by voluntary diaphragmatic contractions in breath-hold divers. Chest. 2001;120(6):2098–2100. https://doi.org/10.1378/chest.120.6.2098

35. **Lindholm P., Ekborn A., Öberg D., Gennser M.** Pulmonary edema and hemoptysis after breath-hold diving at residual volume. J. Appl. Physiol. (1985). 2008;104(4):912–917. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01127.2007

Информация об авторах:

Мелихов Олег Геннадьевич, к.м.н., руководитель направления «Спортивная медицина и научные исследования», Ассоциация фридайверов «Федерация фридайвинга», Россия, 107932, Москва, ул. Хромова, д. 3; соискатель, кафедра реабилитации, спортивной медицины и физической культуры Института профилактической медицины им. З.П. Соловьёва ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Минздрава России (Пироговский Университет), Россия, 117997, Москва, Москва, ул. Островитянова, 1. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9442-7707 (melikhov.oleg@gmail.com)

Выходец Игорь Трифанович, к.м.н., доцент, кафедра реабилитации, спортивной медицины и физической культуры Института профилактической медицины им. З.П. Соловьёва ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Минздрава России (Пироговский Университет), Россия, 117997, Москва, ул. Островитянова, 1. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6206-2771 (vykhodets.igor@mail.ru)

Information about the authors:

Oleg G. Melikhov, Cand. Sci. (Med.), Head of the Sports Medicine and Scientific Research Division at the Freedivers Association "Freediving Federation", 3 Khromova str., Moscow, 107932, Russia; applicant for an advanced academic degree at the Department of Rehabilitation, Sports Medicine, and Physical Culture, Z.P. Solovyov Institute of Preventive Medicine, Pirogov Russian National Research Medical University, 1 Ostrovityanova str., Moscow, 117997, Russia. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9442-7707 (melikhov.oleg@gmail.com)

Igor T. Vykhodets, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor at the Department of Rehabilitation, Sports Medicine, and Physical Culture, Z.P. Solovyov Institute of Preventive Medicine, Pirogov Russian National Research Medical University, 1 Ostrovityanova str., Moscow, 117997, Russia. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6206-2771 (vykhodets.igor@mail.ru)

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Sports Medicine: research and practice

https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.2.9

УДК: 618.13-007.4:796.012-055.25

Тип статьи: Обзора литературы / Articles Review

Check for updates

CC BY 4.0

Дисфункция тазового дна у спортсменок: распространенность, патогенез и методы коррекции

*Ф.В. Тахавиева, А.В. Борисова**

ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: систематизация и обобщение современных данных о распространенности, факторах риска, патогенетических механизмах, методах диагностики, лечения и профилактики дисфункции тазового дна (ДТД) у спортсменок.

Материалы и методы. Проведен обзор публикаций в базах данных PubMed, Google Scholar, eLibrary.ru в период с 2004 по 2026 г. с использованием ключевых слов «pelvic floor dysfunction», «urinary incontinence», «female athletes», «sports», «pelvic floor muscles».

Результаты. В обзор вошли 30 источников, включая систематические обзоры, метаанализы, проспективные когортные и кросс-секционные исследования. Распространенность ДТД у спортсменок составляет 30–80 % и зависит от вида спорта, достигая максимума в дисциплинах с высокой ударной нагрузкой (легкая атлетика, гимнастика, кроссфит). Основные факторы риска включают возраст, высокий индекс массы тела, «триаду спортсменок» (дефицит энергии, менструальная дисфункция, снижение плотности костей), послеродовой период. К ключевым патогенетическим механизмам относятся хроническое повышение внутрибрюшного давления, гипертонус/слабость мышц тазового дна, микротравмы соединительной ткани и гормональные изменения. Диагностика должна быть комплексной и включать использование опросников и пад-тестов, а также инструментальных методов (УЗИ, МРТ, ЭМГ).

Эффективность консервативной терапии (тренировка мышц тазового дна, биологическая обратная связь, коррекция техники выполнения упражнений) достигает 70 %. При ее неэффективности применяются хирургические вмешательства (сфинктеропластика, стимуляция крестцового нерва). Профилактика включает образовательные программы и оптимизацию тренировочного процесса.

Заключение. ДТД представляет собой широко распространенную проблему среди спортсменок, особенно в видах спорта с высокой ударной нагрузкой. Основными факторами риска считаются возраст, повышенный индекс массы тела, «триада спортсменок», послеродовой период и гормональные изменения. Диагностика должна быть комплексной и включать использование опросников, инструментальных методов и пад-тестов. В качестве метода лечения первой линии рассматриваются тренировки мышц тазового дна с применением биологической обратной связи. Ключевое значение для решения данной проблемы имеют образовательные программы для спортсменов, тренеров и спортивных врачей, а также создание клинических рекомендаций, адаптированных к российской системе спортивной медицины.

Ключевые слова: мышцы тазового дна, дисфункция тазового дна, спортсменки, недержание мочи, стрессовое недержание мочи, факторы риска, реабилитация

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Тахавиева Ф.В., Борисова А.В. Дисфункция тазового дна у спортсменок: распространенность, патогенез и методы коррекции. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2026;16(2):48–57. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.2.9

Поступила в редакцию: 15.03.2026

Принята к публикации: 21.08.2026

Online first: 03.11.2026

Опубликована: 13.11.2026

* **Автор, ответственный за переписку**

Pelvic Floor dysfunction in female athletes: Prevalence, pathogenesis, and correction methods

*Farida V. Takhavieva, Alyona V. Borisova**

Kazan State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation

ABSTRACT

Objective. To systematize and summarize current data on the prevalence, risk factors, pathogenetic mechanisms, diagnostic methods, treatment, and prevention of pelvic floor dysfunction (PFD) in female athletes.

Materials and methods. A review of publications was conducted in the PubMed, Google Scholar, and eLibrary.ru databases for the period from 2004 to 2026 using the keywords "pelvic floor dysfunction", "urinary incontinence", "female athletes", "sports" and "pelvic floor muscles".

Results. The review included 30 sources, including systematic reviews, meta-analyses, prospective cohort and cross-sectional studies. The prevalence of PFD among female athletes ranges from 30 to 80 % and depends on the sport, peaking in disciplines with high impact load (athletics, gymnastics, CrossFit). The main risk factors include age, high body mass index, the "female athlete triad" (energy deficiency, menstrual dysfunction, reduced bone density), and the postpartum period. Key pathogenetic mechanisms include chronic elevation of intra-abdominal pressure, hypertonicity/weakness of the pelvic floor muscles, connective tissue microtrauma, and hormonal changes. Diagnosis should be comprehensive and include the use of questionnaires and pad tests, as well as instrumental methods (ultrasound, MRI, EMG).

The effectiveness of conservative therapy (pelvic floor muscle training, biofeedback, correction of exercise technique) reaches 70%. If it is ineffective, surgical interventions (sphincteroplasty, sacral nerve stimulation) are used. Prevention includes educational programs and optimization of the training process.

Conclusion. PFD is a widespread problem among female athletes, especially in high-impact sports. The main risk factors are considered to be age, increased body mass index, the "female athlete triad", the postpartum period, and hormonal changes. Diagnosis should be comprehensive and include the use of questionnaires, instrumental methods, and pad tests. Pelvic floor muscle training with biofeedback is considered the first-line treatment. Educational programs for athletes, coaches, and sports physicians, as well as the development of clinical recommendations adapted to the Russian sports medicine system, are of key importance for solving this problem.

Keywords: pelvic floor muscles, pelvic floor dysfunction, female athletes, urinary incontinence, stress urinary incontinence, risk factors, rehabilitation

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

For citation: Takhavieva F.V., Borisova A.V. Pelvic Floor dysfunction in female athletes: Prevalence, pathogenesis, and correction methods. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2026;16(2):48–57. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.2.9

Received: 15.03.2026
Accepted: 21 August 2026
Online first: 03 November 2026
Published: 13 November 2026

***Corresponding author**

1. Введение

Дисфункция тазового дна (ДТД) представляет собой широко распространенное, но недостаточно изученное состояние среди женщин, особенно у спортсменок, испытывающих повышенные нагрузки на мышцы таза. ДТД включает состояния, возникающие вследствие дисфункции мышц и соединительной ткани тазового дна, что существенно влияет на спортивные результаты и качество жизни. Эти расстройства, включая недержание мочи (НМ), недержание кала и пролапс тазовых органов, особенно распространены у женщин, занимающихся видами спорта с высокой ударной нагрузкой. Также ДТД может характеризоваться болевым синдромом и сексуальной дисфункцией [1]. Несмотря на доказанную пользу регулярной физической активности для здоровья, интенсивные тренировки могут способствовать развитию ДТД из-за хронического повышения внутрибрюшного давления, гипертонуса или, напротив, слабости мышц тазового дна [1]. Метаанализ Teixeira и соавт. (2018), включивший 20 исследований, продемонстрировал, что объединенная распространенность стрессового НМ у спортсменок составляет 36,8 % (95 % ДИ: 30,2–43,8), а наибольшие показатели зафиксированы в гимнастике (42,1 %) и легкой атлетике (40,2 %) [2]. Hagovska и соавт. (2023) показали, что распространенность НМ у спортсменок высокоударных видов спорта (легкая атлетика, гимнастика) достигает 47,2 %, в то время как в низкоударных видах спорта (плавание, велоспорт) этот показатель составляет 15,3 %, что подтверждает значительную зависимость риска от характера нагрузок [3]. Наиболее высокий риск отмечается в видах спорта с прыжками (легкая атлетика, гимнастика) и высокой ударной нагрузкой (кроссфит, тяжелая атлетика) [4].

В последние годы наблюдается рост числа публикаций, посвященных ДТД у спортсменок. Однако большинство работ фокусируются на отдельных аспектах проблемы: либо на распространенности в конкретных видах спорта, либо на эффективности отдельных методов лечения. Систематические обзоры и метаанализы [2, 8, 10, 21] предоставляют обобщенные данные, но часто не учитывают специфику патогенетических механизмов при различных типах нагрузок. Кроме того, сохраняется дефицит исследований, оценивающих эффективность комплексных профилактических программ

в спортивной среде. В российской научной литературе проблема освещена недостаточно, хотя отдельные работы [7, 19, 22] демонстрируют высокую актуальность темы для отечественной спортивной медицины.

Цель исследования: систематизация и обобщение современных данных о распространенности, факторах риска, патогенетических механизмах, методах диагностики, лечения и профилактики дисфункции тазового дна у спортсменок на основе систематического обзора публикаций в период с 2004 по 2026 г.

2. Материалы и методы

Дизайн исследования: повествовательный обзор.

Проведен поиск публикаций в электронных базах данных PubMed, Google Scholar, eLibrary.ru в период с 2004 по 2026 г. Поиск осуществлялся по следующим ключевым словам и их комбинациям на русском и английском языках: “pelvic floor dysfunction”, “urinary incontinence”, “female athletes”, “sports”, “pelvic floor muscles”, “risk factors”, “treatment”, “prevention”, “дисфункция тазового дна”, “недержание мочи”, “спортсменки”, “мышцы тазового дна”, “факторы риска”.

Критерии включения: оригинальные исследования (систематические обзоры, метаанализы, проспективные когортные, кросс-секционные и качественные исследования), опубликованные в рецензируемых журналах, посвященные ДТД у спортсменов обоих полов, с доступным полным текстом.

Критерии исключения: клинические случаи, исследования на животных, тезисы конференций без полного текста, публикации на языках, отличных от русского и английского.

В финальный обзор включено 30 публикаций, из которых было 4 систематических обзора с метаанализом, 3 систематических обзора, 5 проспективных когортных исследований, 4 кросс-секционных исследования, 2 качественных исследования, а также отдельные оригинальные работы и обзоры. Проведен синтез данных с выделением основных тематических блоков: распространенность, факторы риска, патогенез, диагностика, лечение и профилактика ДТД у спортсменок.

3. Результаты

Распространенность дисфункции тазового дна у спортсменок

Распространенность ДТД у спортсменок вариабельна и зависит от вида спорта, интенсивности нагрузок и методологии оценки. В таблице представлены обобщенные данные распространенности стрессового недержания мочи в различных видах спорта на основе опубликованных систематических обзоров и мета-анализов.

Полученные данные подтверждают высокую распространенность ДТД у спортсменок и влияние на его распространенность характера нагрузок [2, 3]. В исследовании Bustos Viviescas и соавт. (2025) подчеркивается, что высокоинтенсивный функциональный тренинг

Таблица

Распространенность стрессового недержания мочи у спортсменок в различных видах спорта

Table

Prevalence of stress urinary incontinence in female athletes across different sports

Вид спорта	Распространенность НМ, %	Источник
Гимнастика	42,1	Teixeira et al., 2018 [2]
Легкая атлетика	40,2	Teixeira et al., 2018 [2]
Высокоударные виды спорта	47,2	Hagovska et al., 2023 [3]
Низкоударные виды спорта	15,3	Hagovska et al., 2023 [3]
Игровые виды спорта	40–50	Dakic et al., 2023 [8]
Тяжелая атлетика	35	Dakic et al., 2023 [8]
Кроссфит	42,3	Bustos-Viviescas et al., 2024 [11]
Бег на длинные дистанции (марафон/ультрамарафон)	45	Pinto-Carral et al., 2022 [14]
Мужчины-спортсмены (все виды)	до 15	Pozzi et al., 2024 [12]

Примечание: НМ — недержание мочи. Данные представлены в процентах и обобщены из цитируемых источников; цифры в квадратных скобках соответствуют списку литературы. В таблице обобщены показатели распространенности, приведенные в оригинальных исследованиях, в которых использовались различные определения недержания мочи (включая стрессовое недержание мочи и атлетическое недержание — утечку, возникающую только во время тренировок или соревнований), а также различные методы оценки (опросники, pad-тесты), что может объяснять гетерогенность оценок.

Note: UI — urinary incontinence. Data are presented as percentages and summarised from the cited sources; numbers in square brackets correspond to the reference list. The table summarises prevalence estimates reported in the original studies, which used different definitions of urinary incontinence (including stress urinary incontinence and athletic incontinence — leakage occurring only during training or competition) and different assessment methods (questionnaires, pad tests), which may account for the heterogeneity of the estimates.

создает уникальный паттерн нагрузок на тазовое дно, требующий особого внимания [4]. Качественное исследование Dakic и соавт. (2023) показало, что спортсменки часто испытывают стигматизацию и стеснение из-за симптомов ДТД, что становится барьером для своевременного обращения за помощью [5]. Проспективное когортное исследование Cacciari и соавт. (2024) продемонстрировало, что у спортсменок после родов риск НМ повышается в 3 раза, особенно при раннем возвращении к тренировкам [6]. Исследование Кубина и соавт. (2023) показало, что даже у молодых нерожавших спортсменок, занимающихся высокоинтенсивными видами спорта, распространенность ДТД достигает 38 % [7]. Систематический обзор Dakic и соавт. (2023) показал, что в игровых видах спорта распространенность НМ достигает 40–50 %, в тяжелой атлетике — 35 %, в гимнастике — 30 % [8], а Gould и соавт. (2020) обнаружили, что у молодых спортсменок с низкой доступностью энергии и нарушениями менструального цикла НМ встречается значительно чаще [9].

В метаанализе Rodríguez-Longobardo и соавт. (2024) показано, что спортсменки подвержены почти в 3 раза более высокому риску недержания мочи по сравнению с малоподвижными женщинами, а распространенность симптомов варьирует от 10,9 % в низкоударных видах спорта (велоспорт) до 80 % в высокоударных дисциплинах (прыжки на батуте) [10]. Poli de Araújo и соавт. (2020) в исследовании с участием 551 женщины-кроссфитера выявили, что распространенность НМ среди них составляет почти 30 %, а наиболее значимыми предикторами его возникновения являются возраст (OR 1,56; 95 % ДИ: 1,04–2,36) и стаж занятий кроссфитом более 12 месяцев (OR 1,67; 95 % ДИ: 1,03–2,71), а упражнением, наиболее часто ассоциированным с подтеканием мочи, оказались двойные прыжки через скакалку (double unders) — более 20 % случаев [11]. Систематический обзор Pozzi и соавт. (2024) продемонстрировал, что с НМ сталкиваются и до 15 % спортсменов мужского пола: чаще всего в тяжелой атлетике (20 %), борьбе и дзюдо (18 %), велоспорте (12 %) [12]. У бегунов на длинные дистанции риск НМ увеличивается при еженедельном пробеге более 60 км, причем около 30 % из их отмечают ухудшение спортивных результатов из-за симптомов ДТД [13]. Pinto-Carral и соавт. (2022) в исследовании марафонок и ультрамарафонок показали, что распространенность НМ в этой группе достигает 45 % [14]. Soriano-Maldonado et al. (2021) в метаанализе подтвердили высокую распространенность НМ у спортсменок и подчеркнули необходимость стандартизированных скрининговых подходов [15].

Факторы риска развития дисфункции тазового дна у спортсменок

Развитию ДТД у спортсменок способствует ряд факторов. Возраст и увеличение индекса массы тела определены как значимые факторы риска, ассоциированные с НМ при напряжении [5]. Наличие «триады спортсменок» (дефицит энергии, менструальная дисфункция, снижение минеральной плотности костной ткани) также коррелирует с частотой возникновения ДТД [5]. Gould и соавт. (2020) показали, что у молодых спортсменок с низкой доступностью энергии и нарушениями менструального цикла НМ встречается значительно чаще [9]. Важно подчеркнуть, что, хотя симптомы ДТД наиболее ярко проявляются в ключевые периоды жизни (роды и менопауза), около 50 % девушек-спортсменок в возрасте до 19 лет уже сообщают о симптомах НМ [6].

Eliasson и соавт. (2018) выявили, что использование оральных контрацептивов и хронические запоры являются дополнительными факторами риска ДТД у спортсменок [16]. В обзоре Pires и соавт. (2020) систематизированы данные о структурных изменениях фасций и связок тазового дна у спортсменок [17]. Sigurdardottir et al. (2021) показали, что у женщин с НМ чаще выявляется как снижение максимальной произвольной силы, так и нарушение координации мышц тазового дна [18]. Короткевич и соавт. (2024) отмечают, что умеренные нагрузки оказывают протективный эффект в отношении функции мышц таза, тогда как экстремальные — повреждающий [19]. Rebullida et al. (2021) с использованием 3D-УЗИ и МРТ показали снижение эластичности лобково-уретральных связок у спортсменок прыжковых видов спорта [20]. У спортсменок после родов риск НМ повышается в три раза, особенно при раннем возвращении к тренировкам [6].

Патогенетические механизмы развития дисфункции тазового дна у спортсменок

Основными патогенетическими механизмами ДТД у спортсменок являются: хроническое повышение внутрибрюшного давления, гипертонус или слабость мышц тазового дна, микротравмы соединительной ткани, гормональные изменения и социально-эмоциональные аспекты.

Повышение внутрибрюшного давления во время выполнения прыжков, бега и подъема тяжестей создает повторяющуюся нагрузку на мышцы тазового дна и фасции, что приводит к их утомлению и микротравматизации [1]. Sigurdardottir и соавт. (2021) показали, что у женщин с НМ чаще выявляется как снижение максимальной произвольной силы, так и нарушение координации мышц тазового дна [18]. Pires et al. (2020) систематизировали данные о структурных изменениях фасций и связок тазового дна у спортсменок [17]. Rebullida et al. (2021) с использованием 3D-УЗИ и МРТ показали снижение эластичности лобково-уретральных связок у спортсменок прыжковых видов спорта [20]. Также с атрофией уретры и НМ коррелирует низкий уровень эстрогена [9]. Короткевич и соавт. (2024) отмечают, что умеренные нагрузки оказывают протективный эффект в отношении состояния мышц таза, тогда как экстремальные — повреждающий [19]. Важным

аспектом при лечении ДТД у спортсменок является и стигматизация ее симптомов, что является барьером для своевременного обращения за медицинской помощью [5, 8, 23].

Диагностика дисфункции тазового дна у спортсменок

Диагностика ДТД должна быть комплексной. Шкарупа с соавт. (2016) валидизировали русскоязычные версии опросников PFDI-20, PFIQ-7, PISQ-12, ICIQ-SF, показав их надежность и пригодность для оценки качества жизни у пациенток с пролапсом тазовых органов и стрессовым НМ [21]. Coyne et al. (2013) показали, что симптомы гиперактивного мочевого пузыря негативно влияют на психоэмоциональное состояние и качество жизни, что актуально и для спортсменок с ДТД [22]. Dietz et al. (2024) подтверждают, что УЗИ тазового дна является методом выбора благодаря доступности и возможности динамической оценки [23]. Kruger et al. (2022) в обзоре показали, что МРТ позволяет выявить субклинические повреждения мышц тазового дна у спортсменок, не видимые при УЗИ [24]. Teixeira et al. (2025) показали, что пад-тесты выявляют НМ у 20 % спортсменок, отрицающих симптомы при опросе [25]. Для скрининга могут использоваться валидированные опросники: Международный опросник для оценки недержания мочи — короткая форма (International Consultation on Incontinence Questionnaire — Short Form, ICIQ-SF); Опросник дистресса тазового дна — 20 (Pelvic Floor Distress Inventory — 20, PFDI-20); Опросник урогенитального дистресса — 6 (Urogenital Distress Inventory — 6, UDI-6); Опросник сексуальной функции при пролапсе тазовых органов и недержании мочи — 12 (Pelvic Organ Prolapse/Urinary Incontinence Sexual Questionnaire — 12, PISQ-12); Опросник влияния дисфункции тазового дна — 7 (Pelvic Floor Impact Questionnaire — 7, PFIQ-7) [1, 21]. Инструментальная диагностика включает: УЗИ тазового дна (оценка подвижности уретры, пролапса) [24]; МРТ (выявление субклинических повреждений) [25]; электромиографию (оценка диссинергии) [18]; урофлоуметрию и цистометрию (при подозрении на гиперактивный мочевой пузырь) [1]; пад-тесты (объективная количественная оценка потери мочи). Teixeira и соавт. (2025) показали, что пад-тесты выявляют НМ у 20 % спортсменок, отрицающих симптомы при опросе [26]. Важным аспектом диагностики является оценка влияния симптомов на спортивную деятельность, для чего могут использоваться специально разработанные спортивно-ориентированные опросники [23].

Лечение и профилактика дисфункции тазового дна у спортсменок

Лечение ДТД подразделяется на консервативное и хирургическое. Эффективность консервативного лечения достигает 70 %, оно включает в себя тренировки мышц тазового дна (ТМТД) — регулярные занятия значимо снижают частоту НМ [1]; Spiroski и соавт.. (2023) показали, что у спортсменок, занимающихся высокоударными видами спорта, регулярная тренировка мышц тазового дна может не только снизить частоту НМ, но и улучшить физическую работоспособность [30]. Rodríguez-Longobardo исоавт. (2024) подтвердили эффективность ТМТД с биологической обратной связью [10], а Wang и соавт. (2025) показали, что максимальный эффект достигается при начале реализации таких тренировок не позднее шести недель после родов и их продолжительности не менее трех месяцев [26]. Almousa et al. (2024) показали стойкое улучшение в 65 % случаев у тяжелоатлеток при использовании мануальной терапии и миофасциального релиза [27]. Эффективным в отношении коррекции ДТД может быть и коррекция техники выполнения упражнений (снижение ударной нагрузки у бегуний [14], обучение правильному дыханию и активации мышц тазового дна перед выполнением прыжков и подъемов [1], а также физиотерапия (электростимуляция, мануальная терапия) [18]. Rekatsina et al. (2025) в ретроспективном когортном исследовании показали, что стимуляция крестцового нерва обеспечивает стойкое улучшение симптомов у 78 % пациентов с хронической тазовой болью и дисфункцией, не поддающихся консервативной терапии [28]. Magor et al. (2025) в обзоре показали, что до 60 % спортсменок не имеют базовых знаний о функциях тазового дна, а более 70 % стесняются обсуждать эту проблему с тренером или врачом [29]. В последние годы все большее внимание уделяется инновационным физиотерапевтическим методам, в частности радиочастотной микроигольчатой терапии. Gurbanova и соавт. (2026) продемонстрировали эффективность данного метода в послеродовой реабилитации женщин с ДТД, что открывает новые перспективы для лечения данной категории пациенток [31].

В некоторых случаях для коррекции ДТД могут использоваться и различные лекарственные субстанции, включая антихолинергические средства и местное использование гормональных препаратов [1, 19]. При неэффективности консервативной терапии может применяться хирургическое лечение, которое включает сфинктеропластику и стимуляцию крестцового нерва, которые позволяют добиться эффекта в 78 % в рефрактерных для консервативной терапии случаях [29].

Профилактика ДТД включает регулярную ТМТД, оптимизацию питания и питьевого режима [16], индивидуализацию тренировок с учетом менструального цикла и послеродового периода [6], скрининг факторов риска [7, 9], образовательные программы [29].

4. Дискуссия

Данный обзор демонстрирует, что ДТД является распространенной проблемой среди спортсменок, при этом степень выраженности и частота симптомов напрямую зависят от типа спортивной нагрузки. Полученные результаты согласуются с данными предыдущих

исследований с участием спортсменок и подтверждают, что виды спорта с высокой ударной нагрузкой и повторяющимися прыжками создают наибольший риск развития ДТД.

Полученные результаты соотносятся и с данными крупных эпидемиологических исследований с участием представителей общей популяции. Так, согласно международному исследованию EPINCONT (2000) распространенность НМ среди женщин в общей популяции составляет 25–45 %. У спортсменок этот показатель значительно выше — 36,8–80 % в зависимости от вида спорта, что подтверждает специфическое влияние интенсивных нагрузок на функцию тазового дна [2, 3]. Клинические рекомендации Национального института здравоохранения и совершенствования медицинской помощи Великобритании (2019) рекомендуют тренировку мышц тазового дна в качестве терапии первой линии при стрессовом недержании мочи, что согласуется с данными настоящего обзора. Международное общество по недержанию мочи также подчеркивает важность мультимодального подхода, включающего как консервативные, так и поведенческие методы, при этом рекомендации по лечению спортсменок требуют дополнительной адаптации с учетом специфики тренировочного процесса [32]. В отличие от более ранних работ, фокусировавшихся преимущественно на распространенности НМ, современные исследования [5, 8, 18] более подробно изучают патогенетические механизмы развития ДТД, включая оценку функции мышц тазового дна, биомеханику движений и гормональные влияния. Важным дополнением является растущее число работ, учитывающих психосоциальные аспекты проблемы [5, 8, 23], что ранее оставалось вне поля зрения исследователей. Отдельного внимания заслуживают данные о влиянии тренировки мышц тазового дна не только на симптомы ДТД, но и на качество жизни, связанное со спортом. В exploratory РКИ (2026) у спортсменок с симптомами ДТД 12-недельная программа ТМТД с поддержкой мобильного приложения снижала воспринимаемое влияние симптомов на качество жизни, особенно при недержании мочи (d = 1,1). В группе с биологической обратной связью отмечено также преимущество по средней мощности вертикального прыжка с контрдвижением по сравнению с контролем (p = 0,044; d = 1,1). Несмотря на ограничения дизайна, эти данные демонстрируют потенциальную связь между коррекцией ДТД и улучшением спортивной функции, что требует подтверждения в более крупных исследованиях [33].

Результаты обзора подчеркивают необходимость внедрения скрининговых программ для спортсменок, особенно в видах спорта с высоким риском развития ДТД. На основе актуальных рекомендаций авторитетных профессиональных сообществ, медицинским работникам, работающим со спортсменками, в своей деятельности целесообразно регулярно использовать первичный скрининг ДТД с использованием валидированных опросников при профилактических осмотрах спортсменок, активно участвовать в образовательных проектах по «здоровью тазового дна», а также внедрять необходимые сведения в программы подготовки тренеров.

Актуальность проблемы подтверждается и данными углубленного медицинского обследования спортсменов города Москвы за 2017–2021 годы. В этот период отмечено увеличение доли аменореи в рамках триады спортсменок, а также рост общетерапевтической, эндокринной и некоторых других видов заболеваемости [34]. Поскольку нарушения менструального цикла и дефицит энергии являются независимыми факторами риска ДТД, эти данные косвенно подтверждают необходимость включения скрининга тазового дна в программу УМО спортсменок, особенно в видах спорта с высокой ударной нагрузкой и повышенными требованиями к массе тела.

В качестве метода первой линии коррекции верифицированной ДТД необходимо использовать ТМТД с БОС, а также коррекцию тренировочного процесса за счет индивидуализации нагрузок с учетом менструального цикла, послеродового периода и характеристик вида спорта. Однако, как отмечают Giagio и Donnelly (2025), даже после успешного консервативного лечения у спортсменок могут сохраняться резидуальные симптомы, требующие долгосрочного мониторинга и переоценки со стороны междисциплинарной команды [35]. Необходимо помнить, что коррекция ДТД у спортсменок должна осуществляться с применением мультидисциплинарного подхода — с участием гинекологов, урологов, физиотерапевтов и спортивных врачей.

К ограничению обзора можно отнести гетерогенность включенных исследований (различные дизайны, методы оценки симптомов, возрастные группы и виды спорта), что затрудняет прямое сравнение результатов, в том числе в отношении эффективности различных методов лечения. Еще одним ограничением можно считать, что большинство исследований проведено в странах Европы и Северной Америки, что ограничивает экстраполяцию данных на другие популяции.

При проведении исследований по этой теме в будущем должен использоваться многоцентровой проспективный дизайн с использованием стандартизированных методов оценки ДТД у спортсменок в различных видах спорта. Особого внимания исследователей должно быть сосредоточено на разработке и валидации спортивно-специфических скрининговых инструментов, изучении долгосрочных эффектов различных тренировочных режимов на функцию тазового дна, оценке эффективности профилактических программ в различных возрастных группах и видах спорта, исследование роли гормональных контрацептивов в отношении риска развития ДТД, а также разработке клинических рекомендаций по ведению спортсменок с ДТД для российской системы здравоохранения и спортивной медицины.

5. Заключение

Дисфункция тазового дна является широко распространенной, но недостаточно диагностируемой проблемой среди спортсменок, особенно в видах спорта с высокой ударной нагрузкой. Основными факторами риска выступают возраст, высокий индекс массы тела, «триада спортсменок», послеродовой период и гормональные изменения. Диагностика должна быть комплексной и включать использование опросников, инструментальных методов и пад-тесты.

Методом лечения первой линии можно считать тренировки мышц тазового дна с использованием биологической обратной связи. Ключевое значение для решения проблемы имеют образовательные программы для спортсменов, тренеров и спортивных врачей. Необходимы дальнейшие исследования для разработки эффективных диагностических, лечебных и профилактических стратегий, а также создания национальных клинических рекомендаций, адаптированных к российской системе спортивной медицины.

Вклад авторов:

Тахавиева Фарида Вазиховна — разработка темы, поиск материала, написание статьи, редакция статьи.

Борисова Алена Владимировна — поиск материала, написание и оформление статьи.

Author contributions:

Farida V. Takhavieva — conceptualized the study; performed literature review and data collection; drafted the manuscript; revised the manuscript critically.

Alyona V. Borisova — performed literature review and data collection; drafted and formatted the manuscript.

Список литературы

1. **Bø K.** Urinary incontinence, pelvic floor dysfunction, exercise and sport. Sports Med. 2004;34(7):451–464. https://doi.org/10.2165/00007256-200434070-00004
2. **Teixeira R.V., Colla C., Sbruzzi G., Mallmann A., Paiva L.L.** Prevalence of urinary incontinence in female athletes: a systematic review with meta-analysis. Int. Urogynecol. J. 2018;29(12):1717–1725. https://doi.org/10.1007/s00192-018-3651-1
3. **Hagovska M., Švihra J., Buková A., Dračková D.** Prevalence and risk factors of urinary incontinence in low- and high-impact female athletes. Int **Urogynecol J.** 2023;34(8):1739–1746. https://doi.org/10.1007/s00192-023-05492-7
4. **Bustos-Viviescas B., Julio A., Yerena C.** Incontinencia urinaria en mujeres y entrenamiento funcional de alta intensidad/ CrossFit: Aspectos clave en la práctica clínico-deportiva. Rev. Obstet. Ginecol. Venez. 2025;85(1):88–92. (In Spanish). https://doi.org/10.51288/00850113
5. **Dakic J.G., Hay-Smith J., Lin K.Y., Frawley H.C.** Experience of Playing Sport or Exercising for Women with Pelvic Floor Symptoms: A Qualitative Study. Sports Med. Open. 2023;9(1):25. https://doi.org/10.1186/s40798-023-00565-9
6. **Cacciari L.P., Pimenta N.A.**D., de Oliveira **Sato A., Ferreira C.H.J.** Postpartum return to sport and pelvic floor dysfunction: a prospective cohort study. BJOG. 2024;131(8):1024–1033. https://doi.org/10.1111/1471-0528.17689
7. **Кубин Н.Д., Шкарупа Д.Д., Зайцева А.О.** Распространенность дисфункции тазового дна у молодых нерожавших женщин, занимающихся спортом высокой интенсивности. Эксперим клин урол. 2023;16(2):142–148. https://doi.org/10.29188/2222-8543-2023-16-2-142
8. **Culleton-Quinn E., Bø K., Fleming N., Mockler D., Cusack C., Daly D.** Elite female athletes' experiences of symptoms of pelvic floor dysfunction: A systematic review. Int. Urogynecol. J. 2022;33(10): 2681–2711. https://doi.org/10.1007/s00192-022-05302-6
9. **Gould D.V., de Sire A., Marotta N.** Urinary incontinence is more common in young female athletes with low energy availability and menstrual irregularities. J Womens Health Phys Ther. 2020;44(1):15–22. https://doi.org/10.1097/JWH.0000000000000155
10. **Rodríguez-Longobardo C., López-Torres O., Guadalupe-Grau A., Gómez-Ruano M.Á.** Pelvic Floor Muscle Train-

References

1. **Bø K.** Urinary incontinence, pelvic floor dysfunction, exercise and sport. Sports Med. 2004;34(7):451–464. https://doi.org/10.2165/00007256-200434070-00004
2. **Teixeira R.V., Colla C., Sbruzzi G., Mallmann A., Paiva L.L.** Prevalence of urinary incontinence in female athletes: a systematic review with meta-analysis. Int **Urogynecol J.** 2018;29(12):1717–1725. https://doi.org/10.1007/s00192-018-3651-1
3. **Hagovska M., Švihra J., Buková A., Dračková D.** Prevalence and risk factors of urinary incontinence in low- and high-impact female athletes. Int **Urogynecol J.** 2023;34(8):1739–1746. https://doi.org/10.1007/s00192-023-05492-7
4. **Bustos-Viviescas B., Julio A., Yerena C.** Incontinencia urinaria en mujeres y entrenamiento funcional de alta intensidad / CrossFit: Aspectos clave en la práctica clínico-deportiva [Urinary incontinence in women and high-intensity functional training/CrossFit: Key aspects in clinical-sports practice]. Rev Obstet Ginecol Venez. 2025;85(1):88–92. Spanish. https://doi.org/10.51288/00850113
5. **Dakic J.G., Hay-Smith J., Lin K.Y., Frawley H.C.** Experience of playing sport or exercising for women with pelvic floor symptoms: a qualitative study. Sports Med Open. 2023;9(1):25. https://doi.org/10.1186/s40798-023-00565-9
6. **Cacciari L.P., Pimenta N.A.D., de Oliveira Sato A., Ferreira C.H.J.** Postpartum return to sport and pelvic floor dysfunction: a prospective cohort study. BJOG. 2024;131(8):1024–1033. https://doi.org/10.1111/1471-0528.17689
7. **Kubin N.D., Shkarupa D.D., Zaytseva A.O.** Prevalence of pelvic floor dysfunction in young nulliparous women engaged in high-intensity sports. Exp Clin Urol. 2023;16(2):142–148. (In Russ.) https://doi.org/10.29188/2222-8543-2023-16-2-142
8. **Culleton-Quinn E., Bø K., Fleming N., Mockler D., Cusack C., Daly D.** Elite female athletes' experiences of symptoms of pelvic floor dysfunction: a systematic review. Int **Urogynecol J.** 2022;33(10):2681–2711. https://doi.org/10.1007/s00192-022-05302-6
9. **Gould D.V., de Sire A., Marotta N.** Urinary incontinence is more common in young female athletes with low energy availability and menstrual irregularities. J Womens Health Phys Ther. 2020;44(1):15–22. https://doi.org/10.1097/JWH.0000000000000155
10. **Rodríguez-Longobardo C., López-Torres O., Guadalupe-Grau A., Gómez-Ruano M.Á.** Pelvic floor muscle train-

ing Interventions in Female Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. Sports Health. 2024;16(5):766–775. https://doi.org/10.1177/19417381231195305

11. **Poli de Araújo M., Brito L.G.O., Rossi F., Garbiere M.L., Vilela M.E., Bittencourt V.F.** Prevalence of Female Urinary Incontinence in Crossfit Practitioners and Associated Factors: An Internet Population Based Survey. Female Pelvic Med. Reconstr. Surg. 2020;26(2):97–100. https://doi.org/10.1097/SPV.0000000000000823

12. **Pozzi M., Lancellotti S., de Sire A., Ammendolia A., Invernizzi M.** Urinary incontinence in male athletes: a systematic review of prevalence and associated factors. J Clin Med. 2024;13(4):1098. https://doi.org/10.3390/jcm13041098

13. Pinto **Carral A.,** Martín **Galiano J.M., Molina A.J.** Urinary incontinence in long distance runners: the threshold of mileage and impact on performance. Scand J Med Sci Sports. 2024;34(3):e14592. https://doi.org/10.1111/sms.14592

14. **Pinto-Carral A., Molina A.J., de Pedro Á., Ayán C.** Pelvic floor dysfunction in female marathon and ultramarathon runners: a cross-sectional study. Int J Environ Res Public Health. 2022;19(15):9122. https://doi.org/10.3390/ijerph19159122

15. **Soriano Maldonado A., Rivera Pizá L.,** Manso **Rodríguez S., et al.** Prevalence of urinary incontinence in female athletes: a systematic review and meta analysis. Sports Med. 2021;51(9):1941–1954. https://doi.org/10.1007/s40279-021-01476-x

16. **Eliasson K., Larsson T., Mattsson E.** Urinary incontinence in elite female athletes and dancers. Int Urogynecol J. 2018;29(5):745–752. https://doi.org/10.1007/s00192-017-3521-2

17. **Pires T., Pires P., Moreira M.H., Viana R.** Pelvic floor dysfunction in female athletes: A systematic review. Rev Bras Med Esporte. 2020;26(6):544–550. https://doi.org/10.1590/1517-869220202606218451

18. **Sigurdardottir T., Steingrimsdottir T., Geirsson R.T., Halldorsson T.I., Hardardottir H., Bø K.** Pelvic floor muscle function and urinary incontinence in elite female athletes and non-athletes. Scand J Med Sci Sports. 2021;31(11):2134–2142. https://doi.org/10.1111/sms.14029

19. **Короткевич О.С., Мозес В.Г., Мозес К.Б., Эйзенах И.А.** Физическая активность и стрессовое недержание мочи: версии и контраверсии. Акушерство и гинекология. 2022;(1):48–54.

20. **Rebullida L.B., Martinez-Galiano J.M., Torres-Luque G.** Pelvic floor muscle morphology in female athletes vs non-athletes using 3D ultrasound and MRI: A comparative study. J Sports Sci. 2021;39(14):1621–1629. https://doi.org/10.1080/02640414.2021.1893041

21. **Шкарупа Д.Д., Кубин Н.Д., Пешков Н.О., Комяков Б.К., Писарев А.В., Зайцева А.О.** Русскоязычные версии опросников для оценки качества жизни больных с пролапсом тазовых органов и стрессовым недержанием мочи. Экспериментальная и клиническая урология. 2016;(1):94–97.

22. **Coyne K.S., Sexton C.C., Kopp Z.S., Ebel-Bitoun C., Milsom I., Chapple C.** The impact of overactive bladder on mental health, work productivity and health-related quality of life in the UK and Sweden: results from EpiLUTS. BJU Int. 2011;108(9):1459–1471. https://doi.org/10.1111/j.1464-410X.2010.10013.x

23. **Dietz H.P., Shek K.L., Rojas R.G.** What modality is optimal for pelvic floor imaging? Am. J. Obstet. Gynecol. 2024;231(4):e148–e149. https://doi.org/10.1016/j.ajog.2024.05.016

24. **Kruger J.A., Dietz H.P., Murphy B.A.** Ultrasound and MRI imaging of the pelvic floor muscles in athletes: a narrative review. J Ultrasound Med. 2022;41(6):1345–1356. https://doi.org/10.1002/jum.15822

ing interventions in female athletes: a systematic review and meta-analysis. Sports Health. 2024;16(5):766–775. https//doi.org/10.1177/19417381231195305

11. **Poli de Araújo M., Brito L.G.O., Rossi F., Garbiere M.L., Vilela M.E., Bittencourt V.F.** Prevalence of female urinary incontinence in CrossFit practitioners and associated factors: an internet population-based survey. Female Pelvic Med Reconstr Surg. 2020;26(2):97–100. https://doi.org/10.1097/SPV.0000000000000823

12. **Pozzi M., Lancellotti S., de Sire A., Ammendolia A., Invernizzi M.** Urinary incontinence in male athletes: a systematic review of prevalence and associated factors. J Clin Med. 2024;13(4):1098. https://doi.org/10.3390/jcm13041098

13. **Pinto-Carral A., Martín-Galiano J.M., Molina A.J.** Urinary incontinence in long-distance runners: the threshold of mileage and impact on performance. Scand J Med Sci Sports. 2024;34(3):e14592. https://doi.org/10.1111/sms.14592

14. **Pinto-Carral A., Molina A.J., de Pedro Á., Ayán C.** Pelvic floor dysfunction in female marathon and ultramarathon runners: a cross-sectional study. Int J Environ Res Public Health. 2022;19(15):9122. https://doi.org/10.3390/ijerph19159122

15. **Soriano-Maldonado A., Rivera-Pizá L., Manso-Rodríguez S., et al.** Prevalence of urinary incontinence in female athletes: a systematic review and meta-analysis. Sports Med. 2021;51(9):1941–1954. https://doi.org/10.1007/s40279-021-01476-x

16. **Eliasson K., Larsson T., Mattsson E.** Urinary incontinence in elite female athletes and dancers. Int Urogynecol J. 2018;29(5):745–752. https://doi.org/10.1007/s00192-017-3521-2

17. **Pires T., Pires P., Moreira M.H., Viana R.** Pelvic floor dysfunction in female athletes: a systematic review. Rev Bras Med Esporte. 2020;26(6):544–550. https://doi.org/10.1590/1517-869220202606218451

18. **Sigurdardottir T., Steingrimsdottir T., Geirsson R.T., Halldorsson T.I., Hardardottir H., Bø K.** Pelvic floor muscle function and urinary incontinence in elite female athletes and non-athletes. Scand J Med Sci Sports. 2021;31(11):2134–2142. https://doi.org/10.1111/sms.14029

19. **Korotkevich K.S., Mozes V.G., Mozes K.B., Eizenakh I.A.** Physical activity and stress urinary incontinence: versions and contraversions. Obstetrics and Gynecology. 2022;(1):48–54. (In Russ.) https://doi.org/10.18565/aig.2022.1.48-=54

20. **Rebullida L.B., Martinez-Galiano J.M., Torres-Luque G.** Pelvic floor muscle morphology in female athletes vs non-athletes using 3D ultrasound and MRI: a comparative study. J Sports Sci. 2021;39(14):1621–1629. https://doi.org/10.1080/02640414.2021.1893041

21. **Shkarupa D.D., Kubin N.D., Peshkov N.O., Komyakov B.K., Pisarev A.V., Zaytseva A.O.** Russian versions of questionnaires for life quality assessment in patients with pelvic organ prolapse and stress urinary incontinence. Exp Clin Urol. 2016;(1):94–97. (In Russ.).

22. **Coyne K.S., Sexton C.C., Kopp Z.S., Ebel-Bitoun C., Milsom I., Chapple C.** The impact of overactive bladder on mental health, work productivity and health-related quality of life in the UK and Sweden: results from EpiLUTS. BJU Int. 2011;108(9):1459–1471. https://doi.org/10.1111/j.1464-410X.2010.10013.x

23. **Dietz H.P., Shek K.L., Rojas R.G.** What modality is optimal for pelvic floor imaging? Am J Obstet Gynecol. 2024;231(4):e148–e149. https://doi.org/10.1016/j.ajog.2024.05.016

24. **Kruger J.A., Dietz H.P., Murphy B.A.** Ultrasound and MRI imaging of the pelvic floor muscles in athletes: a narrative review. J Ultrasound Med. 2022;41(6):1345–1356. https://doi.org/10.1002/jum.15822

25. **Teixeira R.V., Sbruzzi G., Mallmann A.** Urinary leakage during high impact sports activities: a prospective observational study using pad tests. Int **Urogynecol J.** 2025;36(1):115–122. https://doi.org/10.1007/s00192-024-05912-2

26. **Wang Y., Zhuo Y., Yan H., Zhao R.** How important is the timing and duration of pelvic floor muscle training for preventing postpartum urinary incontinence? A meta-analysis. Int. Urol. Nephrol. 2026;58(1):147–159. https://doi.org/10.1007/s11255-025-04640-w

27. **Almousa S.,** Al **Soud O., de Sire A.** Influence of weightlifting and powerlifting on female pelvic floor dysfunction: a systematic review. Phys Ther Sport. 2024;70:45–53. https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2024.08.004

28. **Rekatsina M., Leoni M.L.G., Visser-Vandewalle V., Mercieri M., Varrassi G., Matis G.** Long-Term Outcomes of Sacral Neuromodulation for Refractory Interstitial Cystitis/Bladder Pain Syndrome: A Retrospective Cohort Study. J. Clin. Med. 2025;14(11):3647. https://doi.org/10.3390/jcm14113647

29. **Magor J., Martin R., Bird M.L.** Athletes' Knowledge of Pelvic Floor Dysfunction and Their Knowledge of and Engagement with Pelvic Floor Muscle Training: A Scoping Review. Int. J. Environ. Res. Public Health. 2025;22(1):104. https://doi.org/10.3390/ijerph22010104

30. **Spiroski M., Castaneda V., Martinez Galiano J.M.** Pelvic floor muscle training and its effects on physical performance and urinary incontinence in high impact sportswomen. Eur J Sport Sci. 2023;23(8):1542–1551. https://doi.org/10.1080/17461391.2023.2188451

31. **Гурбанова Ф.Х., Аполихина И.А., Борис Д.А.** Микроигольчатое радиочастотное воздействие в послеродовой реабилитации: профилактика прогрессирования пролапса I степени (POP-Q) и коррекция стрессового недержания мочи легкой степени. Акушерство и гинекология. 2026;(2):46–52.

32. International Continence Society. Terminology for Pelvic Floor Function and Dysfunction. ICS Documents [internet]. Available at: https://www.ics.org/folder/407

33. **Romero-Franco N., Fernández-Domínguez J.C., Vico-Moreno E., Bachero-Mena B., Sastre-Munar A., Bosch-Donate E.** Effects of a 12-weeks pelvic floor exercises program on sports performance of female athletes: An exploratory randomized clinical trial. Phys. Ther. Sport. 2026;78:101898. https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2026.101898

34. **Бадтиева В.А., Теняева Е.А., Сичинава Н.В., Турова Е.А., Трухачева Н.В., Афонина В.И. и др.** Анализ динамики и структуры заболеваемости спортсменов сборных команд Москвы по результатам углубленного медицинского обследования. Спортивная медицина: наука и практика. 2022;12(2):22–31.

35. **Giagio S., Donnelly G.M.** Persistent pelvic floor dysfunction in female athletes: a commentary on postconservative management. Curr Sports Med Rep. 2025;24(3):65–73. https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000001235

25. **Teixeira R.V., Sbruzzi G., Mallmann A.** Urinary leakage during high-impact sports activities: a prospective observational study using pad tests. Int **Urogynecol J.** 2025;36(1):115–122. https://doi.org/10.1007/s00192-024-05912-2

26. **Wang Y., Zhuo Y., Yan H., Zhao R.** How important is the timing and duration of pelvic floor muscle training for preventing postpartum urinary incontinence? A meta-analysis. Int Urol Nephrol. 2026;58(1):147–159. https://doi.org/10.1007/s11255-025-04640-w

27. **Almousa S., Al-Soud O., de Sire A.** Influence of weightlifting and powerlifting on female pelvic floor dysfunction: a systematic review. Phys Ther Sport. 2024;70:45–53. https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2024.08.004

28. **Rekatsina M., Leoni M.L.G., Visser-Vandewalle V., Mercieri M., Varrassi G., Matis G.** Long-term outcomes of sacral neuromodulation for refractory interstitial cystitis/bladder pain syndrome: a retrospective cohort study. J Clin Med. 2025;14(11):3647. https://doi.org/10.3390/jcm14113647

29. **Magor J., Martin R., Bird M.L.** Athletes' knowledge of pelvic floor dysfunction and their knowledge of and engagement with pelvic floor muscle training: a scoping review. Int J Environ Res Public Health. 2025;22(1):104. https://doi.org/10.3390/ijerph22010104

30. **Spiroski M., Castaneda V., Martinez-Galiano J.M.** Pelvic floor muscle training and its effects on physical performance and urinary incontinence in high-impact sportswomen. Eur J Sport Sci. 2023;23(8):1542–1551. https://doi.org/10.1080/17461391.2023.2188451

31. **Gurbanova F.**Kh, **Apolikhina I.A., Boris D.A.** Radiofrequency microneedling in postpartum rehabilitation: prevention of progressing stage I pelvic organ prolapse (POP-Q) and correction of mild stress urinary incontinence. Obstetrics and Gynecology. 2026;(2):46–52. (In Russ.). https://doi.org/10.18565/aig.2026.05

32. International Continence Society. Terminology for pelvic floor function and dysfunction. ICS Documents [Internet]. Available from: https://www.ics.org/folder/407

33. **Romero-Franco N., Fernández-Domínguez J.C., Vico-Moreno E., Bachero-Mena B., Sastre-Munar A., Bosch-Donate E.** Effects of a 12-week pelvic floor exercises program on sports performance of female athletes: an exploratory randomized clinical trial. Phys Ther Sport. 2026;78:101898. https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2026.101898

34. **Badtieva V.A., Tenyaeva E.A., Sichinava N.V., Turova E.A., Trukhacheva N.V., Afonina V.I., et al.** Analysis of the dynamics and structure of morbidity of athletes of the national teams of Moscow based on the results of medical examination. Sports Medicine: Research and Practice. 2022;12(2):22–31. (In Russ.). https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.1

35. **Giagio S., Donnelly G.M.** Persistent pelvic floor dysfunction in female athletes: a commentary on postconservative management. Curr Sports Med Rep. 2025;24(3):65–73. https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000001235

Информация об авторах

Тахавиева Фарида Вазиховна, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой реабилитации и спортивной медицины ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, Россия, 420012, Казань, ул. Бутлерова, д. 49. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7387-8944 (fartah@list.ru)

Борисова Алена Владимировна, к.м.н., доцент кафедры реабилитации и спортивной медицины ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, Россия, 420012, Казань, ул. Бутлерова, д. 49. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6786-0510 (doc-borisova@bk.ru)

Information about the authors

Farida Vazikhovna Takhavieva, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Rehabilitation and Sports Medicine, Kazan State Medical University, 49 Butlerova str., Kazan, 420012, Russia. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7387-8944 (fartah@list.ru)

Alyona Vladimirovna Borisova, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Rehabilitation and Sports Medicine, Kazan State Medical University, 49 Butlerova str., Kazan, 420012, Russia.ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6786-0510 (doc-borisova@bk.ru)

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Sports Medicine: research and practice

https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.2.8

УДК: 796.015.572+796.012

Тип статьи: Обзор литературы/Review

Check for updates

CC BY 4.0

Aerobic exercise improves fundamental movement skills in children: A systematic review

Mochamad Ridwan[1,], Dwi Lorry Juniarisca[1], Dilli Dwi Kuswoyo[2], Shoira Kubaeva[3], Ainun Zulfikar Rizki[1]*

[1] *Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia*

[2] *Universitas Musamus Merauke, Merauke, Indonesia*

[3] *Samarkand branch of the Tashkent University of Information Technologies, Samarkand, Uzbekistan*

ABSTRACT

Aim of the study: to evaluate the effect of aerobic exercise on the development of fundamental movement skills (FMS) in children.

Materials and methods. A comprehensive literature search was conducted in the PubMed, Science Direct, and Scopus databases up to August 2025. The search strategy employed standardized terms combining concepts related to aerobic exercise, fundamental movement skills, and pediatric populations. Ten studies met the inclusion criteria, encompassing varied designs including Randomized Controlled Trials, quasi-randomized, longitudinal, and observational studies. The Newcastle-Ottawa Scale was used to assess the quality of observational studies; however, detailed quality assessment scores are presented in the results section to ensure transparency and critical appraisal of the evidence base.

Results. The review demonstrates that aerobic exercise, particularly structured running programs such as integrative neuromuscular training and movement-based activities, significantly improves FMS and physical fitness in early childhood. Findings from multiple studies consistently show improvements in locomotor skills, object control, muscle strength, and overall motor competence following aerobic interventions. The evidence also suggests potential benefits for children's cognitive and emotional development. Diverse intervention methods and program durations ranging from 6 to 12 weeks indicate that various approaches can be effective when adapted to children's needs and developmental capacities.

Conclusions. Based on the synthesized evidence, integrating aerobic exercise into physical education programs is recommended to holistically support children's motor development and health. However, the variability in study designs and outcome measures highlights the need for more standardized methodological approaches. Future research should include longer-term follow-up assessments to evaluate sustained effects.

Keywords: aerobic exercise; children; fundamental movement skills; motor development; physical fitness

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflict of interest.

Acknowledgment: Our deep thanks to everyone who helped create this study. We are very grateful to Universitas Negeri Surabaya and the Ministry of Youth and Sports for their facilities and resources, which allowed us to conduct this in-depth study. Appreciation is also given to the team at Scopus, whose tools have played an important role in our data analysis. Thank you to the researchers and staff who provided constructive insights and criticism during the review process, as well as to all respondents and participants who contributed their time and knowledge to improve the quality of this study.

For citation: Ridwan M., Juniarisca D.L., Kuswoyo D.D., Kubaeva S., Rizki A.Z. Aerobic exercise improves fundamental movement skills in children: A systematic review. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* (*Sports medicine: research and practice*). 2026;16(2):58–68. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.2.8

Received: 10 February 2026
Accepted: 4 August 2026
Online first: 03 November 2026
Published: 13 November 2026

***Corresponding author**

Спортивная Медицина: наука и практика

Аэробные упражнения улучшают фундаментальные двигательные навыки у детей: систематический обзор

М. Ридван[1],, Д.Л. Джуниариска[1], Д.Д. Кусвойо[2], Ш. Кубаева[3], А.З. Ризки[1]*

[1] *Государственный университет Сурабаи, Сурабая, Индонезия*

[2] *Университет Мусамус, Мерауке, Мерауке, Индонезия*

[3] *Самаркандский филиал Ташкентского университета информационных технологий, Самарканд, Узбекистан*

АННОТАЦИЯ

Цель исследования: оценить влияние аэробных упражнений на развитие основных двигательных навыков (ОДН) у детей.

Материалы и методы. Проведен всесторонний поиск литературы в базах данных PubMed, Science Direct и Scopus за период до августа 2025 г. В стратегии поиска использовались стандартизированные термины, объединяющие понятия, связанные с аэробными упражнениями, основными двигательными навыками и детской популяцией. Критериям включения соответствовали десять исследований, охватывающих различные дизайны, включая рандомизированные контролируемые испытания, квазирандомизированные, продольные и обсервационные исследования. Для оценки качества обсервационных исследований использовалась шкала Ньюкасла — Оттавы; однако подробные оценки качества представлены в разделе результатов для обеспечения прозрачности и критической оценки доказательной базы.

Результаты. Обзор демонстрирует, что аэробные упражнения, в частности структурированные программы бега, такие как интегративная нервно-мышечная тренировка и двигательные занятия, значительно улучшают ОДН и физическую подготовку в раннем детстве. Результаты многочисленных исследований последовательно демонстрируют улучшение локомоторных навыков, контроля над предметами, мышечной силы и общей моторной компетентности после аэробных вмешательств. Данные также указывают на потенциальную пользу для когнитивного и эмоционального развития детей. Разнообразие методов вмешательства и продолжительность программ, варьирующаяся от 6 до 12 недель, свидетельствуют о том, что различные подходы могут быть эффективными при их адаптации к потребностям и возможностям развития детей.

Выводы. На основании обобщенных данных рекомендуется включать аэробные упражнения в программы физического воспитания для комплексной поддержки моторного развития и здоровья детей. Однако различия в дизайне исследований и показателях результативности подчеркивают необходимость более стандартизированных методологических подходов. Будущие исследования должны включать долгосрочные контрольные оценки для анализа устойчивости полученных эффектов.

Ключевые слова: аэробные упражнения, дети, основные двигательные навыки, моторное развитие, физическая подготовка

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Ридван М., Джуниариска Д.Л., Кусвойо Д.Д., Кубаева С., Ризки А.З. Аэробные упражнения улучшают фундаментальные двигательные навыки у детей: систематический обзор. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2026;16(2):58–68. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.2.8

Поступила в редакцию: 10.02.2026
Принята к публикации: 04.08.2026
Online first: 03.11.2026
Опубликована: 13.11.2026

*** Автор, ответственный за переписку**

1. Introduction

Fundamental movement skills fall into three categories: locomotor, non-locomotor, and manipulative [1]. These motor skills are vital for children because they form the foundation for more complex motor skills and are linked to daily physical activity and overall health [2]. Children with strong foundational movement skills can lead healthier lives because they are more likely to engage in more frequent and intense physical activity as adults [3].

A systematic review is necessary to obtain a comprehensive picture and reliable scientific evidence about the relationship between aerobic exercise and the development of children's fundamental motor skills [4]. Furthermore, it has been shown that this type of exercise improves physical fitness, particularly lung and heart function [5]. The global importance of promoting physical activity in children is increasingly recognized by international organizations; for instance, the BRICS Council of Exercise and Sport Science (BRICSCESS+) has been established as a platform to advance health through physical activity and sport across emerging nations, underscoring the need for evidence-based interventions for pediatric populations [6].

Existing research has established associations between physical activity and various aspects of child development [7]. However, the specific relationship between aerobic exercise and fundamental movement skills has yielded inconsistent findings across studies [8]. While some investigations report significant positive effects, others show limited or no improvement, creating uncertainty about the efficacy of aerobic interventions for enhancing FMS in pediatric populations [9,10]. These discrepancies may stem from variations in intervention protocols, participant characteristics, assessment methods, and study quality [11].

A critical gap in the current literature is the absence of a comprehensive synthesis that systematically evaluates the

methodological quality of existing studies, examines the consistency of findings across different intervention types and populations, and identifies specific factors that moderate the effectiveness of aerobic exercise for improving FMS in children [12]. Furthermore, the organization of youth sports training including the minimum age for starting sports, training frequency, and weekly training load varies considerably across different sports and may influence the effectiveness of motor development interventions [13], the relative effectiveness of structured versus unstructured physical activity approaches remains inadequately explored [14]. Understanding these nuances is essential for developing evidence-based recommendations for physical education curricula and pediatric physical activity programs [15].

Evidence shows that children's basic motor skills and aerobic fitness are positively correlated with their levels of physical activity and attention span. This suggests that, in addition to improving physical performance, aerobic exercise is associated with various aspects of motor and cognitive development [16]. The physiological mechanisms underlying these benefits are well-documented; aerobic interval training has been shown to enhance autonomic nervous system function, as evidenced by improved heart rate recovery and blood pressure regulation in overweight young adults following structured aerobic interventions [17]. However, the results of these studies are inconclusive, and there is disagreement about how aerobic exercise affects children's basic motor skills [18]. As a result, a comprehensive review is necessary.

The purpose of this study is to investigate the influence of aerobic exercise on children's fundamental motor skills. Specifically, this review aims to: (1) synthesize evidence on the effectiveness of aerobic exercise interventions for improving FMS in children; (2) examine the characteristics of successful interventions; and (3) identify methodological limitations in the current evidence base to inform future research directions. Beyond motor development, physical activity has been shown to contribute significantly to psychological well-being, resilience, and quality of life, particularly when interventions are adapted to meet the needs of diverse populations [19].

2. Materials and methods

Searching strategy

Electronic databases such as PubMed, Science Direct, and Scopus are searched extensively. The search term is created using a combination of the terms Medical Subject Title and free text, combining the following concepts: ((aerobic exercise) OR (Exercise) OR (cardiovascular exercise) OR (aerobic exercise) AND (Basic Movement Skills) OR (FMS) OR (Motor Skills) AND (children) OR (children)). The search includes studies published from the beginning of each database through August 21, 2025. Table 1 provides a detailed overview of the complete search strategy used.

Eligibility criteria

The research selection was based on the following inclusion criteria: (1) original research articles examining the effects of aerobic exercise on fundamental movement skills in children (aged 3–12 years); (2) publication in English language; (3) empirical research designs including randomized controlled trials, quasi-experimental, longitudinal, cross-sectional, and observational studies; and (4) studies reporting quantitative outcome measures related to FMS or physical fitness. Studies are excluded if: (1) they are not original research publications (such as conferences, book chapters, or reports), review articles, or laboratory studies involving animals; (2) they are duplicate publications; (3) they do not have complete or adequate data; or (4) are limited to abstracts or conference presentations only.

Table 1

The detailed overview of the complete search strategy

Таблица 1

Подробный обзор стратегии поиска

Database	Search term
Pubmed	((("KEY"[All Fields] AND ("aerobic exercise"[All Fields] OR ("exercise"[MeSH Terms] OR "exercise"[All Fields] OR "exercises"[All Fields] OR "exercise therapy"[MeSH Terms] OR ("exercise"[All Fields] AND "therapy"[All Fields]) OR "exercise therapy"[All Fields] OR "exercising"[All Fields] OR "exercise s"[All Fields] OR "exercised"[All Fields] OR "exerciser"[All Fields] OR "exercisers"[All Fields]) OR ("heart"[MeSH Terms] OR "heart"[All Fields] OR "cardio"[All Fields]) OR "cardio training"[All Fields] OR "cardiovascular exercise"[All Fields] OR "aerobic workout"[All Fields]) AND "KEY"[All Fields]) AND ("Fundamental Movement Skill"[All Fields] OR "FMS"[All Fields] OR "Motor Skills"[All Fields] OR "Fundamental Motor Skills"[All Fields]) AND "KEY"[All Fields]) AND ("child"[MeSH Terms] OR "child"[All Fields] OR "children"[All Fields] OR "child s"[All Fields] OR "children s"[All Fields] OR "childrens"[All Fields] OR "childs"[All Fields] OR ("child"[MeSH Terms] OR "child"[All Fields] OR "children"[All Fields] OR "child s"[All Fields] OR "children s"[All Fields] OR "childrens"[All Fields] OR "childs"[All Fields]))
Scopus	(KEY(("aerobic exercise") OR (Exercises) OR (cardio) OR ("cardio training") OR ("cardiovascular exercise") OR ("aerobic workout")) AND KEY(("Fundamental Movement Skill") OR (FMS) OR ("Motor Skills") OR ("Fundamental Motor Skills")) AND KEY((children) OR (child)))
Science Direct	((aerobic exercise) OR (Exercises) OR (cardiovascular exercise) OR (aerobic workout) AND (Fundamental Movement Skill) OR (FMS) OR (Motor Skills) AND (children) OR (child))

Selection of studies and extraction of data

For duplicate removal and research filtering, Mendeley Desktop version 1.19.8 (Elsevier, Mendeley Ltd.) is used. Data extraction included: lead author, year of publication, country, sample size, age, research design, results of aerobic exercise improvement, fundamental movement skills, and determination coefficient. Additionally, information on participants' sex distribution was extracted when available to examine potential sex-related differences in intervention effects. Two separate researchers entered the eligible studies into a previously mined spreadsheet. The third researcher resolves disputes regarding the inclusion or exclusion of the research. The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) was used by two independent researchers to assess the quality of observational studies, including cohort design, case-control, and cross-sectional. The NOS evaluates studies based on selection, comparability, and outcome/exposure domains, with scores ranging from 0 to 9 (higher scores indicating better quality). For Randomized Controlled Trials, (RCTs), quality was assessed using the Cochrane Risk of Bias tool. Any disagreements in quality assessment were resolved through consensus discussion with the third researcher.

Data synthesis was conducted through narrative synthesis due to the heterogeneity in study designs, intervention protocols, and outcome measures across the included studies. Findings were organized thematically according to intervention types, outcome domains, and participant characteristics. Where sufficient comparable data existed, effect directions and magnitudes were summarized descriptively.

The study selection process is illustrated using the PRISMA flowchart [20].

3. Results

Study identification

An initial literature search yielded 1,982 potential studies. After removing 63 duplicate articles, 1,919 articles are left for further review. At the title and abstract screening stage, 1,361 articles were excluded, so 558 articles progressed to full-text evaluation. Furthermore, 189 articles were excluded due to conference abstracts, posters, or unavailability of full texts, leaving 411 articles for comprehensive analysis. Of the 411 articles, 401 studies were eliminated because they did not contain experimental or quasi-experimental analysis, had inadequate data, used languages other than English, or had a study design that was not suitable. Finally, 10 studies met the inclusion criteria and were included in the final analysis (Fig.).

Quality Assessment Results

The quality assessment of the included observational studies using the Newcastle-Ottawa Scale (NOS) revealed moderate overall quality. Cross-sectional studies scored between 5 and 7 out of 9, with common limitations including convenience sampling and lack of adequate control for confounding variables. The longitudinal study by Foulkes et al. [16] received a score of 6, with strengths in follow-up duration but limitations in retention rates. Among RCTs, Faigenbaum et al. [9, 10] and Duncan et al. [21] demonstrated low to moderate risk of bias, with adequate randomization procedures but limitations in blinding and potential attrition bias. The quasi-randomized study by Eyre et al. [14] had a high risk of bias due to significant dropout (from 87 recruited to 39 completed). The overall evidence base is characterized by moderate quality, with the main limitations being heterogeneity in outcome measures and lack of standardization across studies.

Summary of Key Findings

The included studies demonstrate consistent evidence that aerobic exercise interventions improve fundamental movement skills in children, with effects observed across various outcome measures. Faigenbaum et al. (2013, 2014) [9, 10] showed significant improvements in muscle strength, power, and basic motor skills following 8-week integrative neuromuscular training programs in 7-year-old children. Duncan et al. (2018) [21] reported enhanced motor competence, sprint speed, and jumping performance after 10 weeks of integrated neuromuscular training. The quasi-randomized study by Eyre et al. (2020) [14] found that a 12-week movement and storytelling intervention improved motor skills in 5-year-old children. Wu et al. (2024) [23] demonstrated that structured exercise programs were more effective than free play in improving physical fitness outcomes, though both approaches provided benefits. Observational studies (Roscoe et al., 2019; Africa et al., 2022; Xie et al., 2023; Liu et al., 2024) consistently identified positive associations between physical activity levels and FMS development, with the longitudinal study by Foulkes et al. (2022) [16] showing that early FMS competency predicted sustained physical activity at 10-year follow-up.

4. Discussion

The Relationship of Aerobic Exercise with Improvement of Fundamental Movement Skills (FMS)

Aerobic exercise has a positive relationship with improved Fundamental Movement Skills (FMS) in children, as shown by various studies that have been analyzed [24]. Interventions such as integrative neuromuscular training conducted by Faigenbaum et al. (2013, 2014) and Duncan et al. (2018) showed significant improvements in motor skills, muscle strength, and explosiveness. This shows that aerobic exercise not only improves cardiovascular fitness but also plays an important role in the development of children's basic motor skills. The findings support the hypothesis that rhythmic and continuous physical activity can effectively activate the neuromuscular system, thereby strengthening basic motor abilities in children [25]. This is further supported by research demonstrating that aerobic exercise promotes cardiovascular adaptation through enhanced parasympathetic activation and improved vascular function, which may contribute to better motor performance and recovery in pediatric populations [17]. By doing regular aerobic exercise, children can experience improvements in coordination,

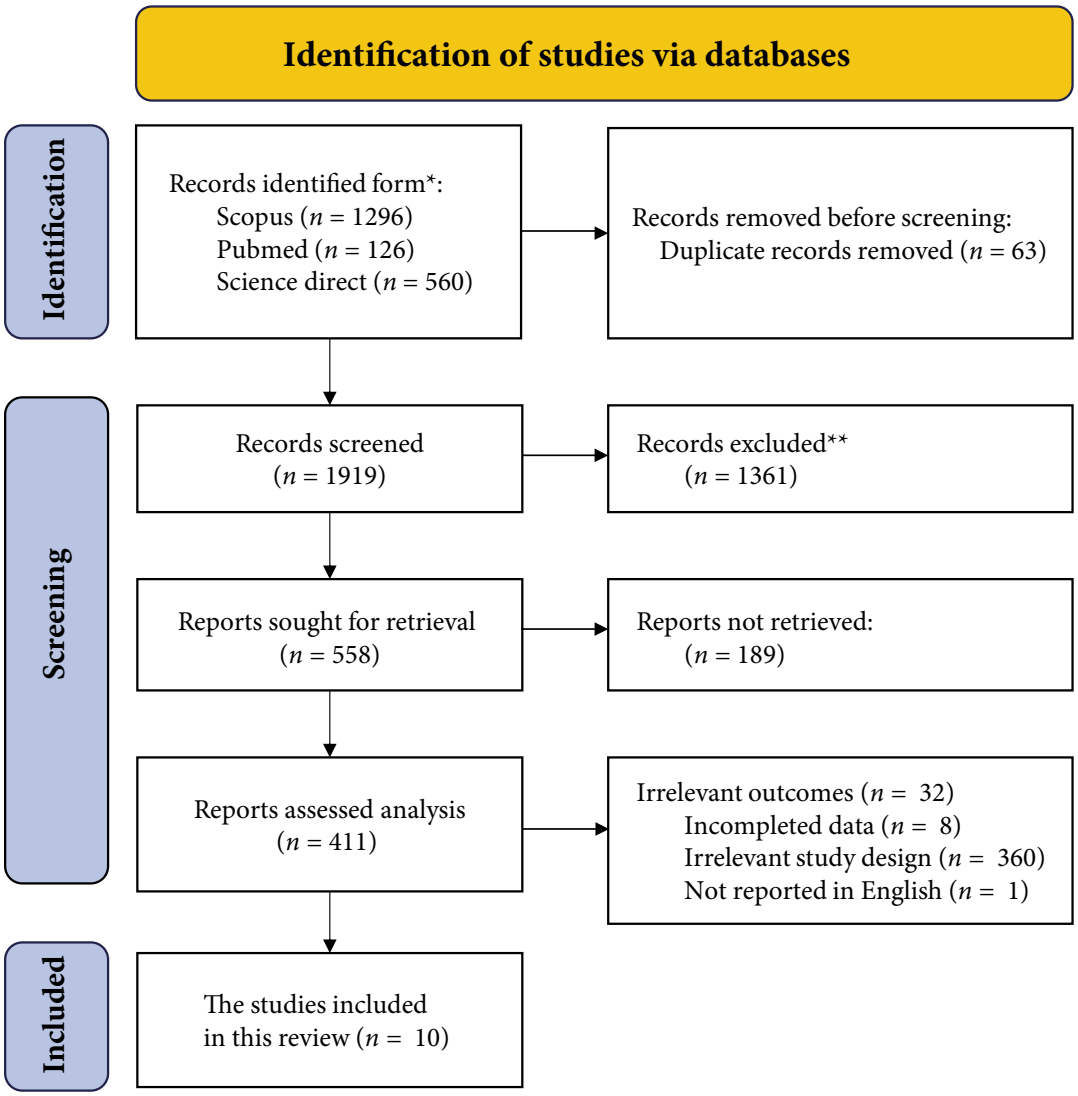


Fig. The study selection process using the PRISMA flow diagram
Рис. Процесс отбора исследований с использованием блок-схемы PRISMA

balance, and movement skills that underlie a variety of daily physical activities [26]. Therefore, incorporating aerobic exercise in children's motor development programs is highly recommended to support their optimal physical and motor development.

Variation of Intervention Methods and Program Duration

Various studies on the development of Fundamental Motor Skills (FMS) use a variety of different intervention models, including RCTs, quasi-randomized, longitudinal studies, and observational research. These methods show variations in design and implementation strategies, allowing for a diverse approach but still focusing on improving basic motor skills in children. This gives the impression that there is no single intervention model that must be implemented absolutely, but can be adapted to the conditions and resources available. The duration of the intervention programs applied in these studies also varied, with a time range of between 6 and 12 weeks, as well as varying frequency of training sessions. Although the duration and frequency of exercise were not uniform, the results of the study consistently showed a significant increase in the development of children's FMS. These findings confirm that there is flexibility in developing aerobic exercise programs that can be adjusted to children's needs, abilities, and capacities, so that the effectiveness of the program can still be maintained even with certain modifications [27].

Influence of Structured Training vs Free Play

Research by Wu et al. (2024) shows that structured exercises that follow a specific curriculum are more effective in improving a child's physical fitness and basic motor skills. This approach allows for the teaching of specific techniques and gradual adjustments to the level of difficulty, thereby accelerating the improvement of physical ability and motor

Table 2

Characteristics of the included studies

Таблица 2

Характеристики включенных в обзор исследований

First author (year)	Country	Research type	Age (years) [Mean ± SD / Range]	Participant (M/F)	Sample size (*N*)	Intervention characteristics	Intervention Duration (Weeks)	Session Duration (min)	Session Frequency	Outcome measures
Faigenbaum et al. 2013 [9]	United States	RCT	7.0 ± n.s.	39 (16/23)	IG = 20, CG = 19	Muscular fitness, motor skill performance	8	15	n.s.	Physical fitness and motor skills performance
Faigenbaum et al. 2014 [10]	United States	RCT	7–8 (Mean 7.5 ± n.s.)	40 (16/24)	IG = 21, CG = 19	Integrative Neuromuscular Training (INT)	8	15	2 times/ week	Muscle strength, power, core stability, basic motor skills
Duncan et al. 2018 [11]	United Kingdom	RCT	6–7 (Mean 6.7 ± n.s.)	140 (77/63)	IG = 98, CG = 42	Integrated neuromuscular training	10	30–40	1 time/ week	Motor competence (total); Sprint speed (10m); Standing long jump; Seated medicine ball throw; Perceived motor competence
Roscoe et al. 2019 [12]	United Kingdom	Observational cross-sectional	3–4 (Mean 3.6 ± n.s.)	185 (99/86)	185	n.s.	n.s.	30–35 (daily activity measurement)	One-time measurement	FMS (TGMD-2); Physical activity (GENEActiv accelerometer); BMI, waist circumference
Eyre et al. 2020 [14]	United Kingdom	Quasi-randomised controlled	5.0 ± n.s. (school entry age)	Not specified	87 recruited; 39 completed	Movement and storytelling intervention (The Gruffalo and Stickman)	12	35	1 time/ week	Motor skill performance (CMSP protocol); 10m sprint; Standing long jump; Medicine ball throw
Africa et al. 2022 [15]	South Africa	Observational cross-sectional	6.1 ± 0.4	191 (106/85)	191	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	Anthropometry (height, weight, skinfold, BF%, WHtR); FMS (TGMD-2); Physical fitness (broad jump, tennis ball throw, agility, endurance, flexibility)
Foulkes et al. 2022 [16]	United Kingdom	Longitudinal	Baseline: 3–4.9; Follow-up: 10 years	Baseline: 240 (51.7 % male); Follow-up: 131 (52.3 % male)	Baseline: 240; Follow-up: 131	Active Play Project (6-week educational program)	6	n.s.	n.s.	FMS (TGMD-2 and CMSP); Anthropometry; Physical activity (accelerometer)
Xie et al. 2023 [18]	China	Observational cross-sectional	6–10 (Mean 8.0 ± n.s.)	304 (150/154)	304	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	FMS (TGMD-2); Health-related quality of life (PedsQL 4.0); Physical fitness (BMI, vital capacity, 50m run, sit-and-reach, jump rope, sit-ups)

Table 1. **Continued**

Таблица 1. **Продолжение**

First author (year)	Country	Research type	Age (years) [Mean ± SD / Range]	Participant (M/F)	Sample size (*N*)	Intervention characteristics	Intervention Duration (Weeks)	Session Duration (min)	Session Frequency	Outcome measures
Liu et al. 2024 [22]	China	Cross-sectional (convenience sampling)	4.9 ± 0.75	169 (95/74)	169	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	Home physical activity environment (FESMDP); MVPA (Actigraph wGT3X-BT); FMS (TGMD-3); Demographic data
Wu et al. 2024 [23]	China	Quasi-experimental	04-Jun	239 (n.s.)	239 (from 249 initial)	HS: structured ball skills; OPE: textbook-based PE; FP: free play	10	30 (PE); 30 daily outdoor	1–2 PE sessions/ week; 5 days/week outdoor	Physical fitness (sit-and-reach, standing long jump, double-leg timed hop, 10m shuttle run, balance beam, tennis ball throw); Emotional competence (SCBE-30)

Note: n.s. = not specified; IG = Intervention Group; CG = Control Group; HS = High-Structured; OPE = Ordinary Physical Education; FP = Free Play; FMS = Fundamental Movement Skills; TGMD = Test of Gross Motor Development; CMSP = Children's Motor Skill Protocol; BMI = Body Mass Index; MVPA = Moderate-to-Vigorous Physical Activity; FESMDP = Family Environment Scale for Motor Development in Preschoolers; SCBE-30 = Social Competence and Behavior Evaluation Scale; BF% = Body Fat Percentage; WHtR = Waist-to-Height Ratio; RCT = Randomized Controlled Trial.

Примечание: n.s. = не указано; IG = экспериментальная группа; CG = контрольная группа; HS = высокоструктурированное занятие; OPE = обычное занятие физкультурой; FP = свободная игра; FMS = базовые двигательные навыки; TGMD = тест развития крупной моторики; CMSP = протокол оценки двигательных навыков детей; ИМТ = индекс массы тела; MVPA = физическая активность средней и высокой интенсивности; FESMDP = шкала семейной среды для оценки моторного развития дошкольников; SCBE-30 = шкала оценки социальной компетентности и поведения; BF% = процент жировой массы тела; WHtR = соотношение талии к росту; RCT = рандомизированное контролируемое исследование.

coordination [28]. On the other hand, free play also has an important role, especially in supporting children's emotional and social development [29]. Through free play, children can learn to socialize, explore creativity, and develop the ability to manage emotions naturally [30]. Therefore, a combination of structured exercise and free play can provide a holistic approach in supporting the child's overall development [31].

The Role of Physical Activity in Cognitive and Psychosocial Aspects

Physical activity, especially aerobic exercise, has a wide impact not only on motor abilities but also on the cognitive aspects of a person [32]. A study conducted by Wu et al. (2024) shows that aerobic exercise can improve cognitive functions, such as attention, memory, and problem-solving abilities. This happens because aerobic exercise stimulates blood flow and oxygen to the brain, which supports neuronal growth and brain connectivity, thereby strengthening various cognitive functions [33]. In addition, aerobic exercise also plays an important role in supporting psychosocial aspects, especially in the development of emotional competence [34]. Research by Wu et al. confirms that this type of physical intervention can improve an individual's ability to better manage emotions and interact socially. These psychosocial benefits are consistent with broader findings in adapted physical activity contexts, where participation in structured physical education programs has been associated with improved self-acceptance, positive interpersonal relationships, and enhanced psychological well-being [19]. Thus, aerobic exercise not only aids motor development but also strengthens emotional and social well-being, ultimately supporting overall success in individual development [35].

Comparison of Findings Across Studies

When comparing the effects of different intervention types, several patterns emerge. The integrative neuromuscular training programs (Faigenbaum et al., 2013, 2014; Duncan et al., 2018) consistently demonstrated positive effects on multiple outcome domains, including muscle strength, power, and motor competence. These programs incorporated varied movement patterns and progressive challenges, suggesting that intervention variety may enhance motor skill acquisition. In contrast, the storytelling-based movement intervention by Eyre et al. (2020) showed improvements in motor skills through a more playful, narrative-driven approach, indicating that creative adaptations can be effective, particularly for younger children. The intervention duration appeared to be a factor in effectiveness; programs of 8–12 weeks generally produced significant improvements, while shorter interventions may require higher frequency to achieve comparable effects.

Limitations of the Included Studies and the Overall Evidence Base

Several methodological limitations affect the interpretation and generalizability of the findings. First, the heterogeneity in study designs (RCTs, quasi-experimental, cross-sectional, longitudinal) limits the ability to draw causal inferences from observational studies. Second, the small sample sizes in some studies reduce statistical power and may limit the detection of smaller effects. Third, the significant dropout rate in Eyre et al. (2020) (from 87 recruited to 39 completed) threatens internal validity and may introduce selection bias. Fourth, the lack of blinding in most interventions introduces potential performance bias. Fifth, the predominance of studies from high-income countries (United States, United Kingdom, China) limits generalizability to other cultural contexts. Sixth, the absence of long-term follow-up in most studies prevents assessment of sustained intervention effects. Finally, the variation in outcome assessment tools (TGMD-2, TGMD-3, CMSP, product-based measures) complicates cross-study comparisons and meta-analytic synthesis. These limitations underscore the need for more rigorous, standardized methodological approaches in future research.

Practical Implications and Recommendations

The results of this review recommend integrating aerobic exercise into children's physical education curriculum as an effort to effectively strengthen FMS. Regular aerobic exercise can help improve a child's coordination, balance, and endurance skills, thereby supporting overall physical and motor development [36]. Therefore, incorporating aerobic exercise into daily activities at school is essential to support quality physical learning [37]. In addition, the exercise approach needs to be adjusted to the characteristics of the child's age and ability, both in terms of duration and intensity [38]. Educators and coaches are expected to design diverse and engaging physical activity programs to improve children's physical well-being while participating [39]. Thus, physical activity is not only healthy but also motivates children to continue to be active, so that learning results can be achieved optimally [40].

Further Research Direction

Further research needs to be conducted using a more standardized experimental design to ensure the validity and reliability of the results. In addition, larger sample sizes are required to increase the statistical power and generalization of findings. The duration of the intervention should also be extended to observe long-term effects and more significant changes in children's motor development. In addition to these aspects, future studies are recommended to explore the integration of aerobic exercise with psychosocial and cognitive elements simultaneously. This approach is expected to produce a more comprehensive method in supporting children's motor development, not only from the physical side but also the mental and social aspects that are interrelated and contribute to the optimal growth of children.

5. Conclusion

This systematic review provides evidence that aerobic exercise plays an important role in improving fundamental movement skills in early childhood. The synthesis of findings from 10 studies with diverse designs demonstrates that

structured physical interventions, particularly integrative neuromuscular training and movement-based programs, consistently enhance basic motor skills, physical fitness, and overall motor competence in children. The strongest evidence supports improvements in locomotor skills, object control, muscle strength, and coordination following interventions ranging from 6 to 12 weeks in duration.

While the evidence for cognitive and psychosocial benefits is promising, these findings are derived from a limited number of studies and require further investigation before firm conclusions can be drawn. The primary strength of the evidence lies in the motor domain, where multiple studies with varying designs converge on positive effects.

Based on the available evidence, integrating aerobic exercise into physical education curricula and children's physical activity programs is recommended to support optimal motor development and overall health. Practitioners should consider combining structured exercise with free play opportunities to address both motor and socio-emotional development needs.

Authors' Contribution

Mochamad Ridwan — conceptualization, methodology, validation, formal analysis, investigation, resources, writing — original draft, writing — review & editing, supervision, project administration, funding acquisition.

Dwi Lorry Juniarisca — conceptualization, methodology, software, validation, formal analysis, investigation, data curation, writing — original draft, writing — review & editing, visualization.

Dilli Dwi Kuswoyo — methodology, software, validation, formal analysis, investigation, resources, data curation, writing — review & editing, visualization.

Shoira Kubaeva — validation, formal analysis, investigation, resources, writing — original draft, writing — review & editing.

Ainun Zulfikar Rizki — software, validation, formal analysis, investigation, data curation, writing — original draft, visualization.

Вклад авторов

Мохамад Ридван — концептуализация, методология, валидация, формальный анализ, исследование, ресурсы, написание оригинального черновика, рецензирование и редактирование, супервизия, администрирование проектов, привлечение финансирования.

Dwi Lorry Juniarisca — концептуализация, методология, программное обеспечение, валидация, формальный анализ, расследование, кураторство данных, написание оригинального варианта, рецензирование и редактирование, визуализация.

Дилли Дви Кусвойо — методология, программное обеспечение, валидация, формальный анализ, расследование, ресурсы, кураторство данных, рецензирование и редактирование, визуализация.

Шоира Кубаева — валидация, формальный анализ, расследование, ресурсы, написание оригинального черновика, рецензия и редактирование.

Айнун Зульфикар Ризки — программное обеспечение, валидация, формальный анализ, расследование, кураторство данных, написание оригинального черновика, визуализация.

References

1. **Flynn R.J., Pringle A., Roscoe C.M.**P. Direct Parent Engagement to Improve Fundamental Movement Skills in Children: A Systematic Review. Children. 2023;10(7):1247. https://doi.org/10.3390/children10071247
2. O'**Brien W., Khodaverdi Z., Bolger L., Murphy O., Philpott C., Kearney P.E.** Exploring Recommendations for Child and Adolescent Fundamental Movement Skills Development: A Narrative Review. Int. J. Environ. Res. Public Health. 2023;20(4):3278. https://doi.org/10.3390/ijerph20043278
3. **Zhang D., Soh K.G., Chan Y.M., Zaremohzzabieh Z.** Effect of intervention programs to promote fundamental motor skills among typically developing children: A systematic review and meta-analysis. Child. Youth Serv. Rev. 2024;156:107320. https://doi.org/10.1016/j.childyouth.2023.107320
4. **Xin F., Chen S.T., Clark C., Hong J.T., Liu Y., Cai Y.J.** Relationship between fundamental movement skills and physical activity in preschool-aged children: A systematic review. Int. J. Environ. Res. Public Health. 2020;17(10):3566. https://doi.org/10.3390/ijerph17103566
5. **Patel H., Alkhawam H., Madanieh R., Shah N., Kosmas C.E., Vittorio T.J.** Aerobic vs anaerobic exercise training effects on the cardiovascular system. World J. Cardiol. 2017;9(2):134–138. https://doi.org/10.4330/wjc.v9.i2.134
6. **Uvinha R.R., Hans de Ridder J., Gushchina Y.S.** Advancing Health through Physical Activity and Leisure in BRICS Plus Nations: A Report from the BRICSCESS Plus Association. Sports Medicine: Research and Practice. 2025;15(2):5–11. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.2.7
7. **Fairclough S.J., Clifford L., Brown D., Tyler R.** Characteristics of 24-hour movement behaviours and their associations with mental health in children and adolescents. J. Act. Sedentary Sleep Behav. 2023;2(1):11. https://doi.org/10.1186/s44167-023-00021-9
8. **Ferrer-Uris B., Ramos M.A., Busquets A., Angulo-Barroso R.** Can exercise shape your brain? A review of aerobic exercise effects on cognitive function and neuro-physiological underpinning mechanisms. AIMS Neurosci. 2022;9(2):150–174. https://doi.org/10.3934/NEUROSCIENCE.2022009
9. **Faigenbaum A.D., Farrell A.C., Fabiano M., Radler T.A., Naclerio F., Ratamess N.A., et al.** Effects of Detraining on Fitness Performance in 7-Year-Old Children. J. Strength Cond. Res. 2013;27(2):323–330. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31827e135b
10. **Faigenbaum A.D., Myer G.D., Farrell A., Radler T., Fabiano M., Kang J., et al.** Integrative neuromuscular training and sex-specific fitness performance in 7-year-old children: An exploratory investigation. J. Athl. Train. 2014;49(2):145–153. https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.1.08
11. **Duncan M.J., Hames T., Eyre E.L.**J. Sequencing Effects of Object Control And Locomotor Skill During Integrated Neuromuscular Training In 6-To 7-Year-Old Children. J. Strength Cond. Res. 2019;33(8):2262–2274. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002484
12. **Roscoe C.M.**P., **James R.S., Duncan M.J.** Accelerometer-based physical activity levels, fundamental movement skills and weight status in British preschool children from a deprived area. Eur. J. Pediatr. 2019;178(7):1043–1052. https://doi.org/10.1007/s00431-019-03390-z
13. **Новикова И.И., Романенко С.П., Приходько А.Ю., Сорокина А.В.** Особенности организации занятий спортом

юных спортсменов (по результатам анкетирования родителей и тренеров). Спортивная медицина: наука и практика. 2025;15(4):62–72. [**Novikova I.I., Romanenko S.P., Prikhodko A.Yu., Sorokina A.V.** Specific features of organizing sports classes for young athletes (results of a survey of parents and coaches). Sports medicine: research and practice. 2026;15(4):62–72. (In Russ.)]. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.4.4

14. **Eyre E.L.J., Clark C.C.T., Tallis J., Hodson D., Lowton-Smith S., Nelson C., et al.** The effects of combined movement and storytelling intervention on motor skills in south asian and white children aged 5–6 years living in the United Kingdom. Int. J. Environ. Res. Public Health. 2020;17(10):3391. https://doi.org/10.3390/ijerph17103391

15. **Africa E.,** Van **Stryp O., Musálek M.** The influence of cultural experiences on the associations between socio-economic status and motor performance as well as body fat percentage of grade one learners in cape town, south africa. Int. J. Environ. Res. Public Health. 2022;19(1):121. https://doi.org/10.3390/ijerph19010121

16. **Foulkes J.D., Knowles Z., Fairclough S.J., Stratton G., O'dwyer M.V., Foweather L.** Is foundational movement skill competency important for keeping children physically active and at a healthy weight? Int. J. Environ. Res. Public Health. 2022;19(1):105. https://doi.org/10.3390/ijerph19010105

17. **Selandani A.A., Rahman F.** Effects of aerobic interval training on heart rate recovery (HRR) and blood pressure in overweight young adults. Sports Medicine: Research and Practice. 2025;15(1):17–25. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.1.3

18. **Xie S., Zhou Y., Yin Y., Shao R., Fang L., Shao W.** Effects of fundamental movement skills on health-related quality of life in Chinese school-age children: the mediating role of physical fitness level. Front. Public Health. 2023;11:1023662. https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1023662

19. **Михалев И.В., Котовская С.В., Захарова Н.Л., Беленкова Л.Ю.** Мотивация к занятиям адаптивной физической культурой как условие здоровьесбережения, способствующее психологическому благополучию, жизнеспособности и улучшению качества жизни студенческой молодежи с инвалидностью. Спортивная медицина: наука и практика. 2025;15(1):54–64. [**Mikhalev I.V., Kotovskaya S.V., Zakharova N.L., Belenkova L.Y.** Motivation to engage in adaptive physical education as a condition for saving health, contributing to psychological well-being, resiliency and improving the quality of life of students with disabilities. Sports Medicine: Research and Practice. 2025;15(1):54–64. (In Russ.)]. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.1.6

20. **Page M.J., McKenzie J.E., Bossuyt P.M., Boutron I., Hoffmann T.C., Mulrow C.D., et al.** The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ. 2021;372:n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

21. **Duncan M.J., Eyre E.L.J., Oxford S.W.** The effects of 10-week integrated neuromuscular training on fundamental movement skills and physical self-efficacy in 6–7-year-old children. J. Strength Cond. Res. 2018;32(12):3348–3356. https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001859

22. **Liu P., Fan C., Li F., Yang Z., Yang B., Yin L.** Influence of physical activity home environment on fundamental movement skills development in Chinese preschoolers: mediating role of moderate-to-vigorous physical activity. Front. Pediatr. 2024; 12:1475263. https://doi.org/10.3389/fped.2024.1475263

23. **Wu H., Ruan H., Eungpinichpong W., Zhou W.** The effects of physical exercise on fitness and emotion in Chinese preschoolers. BMC Public Health. 2024;24(1):2407. https://doi.org/10.1186/s12889-024-19895-8

24. **Palmer K.K., Chinn K.M., Robinson L.E.** The effect of the CHAMP intervention on fundamental motor skills and outdoor physical activity in preschoolers. J. Sport Health Sci. 2019;8(2):98–105. https://doi.org/10.1016/j.jshs.2018.12.003

25. **Resita C., Widiastuti W., Setiakarnawijaya Y., Sopiah O., Lobo J., Estilo K., et al.** Rhythmic physical activity to improve the motor abilities of junior students athlete in gymnastics: randomized control trial. Fizjoterapia Polska. 2023;23(3):174–180. https://doi.org/10.56984/8ZG14337C

26. **Dapp L.C., Gashaj V., Roebers C.M.** Physical activity and motor skills in children: A differentiated approach. Psychol. Sport Exerc. 2021;54:101916. https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2021.101916

27. **Kennedy S.G., Peralta L.R., Lubans D.R., Foweather L., Smith J.J.** Implementing a school-based physical activity program: process evaluation and impact on teachers' confidence, perceived barriers and self-perceptions. Phys. Educ. Sport Pedagogy. 2019;24(3):233–248. https://doi.org/10.1080/17408989.2019.1571182

28. **Nolasco D.P.** Embracing the Challenges of Modular Approach in Teaching in the Time of Pandemic. Asia Pacific Journal of Educators and Education. 2021;36(2):165–182. https://doi.org/10.21315/apjee2021.36.2.9

29. **Hewes J.** Seeking balance in motion: The role of spontaneous free play in promoting social and emotional health in early childhood care and education. Children. 2014;1(3):280–301. https://doi.org/10.3390/children1030280

30. **Garaigordobil M., Berrueco L., Celume M.P.** Developing Children's Creativity and Social-Emotional Competencies through Play: Summary of Twenty Years of Findings of the Evidence-Based Interventions "Game Program." J. Intell. 2022;10(4):77. https://doi.org/10.3390/jintelligence10040077

31. **Pitchik H.O., Tofail F., Rahman M., Akter F., Sultana J., Shoab A.K., et al.** A holistic approach to promoting early child development: A cluster randomised trial of a group-based, multicomponent intervention in rural Bangladesh. BMJ Glob Health. 2021;6(3):e004307. https://doi.org/10.1136/bmjgh-2020-004307

32. **Chen C., Nakagawa S.** Physical activity for cognitive health promotion: An overview of the underlying neurobiological mechanisms. Ageing Res. Rev. 2023:86:101868. https://doi.org/10.1016/j.arr.2023.101868

33. **Konopka L.M.** How exercise influences the brain: A neuroscience perspective. Croat. Med. J. 2015;56(2):169–171. https://doi.org/10.3325/cmj.2015.56.169

34. **Mahindru A., Patil P., Agrawal V.** Role of Physical Activity on Mental Health and Well-Being: A Review. Cureus. 2023;15(1):e33475 https://doi.org/10.7759/cureus.33475

35. **Wang X., Liu T., Jin X., Zhou C.** Aerobic exercise promotes emotion regulation: a narrative review. Exp. Brain Res. 2024;242(4):783–796. https://doi.org/10.1007/s00221-024-06791-1

36. **Sutapa P., Pratama K.W., Rosly M.M., Ali S.K.S., Karakauki M.** Improving motor skills in early childhood through goal-oriented play activity. Children. 2021;8(11):994.. https://doi.org/10.3390/children8110994

37. **Bukvić Z., Ćirović D., Nikolić D.** The importance of physical activity for the development of motor skills of younger school age children. Medicinski podmladak. 2021;72(2):34–39. https://doi.org/10.5937/mp72-31878

38. **Huang Z., Li J., Liu Y., Zhou Y.** Effects of different exercise modalities and intensities on body composition in overweight and obese children and adolescents: a systematic review and network meta-analysis. Front. Physiol. 2023;14:1193223. https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1193223

Sports Medicine: research and practice

39. **Mak T.C.T., Chan D.K.C., Capio C.M.** Strategies for teachers to promote physical activity in early childhood education settings—a scoping review. Int. J. Environ. Res. Public Health. 2021;18(3):867. https://doi.org/10.3390/ijerph18030867

40. **Cachón-Zagalaz J., Carrasco-Venturelli H., Sánchez-Zafra M., Zagalaz-Sánchez M.L.** Motivation toward physical activity and healthy habits of adolescents: A Systematic review. Children. 2023;10(4):659. https://doi.org/10.3390/children10040659

Information about the authors

© **Mochamad Ridwan**, 2026

Ridwan Mochamad*, Dr. Lecturer and Researcher, Department of Physical Education, Health and Recreation, Universitas Negeri Surabaya, Jl. Lidah Wetan, Jawa Timur, Surabaya, 60213, Indonesia. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7385-0960 (mochamadridwan@unesa.ac.id)

© **Dwi Lorry Juniarisca**, 2026

Juniarisca Dwi Lorry, M.Ed. Lecturer and Researcher, Department of Physical Education, Health and Recreation, Universitas Negeri Surabaya, Jl. Lidah Wetan, Surabaya, 60213, Indonesia. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5481-518X (dwijuniarisca@unesa.ac.id)

© **Dilli Dwi Kuswoyo**, 2026

Kuswoyo Dilli Dwi, M.Ed. Lecturer and Researcher. Department of Physical Education, Health and Recreation, Universitas Musamus Merauke, Jl. Kamizaun, Kabupaten Merauke, Indonesia. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6119-1072 (kuswoyo_fkip@unmus.ac.id)

© **Shoira Kubaeva**, 2026

Kubaeva Shoira, Dr. Lecturer and Researcher. Department of Humanities and Social Sciences, Samarkand branch of the Tashkent University of Information Technologies, 2 Vohid Abdullaev/Ibn Sino Street, Samarkand, Uzbekistan. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3819-0914 (shoiratoshmurodovna81@mail.ru)

© **Ainun Zulfikar Rizki**, 2026

Rizki Ainun Zulfikar, M.Ed. Lecturer and Researcher, Department of Physical Education, Health and Recreation, Universitas Negeri Surabaya, Jl. Lidah Wetan, Surabaya, 60213, Indonesia. ORCID: https://orcid.org/0009-0006-7025-7209 (ainunrizki@unesa.ac.id)

Информация об авторах

© **Мохамад Ридван**, 2026

Ридван Мохамад*, доктор-лектор и исследователь, кафедра физического воспитания, здоровья и отдыха, Университет Негери Сурабая, Jl. Lidah Ветан, Восточная Ява, Сурабая, 60213, Индонезия, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7385-0960 (mochamadridwan@unesa.ac.id)

© **Dwi Lorry Juniarisca**, 2026

Джуниариска Дви Лорри, M.Ed. лектор и исследователь, кафедра физического воспитания, здоровья и отдыха, Государственный университет Сурабаи, Jl. Lidah Wetan, Сурабая, 60213, Индонезия, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5481-518X (dwijuniarisca@unesa.ac.id)

© **Дилли Дви Кусвойо**, 2026

Кусвойо Дилли Дви, M.Ed. лектор и исследователь, кафедра физического воспитания, здоровья и отдыха, Университет Мусамус Мерауке, Jl. Kamizaun, Кабупатен Мерауке, Индонезия. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6119-1072 (kuswoyo_fkip@unmus.ac.id)

© **Шоира Кубаева**, 2026

Кубаева Шоира, доктор-лектор и исследователь. Кафедра гуманитарных и социальных наук, Самаркандский филиал Ташкентского университета информационных технологий, ул. Вохид Абдуллаева, Ибн Сино, 2, Самарканд, Узбекистан. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3819-0914 (shoiratoshmurodovna81@mail.ru)

© **Айнун Зульфикар Ризки**, 2026

Ризки Айнун Зульфикар, M.Ed. лектор и исследователь, кафедра физического воспитания, здоровья и отдыха, Государственный университет Сурабаи, Jl. Lidah Wetan, Сурабая, 60213, Индонезия. ORCID: https://orcid.org/0009-0006-7025-7209 (ainunrizki@unesa.ac.id)

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

Спортивная Медицина: наука и практика

https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.2.7

УДК: 796.332.4; 612.015.32

Тип статьи: Оригинальное исследование

Check for updates

CC BY 4.0

Использование полоскания ротовой полости углеводсодержащим раствором в качестве эргогенного средства у юных спортсменов

*Ю.В. Кузнецова[1,2], М.Н. Насрулаев[3], В.В. Булгакова[1], Е.Л. Абрамян, Е.С.[1] Капралова[4], Е.А. Рудякова[1], К.С. Кивгазов[3], Т.М. Вахидов[3,5]**

[1] ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), Москва, Россия

[2] ФГБУ «Национальный центр спортивной медицины Федерального медико-биологического агентства», Москва, Россия

[3] АО Профессиональный Футбольный Клуб «ЦСКА», Москва, Россия

[4] АО «Футбольный Клуб “Динамо-Москва”», Москва, Россия

[5] ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: оценить эффективность и безопасность применения полоскания ротовой полости углеводсодержащим раствором на фоне утомления в отношении различных параметров скоростной выносливости у юных футболистов.

Материалы и методы. В рандомизированном плацебо-контролируемом исследовании с параллельными группами приняли участие 60 юных футболистов (возраст — 17,86 ± 0,57 года, рост — 179,47 ± 6,30 см, масса тела — 74,23 ± 7,17 кг, ИМТ — 23,02 ± 1,45 кг/м^2). Все участники выполнили батарею тестирований физических качеств и спортспецифичных навыков, после чего приступили к выполнению теста на способность к повторным спринтам (RSAT) (6 × 40 метров). Полоскания ротовой полости 6 % раствором мальтодекстрина или раствором плацебо осуществлялись перед началом RSAT и во время отдыха после 2 и 4 спринтов. Для оценки внутренней нагрузки использовались уровень воспринимаемой нагрузки, частота сердечных сокращений и интенсивность мышечной болезненности. Данные о возникновении нежелательных реакций со стороны желудочно-кишечного тракта и иных нежелательных явлений были получены путем анкетирования спустя 24 часа после исследования.

Результаты. Полоскание ротовой полости углеводсодержащим раствором значимо улучшило среднее время спринтов ($p < 0,01$) и время худшего спринта ($p = 0,02$) в RSAT. При этом оно не оказывает значимого влияния на анализируемые параметры внутренней нагрузки, а также не сопровождается значимым увеличением частоты возникновения нежелательных реакций по сравнению с плацебо.

Заключение. Полоскание ротовой полости 6 % раствором мальтодекстрина на фоне предварительного утомления значимо улучшает физическую работоспособность в тесте на способность к повторным спринтам у юных футболистов и не сопровождается возникновением дискомфорта со стороны ЖКТ или других нежелательных реакций.

Ключевые слова: способность к повторным спринтам, юные футболисты, углеводы, полоскание ротовой полости, повышение работоспособности

Для цитирования: Кузнецова Ю.В., Насрулаев М.Н., Булгакова В.В., Абрамян Е.Л., Капралова Е.С., Рудякова Е.А., Кивгазов К.С., Вахидов Т.М. Использование полоскания ротовой полости углеводсодержащим раствором в качестве эргогенного средства у юных спортсменов. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2026;16(2):69–76. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.2.7

Поступила в редакцию: 16.03.2026
Принята к публикации: 17.09.2026
Online first: 02.11.2026
Опубликована: 13.11.2026

*** Автор, ответственный за переписку**

Sports Medicine: research and practice

Carbohydrate mouth rinse as an ergogenic aid in young athletes

*Yulia V. Kuznetsova[1,2], Marat N. Nasrulaev[3], Varvara V. Bulgakova[1], Ekaterina L. Abramyan[1], Elizaveta S. Kapralova[4], Elizaveta A. Rudiakova[1], Kirill S. Kivgasov[3], Timur M. Vakhidov[3,5]**

[1] *I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia*

[2] *National Center for Sports Medicine of the Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia*

[3] *JS Company Professional Football Club "CSKA", Moscow, Russia*

[4] *JS Company «Football Club "Dynamo-Moscow"», Moscow, Russia*

[5] *National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia*

ABSTRACT

Objective. To evaluate the efficacy and safety of a carbohydrate-containing mouth rinse against fatigue on various parameters of speed endurance in young elite soccer players.

Materials and methods. This randomized, placebo-controlled, parallel-group study included 60 young soccer players (age — 17.86 ± 0.57 years, height — 179.47 ± 6.30 cm, body mass — 74.23 ± 7.17 kg, BMI — 23.02 ± 1.45 kg/m^2). All participants completed a battery of physical fitness and sport-specific skill tests, followed by a repeated-sprint ability test (RSAT) (6 × 40 meters). Mouth rinsing with a 6 % maltodextrin solution or a placebo solution was performed before the start of the RSAT and during rest periods after the 2nd and 4th sprints. Internal load was assessed using ratings of perceived exertion, heart rate, and muscle soreness intensity. Data on the occurrence of gastrointestinal adverse reactions and other adverse events were collected via a questionnaire 24 hours after the study.

Results. It was found that carbohydrate mouth rinsing significantly improved mean sprint time ($p < 0.01$) and worst sprint time ($p = 0.02$) in the RSAT, while having no significant effect on the analyzed internal load parameters. Furthermore, it was not associated with a significant increase in the frequency of adverse reactions compared to placebo.

Conclusion. Mouth rinsing with a 6 % maltodextrin solution against a background of pre-existing fatigue significantly improves physical performance in the repeated-sprint ability test in young elite soccer players and is not associated with gastrointestinal discomfort or other adverse reactions.

Keywords: repeated-sprint ability, youth soccer players, carbohydrates, mouth rinse, performance enhancement

For citation: Kuznetsova Y.V., Nasrulaev M.N., Bulgakova V.V., Abramyan E.L., Kapralova E.S., Rudiakova E.A., Kivgasov K.S., Vakhidov T.M. Carbohydrate mouth rinse as an ergogenic aid in young athletes *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2026;16(2):69–76. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.2.7

Received: 16 March 2026
Accepted: 17 September 2026
Online first: 02 November 2026
Published: 13 November 2026

***Corresponding author**

1. Введение

Повышение физической работоспособности является актуальным вопросом практикующих специалистов, работающих со спортсменами разного возраста и уровня подготовки [1–3]. В настоящее время список не запрещенных к применению в спорте эргогенных средств и методов с доказанной эффективностью ограничен и включает в себя в том числе применение различных биологически активных добавок, прослушивание музыки, вербальное сопровождение, ингаляцию паров аммония и полоскание ротовой полости растворами с разными вкусовыми свойствами [4–8]. Однако до сих пор сохраняется дефицит исследований, изучающих безопасность и эффективность их применения среди юных спортсменов [9–11].

Одной из наиболее безопасных и при этом, по данным научных исследований, потенциально эффективных стратегий повышения работоспособности в детско-юношеском спорте можно считать полоскание ротовой полости углеводсодержащими растворами. Безопасность этой стратегии обеспечивается использованием привычных для людей любого возраста субстанций (чаще всего раствора мальтодекстрина), а также гарантированным отсутствием системного эффекта, которое обеспечивается сплевыванием раствора после окончания полоскания [12, 13]. Потенциальные эффекты полоскания ротовой полости углеводсодержащим раствором связаны со взаимодействием входящих в состав раствора углеводов с рецепторами в ротовой полости, имеющими проекционные связи с отделами головного мозга, ответственными за вознаграждение и моторный контроль, и их активацией [14, 15]. Необходимо отметить, что, согласно имеющимся данным, важными факторами, оказывающими влияние на выраженность эргогенного действия данного метода, являются углеводный статус спортсмена и степень утомления, которые не всегда учитываются в процессе исследования [8, 16].

По данным систематических обзоров и метаанализов, полоскание ротовой полости углеводсодержащим раствором может позитивно влиять на скоростно-силовые

показатели и мышечную выносливость [17, 18]. Однако данные результаты были получены преимущественно в отношении спортсменов из индивидуальных видов спорта, а применение данной методики осуществлялось перед началом выполнения тестирований в условиях, когда участников нельзя было считать утомленными. В то же время в отношении эффективности полоскания ротовой полости углеводсодержащим раствором при его применении в командных видах спорта, в частности в футболе, или при выполнении спортспецифичных для футбола тестирований, в том числе теста на способность к повторным спринтам (repeat sprint ability test, RSAT), данные ограниченны [8]. В связи с этим представляет практический интерес изучение эффективности и безопасности полоскания ротовой полости углеводсодержащим раствором на фоне утомления в отношении различных параметров скоростной выносливости у юных футболистов.

Цель исследования — оценка эффективности и безопасности применения полоскания ротовой полости углеводсодержащим раствором на фоне утомления в отношении различных параметров скоростной выносливости у юных футболистов

2. Материалы и методы

Участники

В рандомизированном контролируемом исследовании приняли участие 60 юных футболистов (возраст — 17,86 ± 0,57 года, рост — 179,47 ± 6,30 см, масса тела — 74,23 ± 7,17 кг, индекс массы тела (ИМТ) — 23,02 ± 1,45 кг/м^2), воспитанников ведущей футбольной академии России. Все участники являлись полевыми игроками и проводили не менее пяти организованных тренировок по футболу в неделю. За 48 часов до начала исследования у участников не было интенсивных тренировок (два дня отдыха или один день отдыха и один день легкой тренировки), и их просили воздержаться от применения любых эргогенных средств в течение 24 часов до исследования. Всем участникам были даны рекомендации следовать своему привычному рациону питания и принять стандартный завтрак не менее чем за три часа до начала исследования.

Критерии исключения: отказ от участия в исследовании на любом из его этапов; интенсивная тренировка менее чем за 48 часов до начала исследования; получение травмы, не позволяющей полноценно закончить участие в исследовании; прием любых эргогенных субстанций или психоактивных веществ за 24 часа до начала исследования; аллергия и/или непереносимость веществ, используемых для приготовления растворов, а также наличие в анамнезе нежелательных явлений, связанных с их употреблением; верифицированные нарушения вкусовосприятия.

Экспериментальный дизайн

Все участники были рандомизированы со стратификацией по результатам последнего физического тестирования в две группы:

— группа I (n = 30, средний возраст — 17,88 ± 0,69 года, рост — 179,27 ± 6.22 см, масса тела — 74,34 ± 8,15 кг, ИМТ — 23,09 ± 1,70 кг/м^2): полоскание ротовой полости 6% раствором мальтодекстрина с последующим сплевыванием в процессе выполнения RSAT;

— группа II (n = 30, средний возраст — 17,84 ± 0,46 года, рост — 179,67 ± 6,60 см, масса тела — 74,13 ± 6,33 кг, ИМТ — 22,94 ± 1,19 кг/м^2): полоскание ротовой полости раствором плацебо с последующим сплевыванием в процессе выполнения RSAT.

Результаты тестирования, использованные в процессе стратификации были получены в ходе тестирования с использованием аналогичной батареи тестов, проведенного не позднее 3 месяцев до начала исследования. Сформированные в процессе рандомизации группы не имели значимых различий в возрасте (p = 0,9) и антропометрических показателях (p > 0,05).

Перед RSAT участники выполнили привычную разминку под руководством тренера, а также прошли батарею тестирований спортспецифичных навыков, состоящую из спринта на 30 метров, прыжка с противодвижением (countermovement jump, CMJ), бега со сменой направления, дриблинга, Т-теста. Во всех тестах, кроме CMJ, выполнялось 2 попытки, отдых между ними составлял 120 секунд. CMJ был представлен тремя последовательными прыжками, между которыми проходило не более 5 секунд, необходимых для стабилизации тела после приземления и возвращения в стартовую позицию. Использование данной последовательности проведения тестирований позволило оценить влияние полоскания ротовой полости на способность к повторным спринтам при наличии предварительного утомления.

После окончания выполнения Т-теста участники отдыхали в течение 2 минут, во время которых происходила регистрация частоты сердечных сокращений (ЧСС) и измерение уровня воспринимаемой нагрузки. После отдыха участники приступали к RSAT (6 × 40 метров): шесть спринтов, каждый спринт представляет собой 20 метров в одну сторону с последующей сменой направления на 180° и финишем в месте старта, отдых между спринтами составлял 25 секунд.

Полоскание ротовой полости углеводсодержащим раствором или раствором плацебо с последующим сплевыванием осуществлялось в течение 10 секунд за минуту до первого спринта RSAT и во время перерывов после 2 и 4 спринтов. После окончания RSAT каждый из участников находился под наблюдением координаторов в течение 5 минут, на протяжении которых регистрировалась ЧСС и измерялся уровень воспринимаемой нагрузки. Участники были проинструктированы о необходимости выполнения всех тестов с максимальным усилием, вербальное сопровождение со стороны координаторов исследования и тренеров во время тестирования не осуществлялось. Все участники были знакомы с тестированиями и ранее выполняли их с периодичностью один раз в четыре месяца.

Все тестирования выполнялись в закрытом помещении с 10:00 до 12:20 (температура 16–18 °C, влажность воздуха 70 %) на привычном участникам искусственном футбольном покрытии. Участники были одеты в свою стандартную тренировочную одежду (шорты, футболка и бутсы). Во время проведения разминки и тестирований участникам запрещалось употреблять жидкость.

Анализируемые параметры

Время спринтов фиксировалось при помощи системы хронометража SmartSpeed Plus (VALD Performance, Австралия). По результатам RSAT оценивались среднее время всех отрезков ($RSAT_{mean}$), время лучшего и худшего отрезков ($RSAT_{best}$ и $RSAT_{worst}$ соответственно), индекс усталости (fatigue index, FI) и процентное снижение результата (percentage decrement score, Sdec).

В качестве маркеров переносимости нагрузки были использованы интенсивность мышечной болезненности, уровень воспринимаемой нагрузки и ЧСС. Интенсивность мышечной болезненности оценивалась посредством балльной визуально аналоговой шкалы (ВАШ), на которой участники отмечали ее интенсивность перед RSAT и после него ($ВАШ_1$), а также через 24 часа после окончания исследования ($ВАШ_2$). Уровень воспринимаемой нагрузки оценивался с использованием шкалы Борга 1–10 перед RSAT и через 5 минут после его окончания. ЧСС регистрировалась с использованием нагрудного пульсометра Polar H10 (Polar Electro, Финляндия). Для анализа использовались ЧСС до начала RSAT ($ЧСС_1$), средняя и максимальная ЧСС в процессе RSAT, ЧСС сразу после окончания RSAT ($ЧСС_2$), ЧСС спустя две минуты пассивного отдыха ($ЧСС_3$) и ЧСС восстановления, рассчитанная как разность между $ЧСС_2$ и $ЧСС_3$.

Раствор для полоскания ротовой полости

В качестве плацебо использовался раствор, приготовленный путем смешивания натурального пищевого ароматизатора со вкусом апельсина с водой (0 ккал на 100 мл). В качестве углеводного напитка использовался раствор, содержащий 6 % мальтодекстрина, используемый ранее в исследовании Oliveira и соавт. [19]. Раствор был приготовлен путем смешивания 64 граммов мальтодекстрина с 1000 мл воды (24,1 ккал на 100 мл) и идентичным пищевым натуральным ароматизатором со вкусом апельсина.

Для полоскания использовались 25 миллилитров раствора, температура всех растворов перед употреблением всегда соответствовала 20–22 градусам по Цельсию.

Оценка возникновения нежелательных реакций

Для оценки возникновения нежелательных реакций использовалась анкета, ранее применяемая в исследованиях перорального применения углеводов среди спортсменов [13]. Анкета включала в себя распространенные симптомы со стороны ЖКТ: вздутие живота, метеоризм, частые позывы к дефекации, спазм, боль, диарея. Всем участникам были разъяснены в доступной форме перечисленные выше симптомы и предоставлена памятка с их описанием. Также был введен отдельный пункт анкеты — «Другие симптомы, в том числе не связанные с ЖКТ» — для возможности участниками описать возникновение каких-либо других нежелательных явлений после применения изучаемых растворов. Данные об отсутствии или наличии симптомов, возникших в течение суток после исследования, фиксировались участниками в анкете, сбор которой осуществлялся по истечении этого срока.

Антропометрические измерения

Для измерения роста использовался переносной стадиометр Seca-217 (Seca, Германия), установленный на ровной твердой поверхности. Оценка роста участников производилась в строгом соответствии с правилами Международного общества кинантропометрии сертифицированным специалистом первого уровня. Для измерения массы использовались напольные весы Seca-813 (Seca, Германия). Во время антропометрических измерений на участниках были только шорты и футболка.

Статистический анализ

Статистический анализ был выполнен с использованием Python 3.11.13 и библиотек numpy 2.3.3, pandas 2.3.3, scipy 1.16.2, statsmodels 0.14.6, matplotlib 3.10.8 и openpyxl 3.1.5. Непрерывные переменные представлены как среднее ± стандартное отклонение (SD). 95 % доверительные интервалы (ДИ) для средних значений рассчитывались с использованием *t*-распределения при условии $n \geq 2$ и $SD > 0$. Бинарные нежелательные явления представлены как *n* (%).

Первичной конечной точкой эффективности было среднее время спринтов в RSAT. Эффект между группами параметризовался как Группа I — Группа II. Для каждой непрерывной конечной точки (показатели RSAT и переносимости нагрузки) межгрупповые различия оценивались с помощью линейных моделей с робастными стандартными ошибками, устойчивыми к гетероскедастичности. Модели имели вид: $Y = \beta0 + \beta1*Группа + \beta2*Возраст + \beta3*ИМТ + \epsilon$, где $\beta1$ оценивает скорректированную разницу Группа I — Группа II с робастным 95 % ДИ и *p*-значением. Возраст и ИМТ были включены для повышения точности и учета межиндивидуальных различий, значимых для спринтерской производительности и физиологических реакций.

Нежелательные реакции, закодированные как бинарные переменные, анализировались с помощью точного критерия Фишера и суммировались через разность рисков и отношение рисков (ОР) с 95 % ДИ (при расчете ОР применялась поправка на непрерывность при необходимости). Если события не происходили ни в одной из групп, эффекты считались неоцениваемыми и не включались в анализ.

Этический комитет

Данное исследование проведено в соответствие с Хельсинской декларацией и было одобрено локальным этическим комитетом Сеченовского университета (№ 18–24, от 18.07.2024 г.). Всем участникам и их законным представителям было рассказано о возможных рисках и правилах публикации результатов исследования. Перед началом исследования участники и их законные представители предоставили информированное добровольное согласие на участие в исследовании.

3. Результаты

Влияние полоскания ротовой полости углеводсодержащим раствором на способность к повторным спринтам

Группа I продемонстрировала лучшую производительность в RSAT по показателям среднего времени спринтов ($RSAT_{mean}$) и времени худшего спринта ($RSAT_{worst}$) (табл. 2). Скорректированная разница между группами I и II составила –0,19 сек. (95 % ДИ от –0,33 до –0,05, $p < 0,01$) и –0,13 сек. (95 % ДИ от –0,42 до –0,04, $p = 0,02$) в отношении $RSAT_{mean}$ и $RSAT_{worst}$, соответственно. При этом показатели усталости (FI и Sdec) значимых различий между группами не имели (табл. 1).

Влияние полоскания ротовой полости углеводсодержащим раствором на показатели внутренней нагрузки

Перед началом выполнения RSAT группы не имели значимых различий по показателям мышечной болезненности ($p = 0,26$), уровню воспринимаемой нагрузки ($p = 0,28$) и ЧСС ($p = 0,83$).

Были обнаружены тенденции к снижению уровня воспринимаемой нагрузки (группа I — 6,93 ± 1,53; группа II — 7,77 ± 1,13, $p = 0.07$) и интенсивности мышечной болезненности ($p = 0,06$) после RSAT в группе I (табл. 2). В отношении интенсивности мышечной болезненности спустя 24 часа после исследования (табл. 2), а также показателей ЧСС, регистрируемых в процессе RSAT и после него, значимых различий обнаружено не было (табл. 3).

Нежелательные реакции

Среди всех участников исследования нежелательные реакции наблюдались у шестерых из них. У четырех участников сразу после окончания тестирований отмечалась тошнота (два участника из группы I и два участника из группы II), а еще у двух участников (из группы II) отмечалась рвота, которая развилась сразу после окончания нагрузки. При сравнении частоты развития нежелательных реакций между группами значимых различий обнаружено не было. В отношении остальных нежелательных реакций ни одного случая возникновения зафиксировано не было.

4. Дискуссия

В проведенном исследовании была оценена эффективность и безопасность полоскания ротовой полости углеводсодержащим раствором у юных футболистов на фоне предварительного утомления. В результате было продемонстрировано, что полоскание ротовой полости углеводсодержащим раствором перед началом

Таблица 1

Влияние полоскания ротовой полости углеводсодержащим раствором на способность к повторным спринтам

Table 1

Effect of carbohydrate mouth rinsing on repeated-sprint ability

Параметр	Группа I	Группа II	p
$RSAT_{mean}$ (сек.)	7,13 ± 0,18	7,32 ± 0,18	< 0,01
$RSAT_{best}$ (сек.)	6,83 ± 0,20	6,96 ± 0,19	0,10
$RSAT_{worst}$ (сек.)	7,39 ± 0,21	7,61 ± 0,30	0,02
FI	8,14 ± 3,43	9,38 ± 4,35	0,42
Sdec	4,31 ± 1,62	5,10 ± 2,43	0,35

Таблица 2

Влияние полоскания ротовой полости углеводсодержащим раствором на интенсивность мышечной болезненности

Table 2

Effect of carbohydrate mouth rinsing on the intensity of muscle soreness

Параметр	Группа I	Группа II	p
$ВАШ_1$	3,53 ± 1,92	4,97 ± 1,88	0,06
$ВАШ_2$	4,00 ± 1,73	3,87 ± 1,46	0,83

Sports Medicine: research and practice

Таблица 3

Влияние полоскания ротовой полости углеводсодержащим раствором на частоту сердечных сокращений

Table 3

Effect of carbohydrate mouth rinsing on heart rate

Параметр	Группа I	Группа II	p
ЧСС$_2$ (уд/мин)	190,40 ± 8,01	189,27 ± 8,29	0,66
ЧСС$_3$ (уд/мин)	141,67 ± 13,84	143.53 ± 14,28	0,84
ЧСС восстановления (уд/мин)	48,73 ± 10,57	45.73 ± 13,71	0,59
Максимальная ЧСС (уд/мин)	193,60 ± 8,01	191.07 ± 7,93	0,37
Средняя ЧСС (уд/мин)	177,80 ± 11,16	176.47 ± 10,26	0,69

и в процессе выполнения RSAT значимо улучшает среднее время спринтов и время худшего спринта, не оказывает значимого влияния на уровень воспринимаемой нагрузки, ЧСС и интенсивность мышечной болезненности, а также не сопровождается статистически значимым увеличением частоты возникновения нежелательных реакций со стороны ЖКТ или иных нежелательных явлений по сравнению с плацебо.

Данное исследование является одним из первых, в котором была произведена оценка эффективности и безопасности применения полоскания ротовой полости углеводсодержащим раствором с целью улучшения способности к повторным спринтам у юных представителей командных видов спорта. Ранее в исследовании Bortolotti и соавт. с участием юных футболистов в возрасте 15,0 ± 1,5 года было продемонстрировано, что полоскание ротовой полости 6% раствором мальтодекстрина перед началом выполнения RSAT (6 спринтов по 40 метров с отдыхом 20 секунд) не оказывает значимого влияния на среднее время спринтов, индекс усталости и время лучшего спринта [20]. Аналогичные результаты в отношении влияния полоскания ротовой полости углеводсодержащим раствором на способность к повторным спринтам были получены в исследованиях с участием взрослых игроков в футзал [19, 21, 22]. Однако стоит отметить, что в данных исследованиях полоскание осуществлялось непосредственно перед началом выполнения RSAT без предварительного утомления. При этом по данным Bezuglov и соавт. именно наличие утомления может являться значимым фактором, определяющим эргогенный эффект данного метода [8].

Данное исследование имеет ряд ограничений. Во-первых, отсутствие контрольной сессии для участников исследования. Однако при разделении участников на экспериментальные группы была проведена рандомизация со стратификацией по результатам предыдущего тестирования с использованием аналогичной батареи тестов. Во-вторых, в исследовании не проводился контроль углеводного статуса спортсмена, который также может оказывать потенциальное влияние на эффективность полоскания ротовой полости углеводсодержащим раствором [16] и должен оцениваться при проведении будущих исследований.

Помимо этого, будущие исследования должны включать участников женского пола и физические тестирования, выполняемые «до отказа», например тесты Yo-Yo, или различные модификации RSAT с большим количеством спринтов. Также необходимо объективизировать степень предварительного утомления, при которой от использования полоскания ротовой полости углеводсодержащим раствором может развиваться максимальный эффект.

5. Заключение

Полоскание ротовой полости 6% раствором мальтодекстрина на фоне предварительного утомления значимо улучшает физическую работоспособность в тесте на способность к повторным спринтам у юных футболистов и не сопровождается возникновением дискомфорта со стороны желудочно-кишечного тракта или других нежелательных реакций. Полученные данные позволяют обоснованно рассматривать использование данного метода в детско-юношеском спорте в качестве дополнительного метода повышения работоспособности.

Вклад авторов:

Кузнецова Юлия Вадимовна — разработка дизайна исследования, анализ полученных данных, написание окончательной версии текста.

Насрулаев Марат Назимович — сбор первичных данных.

Булгакова Варвара Викторовна — сбор первичных данных.

Абрамян Екатерина Леонидовна — анализ литературы, сбор первичных данных.

Капралова Елизавета Сергеевна — разработка дизайна исследования, написание и редактирование текста.

Author contributions:

Yulia V. Kuznetsova — development of the study design, analysis of the obtained data, writing the final version of the text.

Marat N. Nasrulaev — collection of primary data.

Varvara V. Bulgakova — collection of primary data.

Ekaterina L. Abramyan — literature review, collection of primary data.

Elizaveta S. Kapralova — development of the study design, writing and editing of the text.

Рудякова Елизавета Александровна — сбор первичных данных.

Кивгазов Кирилл Сергеевич — организация и поведение тестирований, сбор первичных данных.

Вахидов Тимур Маратович — разработка дизайна исследования, анализ полученных данных, написание окончательной версии текста.

Elizaveta A. Rudyakova — collection of primary data.

Kirill S. Kivgazov — organization and conduct of testing, collection of primary data.

Timur M. Vakhidov — development of the study design, analysis of the obtained data, writing the final version of the text.

Список литературы / References

1. **Коростелева М.М., Кобелькова И.В., Ханферьян Р.А.** Нутритивная поддержка в спорте: Часть I. Роль макронутриентов в повышении выносливости спортсменов (обзор зарубежной литературы). Спортивная медицина: наука и практика. 2020;10(3):18–26. [**Korosteleva M.M., Kobelkova I.V., Khanferyan R.A.** Nutritional support in sports: Part I. The role of macronutrients in increasing of endurance of athletes (review of foreign literature). Sports medicine: research and practice. 2020;10(3):18–26 (In Russ.)]. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2020.3.18

2. **Королева Е.Д., Бутовский М.С., Малякин Г.И., Лазарев А.М., Телышев Д.В., Вахидов Т.М.** Распространенность употребления алкоголя и предтренировочного кофеина и их влияние на травматизм и нарушения сна среди элитных молодых футболистов. Спортивная медицина: наука и практика. 2023;13(2):5–12. [**Koroleva E.D., Butovskiy M.S., Malyakin G.I., Lazarev A.M., Telyshev D.V., Vakhidov T.M.** The prevalence of alcohol and pre-workout caffeine consumption and their effect on injuries and sleep disorders in young elite soccer players. Sports medicine: research and practice. 2023;13(2):5–12. (In Russ.)]. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.2.4

3. **Kerksick C.M., Wilborn C.D., Roberts M.D., Smith-Ryan A., Kleiner S.M., Jäger R., Collins R., Cooke M., Davis J.N., Galvan E., Greenwood M., Lowery L.M., Wildman R., Antonio J., Kreider R.B.** ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. J. Int. Soc. Sports Nutr. 2018;15(1):38. https://doi.org/10.1186/s12970-018-0242-y

4. **Abreu R., Oliveira C.B., Costa J.A., Brito J., Teixeira V.H.** Effects of dietary supplements on athletic performance in elite soccer players: a systematic review. J. Int. Soc. Sports Nutr. 2023;20(1):2236060. https://doi.org/10.1080/15502783.2023.2236060

5. **Bezuglov E., Vakhidov T., Kapralova E., Malyakin G., Vinogradov M., Chyogin S., Butovskiy M.** Music as an ergogenic aid in team sports: a systematic review. Front. Sports Act. Living. 2025;7:1514756. https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1514756

6. **Рыбакова П.Д., Мештель А.В., Мирошников А.Б., Антонов А.Г., Выборнов В.Д.** Влияние биологически активной добавки кофеина на работоспособность спортсменов-единоборцев: систематический обзор и метаанализ. Спортивная медицина: наука и практика. 2025;15(2):41–57. [**Rybakova P.D., Meshtel A.V., Miroshnikov A.B., Antonov A.G., Vybornov V.D.** The effect of caffeine supplementation on the performance in combat athletes: A systematic review and meta-analysis. Sports medicine: research and practice. 2025;15(2):41–57. (In Russ.)]. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.2.1

7. **Bezuglov E., Achkasov E., Vakhidov T., Kapralova E., Malyakin G., Lebedenko E., Frolov V., Butovskiy M., Etemad Arroyo O.** Ammonia inhalation for enhancing physical performance and exercise tolerance in physically active individuals and athletes: a systematic review. Retos. 2025;68:851–861. https://doi.org/10.47197/retos.v68.112376

8. **Bezuglov E., Achkasov E., Vakhidov T., Kapralova E., Kuznetsova Y., Manina M., Erdes S.** Mouth rinsing with solutions of different tastes as an ergogenic aid in team sports: a systematic review. Sport Sci. Health. 2026;22(1):60. https://doi.org/10.1007/s11332-026-01661-5

9. **Everett S.** Optimizing Performance Nutrition for Adolescent Athletes: A Review of Dietary Needs, Risks, and Practical Strategies. Nutrients. 2025;17(17):2792. https://doi.org/10.3390/nu17172792

10. **Вахидов Т.М., Капралова Е.С., Малякин Г.И., Королева Е.Д., Баранова Д.С., Безуглов Э.Н.** Эффект однократного применения высоких доз кофеина на время зрительной реакции юных элитных футболистов в покое и на фоне физической нагрузки разной интенсивности. Спортивная медицина: наука и практика. 2024;14(3):35–45. [**Vakhidov T.M., Kapralova E.S., Malyakin G.I., Koroleva E.D., Baranova D.S., Bezuglov E.N.** The effect of a single high dose of caffeine on the visual reaction time of young elite soccer players at rest and during varying intensities of physical activity. Sports medicine: research and practice. 2024;14(3):35–45. (In Russ.)]. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2024.3.7

11. **Bezuglov E., Vakhidov T., Morgans R., Malyakin G., Emanov A., Koroleva E., Kapralova E., Talibov O.** Caffeine Effects on Physical Performance and Sport-Specific Skills in Elite Youth Soccer Players: A Randomised Trial Using the Balanced Placebo Design. Sports. 2025;13(4):106. https://doi.org/10.3390/sports13040106

12. **Burke L.M., Maughan R.J.** The Governor has a sweet tooth — Mouth sensing of nutrients to enhance sports performance. Eur. J. Sport Sci. 2015;15(1):29–40. https://doi.org/10.1080/17461391.2014.971880

13. **Arthur C.C., Assis E.S.M.D., Porto Pereira Y.F., Drummond M.D.M.** Effects of Carbohydrate Mouth Rinse on Gastrointestinal Disorders in Triathletes. Lecturas: Educación Física Y Deportes. 2024;28(308):102–115. https://doi.org/10.46642/efd.v28i308.7107

14. **Chambers E.S., Bridge M.W., Jones D.A.** Carbohydrate sensing in the human mouth: effects on exercise performance and brain activity. J. Physiol. 2009;587(8):1779–1794. https://doi.org/10.1113/jphysiol.2008.164285

15. **Frank G.K.W., Oberndorfer T.A., Simmons A.N., Paulus M.P., Fudge J.L., Yang T.T., Kaye W.H.** Sucrose activates human taste pathways differently from artificial sweetener. Neuroimage. 2008;39(4):1559–1569. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.10.061

16. **Deng H., Fan X., Liu P., Song T., Ahmad Fuaad A.A., Bin Mohd Nasiruddin N.J.,** Bin **Naharudin M.N.** Fed, not fasted: is carbohydrate mouth rinsing still ergogenic? A three-level meta-analysis. J. Int. Soc. Sports Nutr. 2025;22(1):2579027. https://doi.org/10.1080/15502783.2025.2579027

17. **Hartley C., Carr A., Bowe S.J., Bredie W.L.P., Keast R.S.J.** Maltodextrin-Based Carbohydrate Oral Rinsing and Exercise Performance: Systematic Review and Meta-Analysis. Sports Med. 2022;52(8):1833–1862. https://doi.org/10.1007/s40279-022-01658-3

18. **Brietzke C., Franco-Alvarenga P.E., Coelho-Júnior H.J., Silveira R., Asano R.Y., Pires F.O.** Effects of Carbohydrate Mouth Rinse on Cycling Time Trial Performance: A Systematic Review

and Meta-Analysis. Sports Med. 2019;49(1):57–66. https://doi.org/10.1007/s40279-018-1029-7

19. **Oliveira J.J.D., Verlengia R., Barbosa C.G.R., Sindorf M.A.G., Rocha G.L. d., Lopes C.R., Crisp A.H.** Effects of post-activation potentiation and carbohydrate mouth rinse on repeated sprint ability. Journal of Human Sport and Exercise. 2019;14(1). https://doi.org/10.14198/jhse.2019.141.13

20. **Bortolotti H., Oliveira R.S., Cyrino E.S., Altimari L.R.** Enxágue bucal com carboidrato não melhora o desempenho em sprints repetidos. Rev. Bras. Cineantropom. Desempenho Hum. 2013;15(6):639–645. https://doi.org/10.5007/1980-0037.2013v15n6p639

21. **Gough L.A., Faghy M., Clarke N., Kelly A.L., Cole M., Lun Foo W.** No independent or synergistic effects of carbohydrate-caffeine mouth rinse on repeated sprint performance during simulated soccer match play in male recreational soccer players. Sci. Med. Footb. 2022;6(4):519–527. https://doi.org/10.1080/24733938.2021.2021277

22. **De Oliveira J., de Souza Salles A., Reis Barbosa C., de Oliveira Silva J., de Melo Dias R., Silva Vilela Ribeiro A., Vieira Lacerda F., da Silva J.,** de Souza e **Silva A.** Effect of Post-Activation Potentiation and Carbohydrate Mouth Rise on Repeated Sprint Ability in University Futsal Players. Journal of Exercise Physiology Online. 2020;23(2):29–40. Available at: https://www.asep.org/asep/JEPonlineAPRIL2020_Oliveira.pdf

Информация об авторах:

Кузнецова Юлия Вадимовна, врач-педиатр ФГБУ «Национальный центр спортивной медицины федерального медико-биологического агентства» ФМБА России, Россия, 121059, Москва, Большая Дорогомиловская ул., д. 5. ORCID: https://orcid.org/0009-0008-2406-5542 (2250019@mail.ru)

Насрулаев Марат Назимович, врач-физиотерапевт АО «Профессиональный футбольный клуб ЦСКА», Россия, 125252, Москва, 3-я Песчаная ул., д. 2а. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7123-7054 (marathenasrulaev@yandex.ru)

Булгакова Варвара Викторовна, студент Института клинической медицины им. Н.В. Склифосовского, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119435, Москва, ул. Большая Пироговская, 2, стр. 9. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4578-6874 (varya.bulgakova.02@gmail.com)

Абрамян Екатерина Леонидовна, студент Института клинической медицины им. Н.В. Склифосовского, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119435, Москва, ул. Большая Пироговская, 2, стр. 9. ORCID: https://orcid.org/0009-0008-3431-5373 (abramyan30@mail.ru)

Капралова Елизавета Сергеевна, врач-исследователь АО «Футбольный клуб "Динамо-Москва"», АО «Футбольный клуб "Динамо-Москва"», Россия, 125167, Москва, Ленинградский пр-т, д. 36, этаж 3, помещ. 198. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8101-5949 (kapralovaeliz@gmail.com)

Рудякова Елизавета Александровна, врач-ординатор Института клинической медицины им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119435, Москва, ул. Большая Пироговская, 2, стр. 9. ORCID: https://orcid.org/0009-0006-9475-279X (doc.rudyakova@gmail.com)

Кивгазов Кирилл Сергеевич, тренер по физической подготовке АО «Профессиональный футбольный клуб ЦСКА», Россия, 125252, Москва, 3-я Песчаная ул., д. 2а. ORCID: https://orcid.org/0009-0008-5907-8319 (kivgaz97@mail.ru)

Вахидов Тимур Маратович, член тестирующей группы АО «Профессиональный футбольный клуб ЦСКА», Россия, 125252, Москва, 3-я Песчаная ул., д. 2а; врач-ординатор ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, Россия, 121099, Москва, ул. Новый Арбат, д. 32. ORCID: https://orcid.org/0009-0002-4899-4940 (vakhidovt@yandex.ru)

Information about the authors

Yulia V. Kuznetsova, pediatrician at National Center of Sports Medicine of the Federal Medical and Biological Agency of FMBA of Russia, 5 Bolshaya Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, Russia. ORCID: https://orcid.org/0009-0008-2406-5542 (2250019@mail.ru)

Marat N. Nasrulaev, physiotherapist at Professional Football Club "CSKA", 2A 3rd Peschanaya str., Moscow, 125252, Russia. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7123-7054 (marathenasrulaev@yandex.ru)

Varvara V. Bulgakova, student at the N.V. Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 2, bldg. 9 Bolshaya Pirogovskaya str., Moscow, 119435, Russia. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4578-6874 (varya.bulgakova.02@gmail.com)

Ekaterina L. Abramyan, student at the N.V. Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 2, bldg. 9 Bolshaya Pirogovskaya str., Moscow, 119435, Russia. ORCID: https://orcid.org/0009-0008-3431-5373 (abramyan30@mail.ru)

Elizaveta S. Kapralova, research physician at Football "Club Dynamo-Moscow", 36, floor 3, room 198 Leningradsky Prospekt, Moscow, 125167, Russia. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8101-5949 (kapralovaeliz@gmail.com)

Rudyakova Elizaveta A., resident physician at the N.V. Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 2, bldg. 9 Bolshaya Pirogovskaya str., Moscow, 119435, Russia. ORCID: https://orcid.org/0009-0006-9475-279X (doc.rudyakova@gmail.com)

Kirill S. Kivgazov, physical training coach at Professional Football Club "CSKA", 2A 3rd Peschanaya str., Moscow, 125252, Russia. ORCID: https://orcid.org/0009-0008-5907-8319 (kivgaz97@mail.ru)

Timur M. Vakhidov, member of the testing group at Professional Football Club "CSKA", 2A 3rd Peschanaya str., Moscow, 125252, Russia; resident physician at National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, 32 Novy Arbat str., Russia, 121099, Moscow. ORCID: https://orcid.org/0009-0002-4899-4940 (vakhidovt@yandex.ru)

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Спортивная Медицина: наука и практика

https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.2.10

УДК: 61:612.821

Тип статьи:

Check for updates

CC BY 4.0

Применение биологической обратной связи по параметрам электроэнцефалографии (ЭЭГ-БОС) в спорте

А.В. Бердникова[1,2,], В.Н. Новиков[1]*

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

[2] *SMART RECOVERY (ООО «СМАРТ РЕКАВЕРИ»), Москва, Россия*

РЕЗЮМЕ

Цель. Анализ информации о применении биологической обратной связи по энцефалографии (ЭЭГ-БОС) в спорте.

Методы. Поиск научных публикаций на русском и английском языках в крупных международных и российских базах данных с использованием ключевых слов за период с 2010 по 2025 г.

Результаты. Одним из широко распространенных способов, используемых для немедикаментозной коррекции психологической устойчивости и навыков управления стрессом, является биологическая обратная связь (БОС), преимущественно проводимая по параметрам электроэнцефалографии (ЭЭГ-БОС). Основные методики ЭЭГ-БОС включают в себя тренинги по альфа-ритму, сенсомоторному ритму, среднелобному тета-ритму и смешанные тренинги на основе бета-ритма. Использование ЭЭГ-БОС позволяет спортсменам освоить навыки релаксации, улучшить концентрацию, оптимизировать управление ритмами головного мозга, что потенциально может приводить к повышению спортивной успешности.

Заключение. Методики ЭЭГ-БОС имеют высокий потенциал в отношении обучения управлению физиологическим состоянием организма и поддержания ментального здоровья спортсменов. Однако дефицит исследований высокого методологического качества и единых протоколов применения, а также индивидуальные особенности, связанные как непосредственно с конкретными видами спорта, так и с личностными характеристиками, не позволяют делать однозначные выводы. Применение ЭЭГ-БОС требует персонализированного подхода на основе комплексной физиологической и психологической оценки спортсмена.

Ключевые слова: биологическая обратная связь, БОС-терапия, ЭЭГ-БОС, спортивная результативность, ментальное здоровье, релаксация

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Бердникова А.В., Новиков В.Н. Применение биологической обратной связи по параметрам электроэнцефалографии (ЭЭГ-БОС) в спорте. Спортивная медицина: наука и практика. 2026;16(2):77–86. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.2.10

Поступила в редакцию: 20.01.2026
Принята к публикации: 21.08.2026
Online first: 03.11.2026
Опубликована: 13.11.2026

* **Автор, ответственный за переписку**

Sports Medicine: research and practice

The use of biofeedback based on electroencephalography parameters (EEG-biofeedback) in sports

Anna V. Berdnikova[1,2,], Viacheslav N. Novikov[1]*

[1] *First Sechenov Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia*

[2] *SMART RECOVERY (LLC "SMART RECOVERY"), Moscow, Russia*

ABSTRACT

The aim of this narrative review is to analyze the use of neurobiofeedback in sports.

Methods. A search of the literature was carried out using major international and Russian databases with relevant keywords for the period from 2010 to 2025.

Results. The development of psychological resilience and stress management skills are critical for achieving peak performance in professional sports. One of the widely used methods for non-pharmacological correction of these indicators is biofeedback therapy, predominantly carried out according to electroencephalography (neurobiofeedback). The main neurofeedback methods include training in alpha rhythm, sensorimotor rhythm, frontal midline theta rhythm and mixed training based on beta rhythm. The use of neurobiofeedback allows athletes to master relaxation skills, improve concentration, and learn to control brain rhythms, which leads to increased athletic performance.

Conclusion. Neurobiofeedback techniques demonstrate high potential for training physiological self-regulation and supporting athletes' mental health. However, the lack of large-scale studies and standardized protocols, as well as individual differences related both to specific sports disciplines and to personal characteristics, prevents definitive conclusions. The application of neurobiofeedback requires a personalized approach based on comprehensive physiological and psychological assessment of the athlete.

Keywords: biofeedback, neurobiofeedback, sport performance, mental health, relaxation

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

For citation: Berdnikova A.V., Novikov V.N. The use of biofeedback based on electroencephalography parameters (EEG-biofeedback) in sports. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* (*Sports medicine: research and practice*). 2026;16(2):77–86. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.2.10

Received: 20 January 2026
Accepted: 21 August 2026
Online first: 03 November 2026
Published: 13 November 2026

***Corresponding author**

1. Введение

Биологическая обратная связь (БОС) — это широкий спектр методик, с помощью которых информация о различных физиологических процессах организма демонстрируется человеку в режиме реального времени. БОС позволяет тренировать произвольный контроль над данными процессами, что дает возможность улучшать как показатели здоровья, так и адаптационные механизмы и работоспособность. Физиологические параметры, которые можно контролировать с помощью БОС, включают в себя ритмы головного мозга, мышечное напряжение, деятельность сердечно-сосудистой системы, дыхание и температуру кожи [1]. В англоязычной литературе БОС-терапия по ритмам головного мозга обозначается как neurobiofeedback, тогда как остальные виды БОС-терапии объединены термином biofeedback [2]. В русскоязычной литературе принято обозначение по методикам проведения, например, БОС-терапия по мышечному напряжению обозначается как ЭМГ-БОС (электромиографическая биологическая обратная связь), по мозговым ритмам — ЭЭГ-БОС и так далее [3].

Методы БОС широко применяются как в клинической медицине и психиатрии для лечения отдельных заболеваний, так и с целью обучения управлением организмом у здоровых людей. Высокая эффективность БОС-терапии отмечена в терапии аффективных расстройств, синдрома дефицита внимания и гиперактивности, аддикций, хронических болевых синдромов, заболеваний, сопровождающихся мышечным напряжением, спастичности, расстройств урогенитального и желудочно-кишечного тракта. Для здорового человека на первое место выходят методики релаксации, повышения устойчивости к стрессу, укрепления адаптационных механизмов организма и увеличения концентрации внимания [2, 4].

Использование БОС-терапии в спорте предоставляет собой широкий спектр возможностей для неинвазивного воздействия на тренировочный процесс и спортивную успешность счет контроля и управления мышечной активностью и возможностью отработки правильной техники выполнения упражнений, а также влияния на различные психологические характеристики [5]. Большое внимание уделяется непосредственно ЭЭГ-БОС в связи с разнообразием корреляций между ментальным состоянием и ритмами мозговых волн, что позволяет влиять на разные аспекты спортивной успешности.

В настоящее время отсутствуют исследования высокого методологического качества, посвященные изучению применения ЭЭГ-БОС в спорте, а информация о практикуемых методиках тренингов и точках приложения в различных видах спорта содержится в отдельных небольших исследованиях, проведенных с использованием разнородных протоколов. Необходимо отметить, подобные ограничения в отношении ЭЭГ-БОС

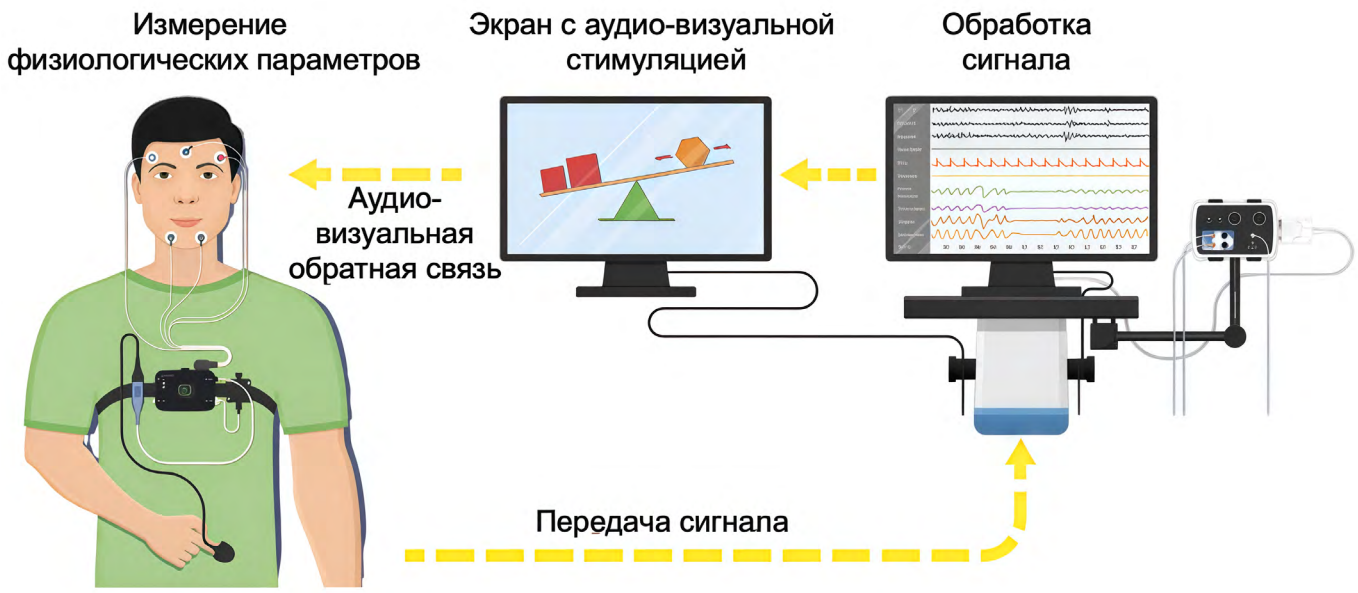


Рис. 1. Схема биологической обратной связи [15]
Fig. 1. Biofeedback scheme [15]

характерны не только для спортсменов, но и представителей общей популяции.

Целью данного повествовательного обзора стал анализ информации о возможностях и используемых модальностях ЭЭГ-БОС терапии в спорте.

2. Материалы и методы

Поиск публикаций на английском и русском языках проводился по базам данных PubMed, Google Scholar, Cochrane Library, eLibrary по ключевым словам: biofeedback, neurobiofeedback, heart rate variability biofeedback, biofeedback in sports, biofeedback in athletes, biofeedback training, биологическая обратная связь, БОС-терапия, БОС-терапия в спорте. Рассматривались исследования за последние 15 лет (фильтр по дате — с января 2010 г. по ноябрь 2025 г.).

3. Результаты

Повышение успешности на соревнованиях является ключевой целью для профессиональных спортсменов любого уровня. При этом негативное влияние на нее могут оказывать многочисленные факторы, связанные как состоянием опорно-двигательного аппарата, так и психоэмоциональными нарушениями [6, 7]. Важность тренировки навыков психологической устойчивости и управления стрессом для достижения максимальной результативности в спорте высших достижений признается многими исследователями [8, 9]. Olmedilla и соавт. в исследовании, проведенном среди футболистов, выделил страх неудачи, беспокойство из-за ожиданий окружающих, совершение ошибок, влияние СМИ и непредвиденные обстоятельства как ключевые источники стресса для спортсменов [10]. Вероятность выступлений спортсменов при оптимальном уровне стресса возрастают при их уверенности в своих целях и корректности подготовки к соревнованиям [8].

Существует мнение, что элитные спортсмены обладают естественной способностью противостоять стрессу, а сами спортсмены отмечают, что часто они ложно уверены в своей психологической устойчивости [6, 11]. Эти убеждения часто провоцируют спортсменов пренебрегать развитием ментальных навыков, что может обуславливать снижение результатов с последующим появлением подавленности и неуверенности, еще более негативно влияющие на спортивную успешность [6, 12]

В настоящее время основными методиками БОС-терапии, используемыми в профессиональном спорте, являются ЭЭГ-БОС (тренинг по ритмам головного мозга — коррекция психоэмоционального состояния), тренинг вариабельности сердечного ритма (коррекция психовегетативного состояния, устойчивости к стрессовым ситуациям), ЭМГ-БОС (тренинг опорно-двигательного аппарата и мышечной активности) и респираторный тренинг (формирование диафрагмально-релаксационного паттерна дыхания) [13, 14].

Ниже будут подробно рассмотрены техника проведения биологической обратной связи по электроэнцефалограмме (ЭЭГ-БОС) и конкретные методики ее проведения.

Общие правила проведения БОС-терапии

Система для проведения БОС-терапии состоит из нескольких компонентов (рис. 1). На теле добровольца размещаются электроды для измерения требуемых физиологических параметров в зависимости от выбранной методики (например, электроды для идентификации

Ритмы мозговых волн	Частота (Гц)	Состояние мозга	Электроэнцефалограмма
Дельта	1-4	глубокий сон	
Тета	4-8	сон, дремота; в лобных долях - концентрация внимания	
Альфа	8-13	расслабленное бодрствование	
Бета	13-30	умственная активность	
Гамма	>30	обработка информации на высоком уровне	

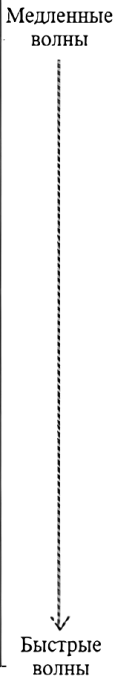




Рис. 2. Электрическая активность мозга
Fig. 2. Brain electrical activity

мозговых импульсов для ЭЭГ-БОС), далее информация проводным или беспроводным способом передается на компьютер с установленным программным обеспечением, в котором проводится обработка полученных импульсов. Данные отображаются в графическом формате на экране специалиста, проводится калибровка сигнала, оцениваются текущие возможности пациента и устанавливаются параметры проведения тренингов.

Для осуществления тренинга применяется технология игровой мотивации или использование аудиовизуальной стимуляции. Программа трансформирует регистрируемые физиологические сигналы в игровой интерфейс, который отображается на экране пациента. Пациент, контролируя заданные физиологические параметры, осуществляет управление игровым процессом, что позволяет ему обеспечивать корректность выполнения тренировочных заданий и осваивать целенаправленное управление тренируемыми физиологическими параметрами.

Например, при тренинге, направленном на повышение альфа-ритма, для обучения релаксации электроды накладываются на волосистую часть головы, специалистом устанавливается определенный порог, при котором программа будет считать показатели альфа-ритма достаточно выраженными для тренировки на данном этапе. Затем пациент закрывает глаза (так как максимальная выраженность альфа-ритма отмечается при отсутствии внешних зрительных стимулов) и включается аудиофайл, который воспроизводится в нормальном режиме при достижении полноценного альфа-ритма и становится зашумленным при отсутствии такового. Таким образом, при регулярном проведении тренингов происходит постепенное обучение нервной системы и достижение требуемых параметров с закреплением результата.

В то же время оптимальная длительность, количество и частота тренингов не являются строго фиксированными и зависят от конкретного тренинга и состояния пациента. В среднем продолжительность сеанса составляет 40–60 минут, при этом он может состоять как из одного тренинга, так и из нескольких. Оптимальная частота проведения сеансов составляет 2–3 раза в неделю, количество может варьироваться в пределах от 10 до 30, а курс может повторяться через 1–2 месяца [12].

ЭЭГ-БОС: общие данные

Проведение ЭЭГ-БОС позволяет в реальном времени определять показатели ритмов головного мозга и обучаться произвольному управлению ими. Известны следующие частоты ритмов мозговых волн: дельта (1–4 Гц), тета (4–8 Гц), альфа (8–13 Гц), бета (13–30 Гц) и гамма (> 30 Гц) (рис. 2). Быстрые ритмы ЭЭГ (бета и гамма) свидетельствуют об активации мозга, соответствующей

интенсивной умственной деятельности, а медленные ритмы (дельта и тета) — о минимальной произвольной концентрации умственной активности и состоянии сна. Промежуточный ритм (альфа-ритм), отражает особое состояние «расслабленного бодрствования» — его максимум наблюдается в задних отделах мозга в состоянии покоя при закрытых глазах [2, 16, 17].

Кроме этого, на границе альфа- и бета-ритма выделяется сенсомоторный ритм (диапазон частот 12–15 Гц), который является важнейшим компонентом моторного контроля, поддержания внимания и когнитивных процессов во время выполнения сложных двигательных действий [18].

При ЭЭГ-БОС в режиме реального времени проводится анализ энцефалограммы, что позволяет получить информацию об амплитуде активности в каждом из частотных диапазонов. После этого производится выбор частоты для проведения тренинга по произвольному управлению активностью мозга. При достижении должных изменений в структуре ЭЭГ (например, получении необходимых частот и поддержании мозговой активности в необходимом диапазоне) испытуемый получает вознаграждение в виде поощрительных сигналов и в течение курса обучается разработке стратегии для сознательного и произвольного изменения и саморегуляции электрической активности своего мозга [2].

Тренинг по альфа-ритму

Существует множество доказательств, подтверждающих положительную взаимосвязь между спортивными результатами и альфа-активностью головного мозга. Показано, что альфа-активность коррелирует с подавлением работы областей мозга, которые не требуются для реализации конкретного двигательного навыка, необходимого для достижения оптимальных спортивных результатов. Кроме этого, был подтвержден положительный эффект альфа-тренинга не только в отношении уменьшения среднего времени и повышения точности выполнения простых когнитивных задач, но и на сложные когнитивные процессы, включая переключение между задачами и мысленное вращение (способность человека вращать мысленный образ объекта аналогично вращению реального объекта), необходимые для достижения высоких результатов в командных видах спорта. В исследовании van Boxtel и соавт. продемонстрированы возрастание альфа-ритма на 34 % по сравнению с исходным уровнем уже после трех сеансов и ассоциация данного повышения с улучшением выполнения указанных выше сложных когнитивных задач ($p < 0{,}001$) [16, 19, 20]. Также более высокие уровни альфа-ритма ассоциированы с хорошо отработанными спортивными навыками [21]. Курсовое применение альфа-тренинга положительно влияет на рабочую и зрительно-пространственную память у футболистов, которая необходима для обработки информации, прогнозирования движений и принятия быстрых решений (отмечается статистически значимое улучшение по сравнению с исходным уровнем по прямому зрительно-пространственному тесту Корси и тесту «*n*-назад», $p < 0{,}05$) [20]. Помимо улучшения спортивных результатов альфа-ритм ассоциирован с положительным влиянием на расслабление, сон и самочувствие, а также с улучшением вариабельности сердечного ритма [16, 22].

Тренинг по сенсомоторному ритму (СМР)

Исследования в области точных видов спорта выявляют убедительную связь между активностью СМР и спортивными результатами. В исследовании Chen и соавт. [24] сравнивались две группы профессиональных стрелков: в одной из них проводился СМР-тренинг, а вторая представляла собой группу контроля. Точность и стабильность выстрелов в обеих группах оценивалась дважды, при этом в экспериментальной группе после первой оценки проводился непосредственно тренинг по СМР. Точность в экспериментальной группе статистически значимо возросла ($p < 0{,}01$), тогда как в группе контроля не отмечалось значимых изменений ($p = 0{,}362$). Стабильность показала аналогичные результаты — статистически значимое возрастание в группе с СМР-тренингом ($p = 0{,}002$) и его отсутствие в группе контроля ($p = 0{,}891$). Также отмечалось статистически значимое улучшение времени реакции в экспериментальной группе ($p = 0{,}008$) в отличие от отсутствия изменений в группе контроля ($p = 0{,}541$).

В исследовании Cheng и соавт. было продемонстрировано, что у высококвалифицированных стрелков активность СМР во время прицеливания значительно выше, чем у новичков, а также коррелирует с более высоким качеством выстрелов [25].

При исследовании эффективности ЭЭГ-БОС по СМР среди гольфистов было показано, что группа, проходящая БОС-тренинги, продемонстрировала более высокий процент успешных тренировок, чем контрольная группа, при этом соотношение успешных тренировок по отношению к менее успешным возрастало в течение курса от первой к восьмой сессии, что подтверждает концепцию обучаемости с помощью ЭЭГ-БОС [26].

Фактически выраженность СМР отражает то, что исследователи называют «нейронной эффективностью» — способностью мозга фокусироваться на важной информации и подавлять ненужные двигательные реакции. Она особенно важна в точных видах спорта, где успех в соревнованиях может зависеть от минимальных временных задержек и минимальных вариаций движений [27].

Тренинг по среднелобному тета-ритму

В зависимости от того, в какой области мозга наблюдаются тета-колебания в состоянии бодрствования, тета-ритм может быть связан с разными проявлениями мозговой активности. Тета-ритм в задних отделах мозга может указывать на низкий уровень концентрации,

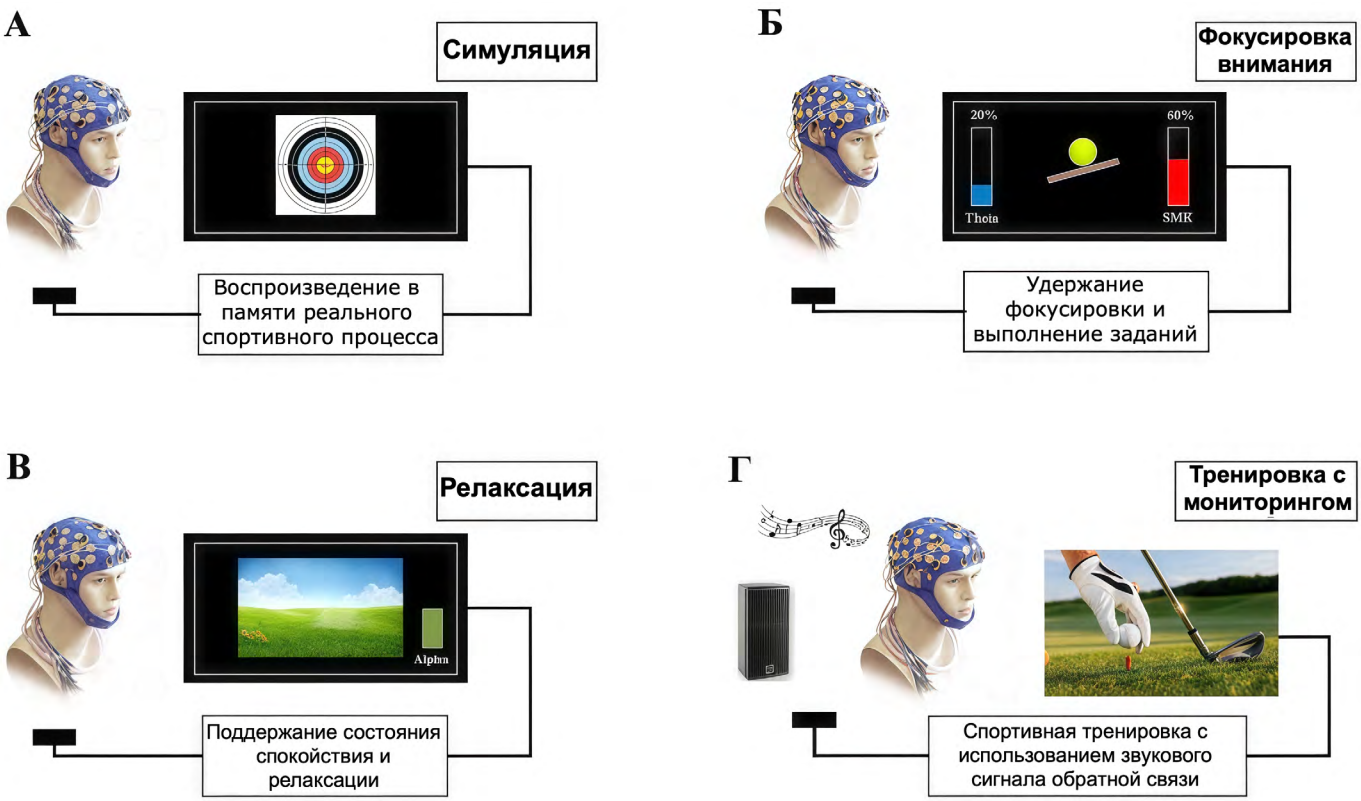


Рис. 3. Виды тренировок на основе ЭЭГ-БОС терапии
Fig. 3. Trainings based on neurobiofeedback

усталость, сонливость, тогда как, напротив, мощность тета-ритма увеличивается в височных областях во время кодирования и извлечения информации, а в лобных областях растет пропорционально требованиям поставленной когнитивной задачи [28].

Среднелобный тета-ритм (frontal midline theta, FMT) связан с умственными усилиями, необходимыми для подготовки к решению задач и непосредственного выполнения упражнений, требующих постоянного внимания [29, 30]. FMT может играть в сложно-координационных видах спорта-гольфе, стрельбе, баскетболе. При этом более высокая активность ритма отражает усиление когнитивного контроля над конкретной точкой приложения внимания, тогда как низкая его активность связана с ослаблением контроля, что снижает концентрацию на конкретной задаче, но способствует более успешной комплексной оценке ситуации [31, 32]. Вследствие этого при проведении тета-тренинга более важным является не изменение FMT, а его саморегуляция в зависимости от ситуации. Например, Chuang и соавт. в исследовании с участием профессиональных баскетболистов показали, что удачные броски коррелировали со стабильностью FMT в период подготовки броска и его нарастанием в начале прицеливания, тогда как при неудачных бросках наблюдались значительные колебания его мощности [33]. В этом исследовании ритм FMT был разделен на нижний (тета-1, 4–6 Гц) и верхний (тета-2, 6–8 Гц). Мощность тета-1 в точке Fz (установка электродов осуществлялась по международной системе 10–20) и мощность тета-2 в точках Fz и F4 значительно колебались в течение подготовительного периода неудачного броска (p = 0,038). Более высокая мощность тета-2 в точках Fz и F4 наблюдалась в начале периода прицеливания при успешном броске (p = 0,03 и p = 0,023 соответственно) [31]. Результаты этого исследования позволяют предположить, что стабильное возбуждение и относительно постоянный уровень внимания к задаче в предстартовый период могут способствовать улучшению спортивных результатов.

ЭЭГ-тренинги, основанные на бета-ритме

Чаще всего бета-тренинг осуществляется для усиления частотного диапазона бета-ритма в сочетании с одновременным подавлением тета-диапазона и используется в клинической медицине для лечения синдрома дефицита внимания (СДВГ) и гиперактивности, эпилепсии, расстройств аутистического спектра, а также для улучшения внимания и концентрации [2]. Бета-ритм (диапазон 13–30 Гц) подразделяется на бета-1 (13–20 Гц) и бета-2 (21–30 Гц), и некоторые протоколы основаны на тренингах, повышающих бета-1 и снижающих бета-2.

В спортивной медицине наиболее часто применяются смешанные протоколы. При использовании тренинга бета/тета за счет уменьшения тета-ритма и увеличения колебаний бета-ритма нейроны коры головного мозга и подкорковые структуры контролируют двигательные

функции более скоординированным образом, и спортсмен приобретает лучший контроль над мышечной активностью и равновесием [34]. По данным исследований, бета/тета-тренинг приводит к значительному улучшению динамического равновесия у дзюдоистов, а также увеличивает скорость реакции [6, 35, 36]. В исследовании Maszczyk и соавт. [36] с участием дзюдоистов, разделенных на экспериментальную и контрольную группы, выявлены статистически значимые различия между ними в результатах простого компьютерного теста на скорость реакции и Венского теста на реакцию после отдельных циклов бета/тета-тренинга. Для компьютерного теста отмечалось статистически значимое различие скорости реакции по сравнению с исходным уровнем: $p = 0{,}016$ после первого цикла тренинга, $p = 0{,}003$ после второго цикла тренинга), а для Венского теста эти показатели составляли $p = 0{,}024$ и $p = 0{,}002$ после первого и второго цикла тренинга соответственно. Эти данные демонстрируют роль нейронной регуляции в силовой и физической подготовке в видах спорта, требующих для достижения успеха быстрой и точной реакции.

При этом подавление высоких бета-ритмов (бета-2, 20–30 Гц) и одновременное увеличение СМР (13–15 Гц) может приводить к улучшению результатов в стрельбе из винтовки. В исследовании Rostami и соавт. [37]. результаты стрельбы оценивались по 6 показателям с помощью прибора «Скотт», при этом проводились парные и независимые *t*-тесты с поправками на множественные сравнения. В группе с применением тренингов с подавлением бета-2 и увеличением СМР было обнаружено значительное улучшение средних результатов стрельбы до и после тренировки ($p = 0{,}001$), тогда как в контрольной группе различий по результатам не было ($p > 0{,}05$) [37].

Кроме этого, подавление ритма бета-2 с одновременным увеличением бета-1 у пловцов показывает снижение тревожности и улучшение ее регуляции [38], а подавление бета2 и тета-ритмов демонстрирует значительное увеличение сосредоточенности на тренировке, а также улучшение показателей теста на умственную арифметику [39].

Примеры схем ЭЭГ-БОС в спорте

Существующие исследовательские парадигмы изучения влияния ЭЭГ-БОС на спортивные результаты сильно различаются в зависимости от схем обратной связи. В некоторых исследованиях участники тренировались в лаборатории, в то время как в других они выполняли задания в привычной обстановке. В одних исследованиях оценивались техники поддержания концентрации внимания, в других — напротив, техники расслабления. Также в большинстве случаев исследованные выборки являются малыми, во многих исследованиях не было контрольной группы, и до сих пор сохраняется дефицит исследований, соответствующих протоколу двойного слепого плацебо-контролируемого эксперимента.

Gong и соавт. [40] разделили все протоколы и техники ЭЭГ-БОС для удобства восприятия методик и понимания их целей на четыре группы (рис. 3).

В первом типе тренировок (рис. 3 А) участнику предлагается вспомнить упражнения из реальных успешных тренировок или соревнований. При этом спортсмен должен подробно вспомнить детали своих движений и телесные ощущения. Специалист регистрирует мозговую активность во время этого процесса, и далее проводится стандартный тренинг в выбранном диапазоне. Конкретная частота волн, к которым относится диапазон, в различных исследованиях определяется в зависимости от выбранного подхода, индивидуальных характеристик спортсмена и расположения электродов. В основном это тренинги по альфа- или бета-ритму [41, 42]. Соответственно для этой схемы существует важное предварительное условие: характеристики обратной связи должны соответствовать состоянию мозга, которое участник достигает во время реальных успешных тренировок или соревнований. Важно отметить, что из-за индивидуальных различий нейронное состояние каждого участника не будет точно таким же, как у другого участника при достижении аналогичного результата.

Второй тип тренировок является одной из наиболее используемых в спортивной медицине (рис. 3 Б) и она объединяет в себе упражнения, направленные на повышение концентрации внимания. Принцип этой схемы заключается в тренировке внимания участников с целью повышения уровня их концентрации и обеспечения большей сосредоточенности во время выполнения упражнений в течение более длительного времени [40, 43, 44]. В данной тренировке используется тренинг по СМР и/или тренинг соотношения бета-1/тета. Преимуществом этой схемы является доказанная связь между характеристиками этого частотного диапазона (СМР и бета-ритм) и концентрацией внимания, что позволяет широко использовать данный подход [44]. Более часто он применяется в видах спорта в закрытых помещениях, где с его помощью достигается спокойное и сосредоточенное состояние, при котором выполнение необходимых движений становится более эффективным [37]. Безусловно, тренировка концентрации внимания может быть полезна и в видах спорта на открытом воздухе, так как повышение уровня внимания положительно влияет на эффективность тренировочного процесса и может опосредованно способствовать увеличению результативности [39, 40].

Третий тип тренировок (рис. 3 В) направлен на обучение достижению и поддержанию состояния релаксации. Данная схема с точки зрения методологии является наиболее дискутабельной, так как множественные исследования ЭЭГ показывают, что снижение мощности альфа-ритма ассоциировано с более высоким уровнем стресса и уменьшением способности к расслаблению. Но при этом исследования в области спортивной медицины предлагают релаксационные

тренинги, направленные на подавление альфа-ритма с одновременным повышением тета-ритма [22, 40, 45, 46]. Однако на самом деле данные схемы имеют своей целью разные состояния. Классический тренинг, направленный на повышение альфа-ритма, фактически является способом обучения релаксации, снижения вариабельности сердечного ритма, снижения стресса, тревожности, улучшения навыков саморегуляции и когнитивного функционирования, то есть является неспецифическим инструментом, применимым как в клинической практике, так и в спортивной медицине [21, 22]. В то же время тренинг, направленный на повышение тета-ритма при ингибировании альфа-ритма, используется в отдельных видах спорта, связанных с творческим мышлением, таких как танцы, фигурное катание и художественная гимнастика. Данный протокол способствует переходу в состояние мозговой активности, при которой нервная система обрабатывает воспоминания о чувствах, испытанных во время тренировок или соревнований [45, 46, 47].

Четвертый тип тренировок (рис. 3 Г) основан на фактическом совмещении непосредственно спортивной тренировки и БОС-тренинга, то есть спортсмен получает обратную связь синхронно с выполнением тренировочных заданий. Примером использования данной схемы являются исследования, проведенные среди гольфистов [26, 48]. С помощью ЭЭГ-электродов отслеживалась активность мозга участников на этапе подготовки к удару, предоставляя им звуковую обратную связь в режиме реального времени. Громкий звук указывал на то, что их текущее состояние неудовлетворительно, а тихий звук — на достижение целевых показателей активности. Участники выбирали подходящее время для удара в соответствии с звуковыми сигналами, и результаты тренировок с данной схемой были значимо выше по сравнению с тренировками без БОС-контроля.

4. Заключение

Методики ЭЭГ-БОС широко изучаются и применяется в спортивной медицине и имеют высокий потенциал влияния на спортивную успешность за счет увеличения концентрацию внимания, поддержания оптимального физиологического состояния организма и обучению навыкам своевременной релаксации. Однако сложность применения ЭЭГ-БОС состоит в отсутствии единых протоколов ее использования и разнородности дизайнов проводимых исследований, что не позволяет делать однозначных выводов об алгоритмах использования существующих методик. Кроме того, связь мозговых ритмов с тем или иным психологическим состоянием напрямую зависит от места наложения электродов в проекции разных областей головного мозга. В связи с этим для подбора персонализированной терапии можно считать обязательными оценку и тестирование индивидуальных диапазонов ритмов каждого спортсмена до начала тренингов, предварительную постановку задач, разработку плана тренингов и проведение ее пробных сеансов.

Вклад авторов:

Бердникова Анна Владимировна — разработка концепции, анализ литературных источников, написание первоначальной версии, утверждение финальной версии статьи.

Новиков Вячеслав Никитич — разработка методологии, администрирование проекта, редактирование текста статьи, утверждение финальной версии статьи.

Authors' contributions:

Anna. V. Berdnikova — concept development, literature review, writing original draft, approval of the final version.

Viacheslav N. Novikov — methodology development, project administration, editing the text, approval of the final version.

Список литературы / References

1. About Biofeedback. Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback [internet]; 2026. Available at: https://aapb.org/About_Biofeedback

2. **Tosti B., Corrado S., Mancone S., Di Libero T., Rodio A., Andrade A., Diotaiuti P.** Integrated use of biofeedback and neurofeedback techniques in treating pathological conditions and improving performance: a narrative review. Front. Neurosci. 2024;18:1358481. https://doi.org/10.3389/fnins.2024.1358481

3. **Кунельская Н.Л., Резакова Н.В., Гудкова А.А., Гехт А.Б.** Метод биологической обратной связи в клинической практике. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2014;114(8):46–50. [**Kunel'skaya N.L., Rezakova N.V., Gudkova A.A., Guekht A.B.** [A feedback method in clinical practice. S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2014;114(8):46–50. (In Russ.)].

4. **Tan G., Lyle R., Shaffer F.** Evidence-Based Practice in Biofeedback and Neurofeedback. 3nd ed. Aurora, Colorado: Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback; 2016.

5. **Rydzik Ł., Wąsacz W., Ambroży T., Javdaneh N., Brydak K., Kopańska M.** The Use of Neurofeedback in Sports Training: Systematic Review. Brain Sci. 2023;13(4):660. https://doi.org/10.3390/brainsci13040660

6. **Saha S., Hashim A.H., Huda F., Saha S.** Effectiveness of Differential Biofeedback Intervention Regimes on Athletic Performance: A Meta-Analytic Systematic Review. Int. J. Life Sci. Pharma Res. 2021;Special Issue:MS-BD50-Lit-Rev-5:23–27.

7. **Tod D., Edwards C., McGuigan M., Lovell G.** A Systematic review of the effect of cognitive strategies on strength performance. Sports Med. 2015;45(11):1589–1602. https://doi.org/10.1007/s40279-015-0356-1

8. **Park I., Jeon J.** Psychological Skills Training for Athletes in Sports: Web of Science Bibliometric Analysis. Healthcare (Basel). 2023;11(2):259. https://doi.org/10.3390/healthcare11020259

9. **Пушкарев Г.С., Сенаторова О.В., Темпель Л.А., Бутов Д.И., Туровинина Е.Ф.** Тревожность у элитных спортсменов, половозрастные особенности и ассоциация с видами спорта. Спортивная медицина: наука и практика. 2023;13(4):27–35. [**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. Sports medicine: research and practice. 2023;13(4):27–35. (In Russ.)]. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.4.7

10. **Olmedilla A., Moreno-Fernández I.M., Gómez-Espejo V., Robles-Palazón F.J., Verdú I., Ortega E.** Psychological intervention program to control stress in youth soccer players. Front. Psychol. 2019;10:2260. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02260

11. **Sheard M., Golby J.** Personality hardiness differentiates elite-level sport performers. J. Sport Exerc. Psychol. 2010;8(2):160–169. https://doi.org/10.1080/1612197X.2010.9671940

12. **Hossein A., Mohd R.F., Soumendra S., Anwar H.H., Muzaimi M.** Relationship between mental toughness and trait anxiety in sports. Int. J. Pharm. Bio. Sci. 2016;7(3):275–281. Available at: https://ijpbs.net/index.php/journal/article/view/5224

13. Комплексная система БОС «Колибри». Научно-медицинская фирма «Нейротех» [интернет]; 2026. [Integrated biofeedback system "Kolibri". Scientific and medical company "Neurotech" [Internet]; 2026 (in Russ.)]. Available at: https://neurotech.ru/products/kolibri/bos/kolibri-biofeedback-complex/

14. **Моллазаде М., Занди Х.Г., Горбанзаде Б., Сури Р.** Влияние техники эмоциональной свободы на тревожность во время соревнований и уровень слюнного кортизола у элитных спортсменов тхэквондо. Спортивная медицина: наука и практика. 2024;14(4):40–48. [**Mollazadeh M., Zandi H.G., Ghorbanzadeh B., Soori R.** Effectiveness of emotional freedom technique on competition anxiety and salivary cortisol of elite taekwondo athletes. Sports medicine: research and practice. 2024;14(4):40–48. (In Russ.)]. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2024.4.6

15. Biofeedback Therapy. Central Florida Neuropsyhology [internet]; 2026. Available at: https://www.cfln.us/ourservices/biofeedback-therapy/

16. **van Boxtel G.J.M., Denissen A.J.J.M., de Groot J.A., Neleman M.S., Vellema J., Hart de Ruijter E.M.** Alpha Neurofeedback Training in Elite Soccer Players Trained in Groups. Appl. Psychophysiol. Biofeedback. 2024;49(4):589–602. https://doi.org/10.1007/s10484-024-09654-1

17. **Fioranelli M., Aru O.E., Roccia M.G., Beesham A., Flavin D.** A model for analyzing evolutions of neurons by using EEG waves. Math. Biosci. Eng. 2022;19(12):12936–12949. https://doi.org/10.3934/mbe.2022604

18. **Xiang M.Q., Hou X.H., Liao B.G., Liao J.W., Hu M.** The effect of neurofeedback training for sport performance in athletes: A meta-analysis. Psychol. Sport Exerc. 2018;36:114–122. https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2018.02.004

19. **Park J.L., Fairweather M.M., Donaldson D.I.** Making the case for mobile cognition: EEG and sports performance. Neurosci. Biobehav. Rev. 2015;52:117–130. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.02.014

20. **de Brito M.A., Fernandes J.R., Esteves N.S., Müller V.T., Alexandria D.B., Pérez D.I.V., Slimani M., Brito C.J., Bragazzi N.L., Miarka B.** The Effect of Neurofeedback on the Reaction Time and Cognitive Performance of Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. Front. Hum. Neurosci. 2022;16:868450. https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.868450

21. **Mirifar A., Beckmann J., Ehrlenspiel F.** Neurofeedback as supplementary training for optimizing athletes' performance: A systematic review with implications for future research. Neurosci. Biobehav. Rev. 2017;75:419–432. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.02.005

22. **Esmaeilnejad M., Zandi H.G., Khajavi D., Parsa M., Esmaeilnejad S.** Cognitive benefits of alpha neurofeedback and mindful sport performance enhancement (MSPE) in football players: a focus on working and visuospatial memory. Sport Sci. Health. 2026;22(1):5. https://doi.org/10.1007/s11332-025-01631-3

23. **Domingos C., Silva C.M.D., Antunes A., Prazeres P., Esteves I., Rosa A.C.** The Influence of an Alpha Band Neurofeedback Training in Heart Rate Variability in Athletes. Int. J. Environ. Res. Public Health. 2021;18(23):12579. https://doi.org/10.3390/ijerph182312579

24. **Chen F., Liu Y., Lai Y., Ruan Q.** An intelligent sport training method based on EEG neurofeedback. Sci. Rep. 2025;15(1):37634. https://doi.org/10.1038/s41598-025-21590-6

25. **Cheng M.Y., Wang K.P., Hung C.L., Tu Y.L., Huang C.J., Koester D., Schack T., Hung T.M.** Higher power of sensorimotor rhythm is associated with better performance in skilled air-pistol shooters. Psychol. Sport Exerc. 2017;32:47–53. https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2017.05.007

26. **Cheng M.Y., Huang C.J., Chang Y.K., Koester D., Schack T., Hung T.M.** Sensorimotor Rhythm Neurofeedback Enhances Golf Putting Performance. J. Sport Exerc. Psychol. 2015;37(6):626–636. https://doi.org/10.1123/jsep.2015-0166

27. **Wu J.H., Chueh T.Y., Yu C.L., Wang K.P., Kao S.C., Gentili R.J., Hatfield B.D., Hung T.M.** Effect of a single session of sensorimotor rhythm neurofeedback training on the putting performance of professional golfers. Scand. J. Med. Sci. Sports. 2024;34(1):e14540. https://doi.org/10.1111/sms.14540

28. **Enriquez-Geppert S., Huster R.J., Figge C., Herrmann C.S.** Self-regulation of frontal-midline theta facilitates memory updating and mental set shifting. Front. Behav. Neurosci. 2014;8:420. https://doi.org/10.3389/fnbeh.2014.00420

29. **Bertollo M., di Fronso S., Filho E., Conforto S., Schmid M., Bortoli L., Comani S., Robazza C.** Proficient brain for optimal performance: the MAP model perspective. PeerJ. 2016;4:e2082. https://doi.org/10.7717/peerj.2082

30. **Doppelmayr M., Finkenzeller T., Sauseng P.** Frontal midline theta in the pre-shot phase of rifle shooting: Differences between experts and novices. Neuropsychologia. 2008;46(5):1463–1467. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.12.026.

31. **Chen T.T., Wang K.P., Chang W.H., Kao C.W., Hung T.M.** Effects of the function-specific instruction approach to neurofeedback training on frontal midline theta waves and golf putting performance. Psychol. Sport Exerc. 2022;61:102211. https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2022.102211

32. **Cavanagh J.F., Frank M.J.** Frontal theta as a mechanism for cognitive control. Trends Cogn. Sci. 2014;18(8):414–421. https://doi.org/10.1016/j.tics.2014.04.012

33. **Chuang L.Y., Huang C.J., Hung T.M.** The differences in frontal midline theta power between successful and unsuccessful basketball free throws of elite basketball players. Int. J. Psychophysiol. 2013;90(3):321–328. https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2013.10.002

34. **Dana A., Rafiee S., Gholami A.** The effect of Neurofeedback Training on Working Memory and Perceptual-motor development in Athlete Boys. J. Rehab. Sci. Res. 2019;6(1):34–40. https://doi.org/10.30476/jrsr.2019.44737

35. **Maszczyk A., Gołaś A., Pietraszewski P., Kowalczyk M., Cięszczyk P., Kochanowicz A., Smółka W., Zając A.** Neurofeedback for the enhancement of dynamic balance of judokas. Biol. Sport. 2018;35(1):99–102. https://doi.org/10.5114/biolsport.2018.71488

36. **Maszczyk A., Dobrakowski P., Nitychoruk M., Żak M., Kowalczyk M., Toborek M.** The Effect of Neurofeedback Training on the Visual Processing Efficiency in Judo Athletes. J. Hum. Kinet. 2020;71(1):219–227. https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0097

37. **Rostami R., Sadeghi H., Karami K.A., Abadi M.N., Salamati P.** The effects of neurofeedback on the improvement of rifle shooters' performance. J. Neurother. 2012;16(4):264–269. https://doi.org/10.1080/10874208.2012.730388

38. **Faridnia M., Shojaei M., Rahimi A.** The effect of neurofeedback training on the anxiety of elite female swimmers. Ann. Bio.l Res. 2012;3(2):1020–1028.

39. **Mikicin M., Orzechowski G., Jurewicz K., Paluch K., Kowalczyk M.,** Wróbel, A. (2015). Brain-training for physical performance: a study of EEG neurofeedback and alpha relaxation training in athletes. Acta Neurobiol. Exp. (Wars). 2015;75(4):434–445. https://doi.org/10.55782/ane-2015-2047

40. **Gong A., Gu F., Nan W., Qu Y., Jiang C., Fu Y.** A Review of Neurofeedback Training for Improving Sport Performance From the Perspective of User Experience. Front. Neurosci. 2021;15:638369. https://doi.org/10.3389/fnins.2021.638369

41. **Landers D.M., Petruzzello S.J., Salazar W., Crews D.J., Kubitz K.A., Gannon T.L., Han M.** The influence of electrocortical biofeedback on performance in pre-elite archers. Med. Sci. Sports Exerc. 1991;23(1):123–129. https://doi.org/10.1249/00005768-199101000-00018

42. **Gong A.M., Nan W.Y., Yin E.W., Jiang C.H., Fu Y.F.** Efficacy, trainability, and neuroplasticity of SMR vs. Alpha rhythm shooting performance neurofeedback training. Front. Hum. Neurosci. 2020;14:94. https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.00094

43. **Collura T.F.** Technical foundations of neurofeedback. 1nd ed. New York, NY: Routledge, Taylor & Francis Group; 2014. https://doi.org/10.4324/9780203795132

44. **Marzbani H., Marateb H., Mansourian M.** Methodological note: neurofeedback: a comprehensive review on system design, methodology and clinical applications. Basic Clin. Neurosci. 2016;7(2):143–158. https://doi.org/10.15412/J.BCN.03070208

45. **Gruzelier J.H.** EEG-neurofeedback for optimising performance II: creativity, the performing arts and ecological validity. Neurosci. Biobehav. Rev. 2014;44:142–158. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.11.004

46. **Gruzelier J.H., Thompson T., Redding E., Brandt R., Steffert T.** Application of alpha/theta neurofeedback and heart rate variability training to young contemporary dancers: state anxiety and creativity. Int. J. Psychophysiol. 2014;93(1):105–111. https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2013.05.004

47. **Raymond J., Sajid I., Parkinson L.A., Gruzelier J.H.** Biofeedback and dance performance: a preliminary investigation. Appl. Psychophysiol. Biofeedback. 2005;30(1):65–73. https://doi.org/10.1007/s10484-005-2175-x

48. **Kao S.C., Huang C.J., Hung T.M.** Neurofeedback training reduces frontal midline theta and improves putting performance in expert golfers. J. Appl. Sport Psychol. 2014;26:271–286. https://doi.org/10.1080/10413200.2013.855682

Информация об авторах

Бердникова Анна Владимировна, к.м.н., ассистент кафедры Института профессионального образования ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119048, Москва, ул. Трубецкая, д. 8; врач-невролог клиники спортивной медицины SMART RECOVERY (ООО «СМАРТ РЕКАВЕРИ»), Россия, 121614, Москва, ул. Крылатская, д. 10. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4447-2152 (asimcin@mail.ru)

Новиков Вячеслав Никитич, аспирант кафедры неврологии Института профессионального образования ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119048, Москва, ул. Трубецкая, д. 8. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4087-4322 (vazlav001@gmail.com)

Information about the authors

Anna V. Berdnikova, Cand. Sci. (Med.), Assistant Professor at the Department of Nervous Diseases, Institute of Professional Education, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 8/2 Trubetskaya str., Moscow, 119991, Russia; Neurologist in the Clinic of Sport Medicine "SMART RECOVERY", Russia, 121614, Moscow, 10 Krylatskaya St. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4447-2152 (asimcin@mail.ru)

Vyacheslav N. Novikov, postgraduate student at the Department of Nervous Diseases, Institute of Professional Education, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 8/2 Trubetskaya str., Moscow, 119991, Russia. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4087-4322 (vazlav001@gmail.com)

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Спортивная Медицина: наука и практика

https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.2.2

УДК: 61:796/799

Тип статьи: Оригинальная статья / Original research

Check for updates

CC BY 4.0

Различия в адаптации сердца к регулярным физическим нагрузкам в рамках одного вида спорта в зависимости от дисциплины: одноцентровое поперечное исследование

С.А. Базанович[1,2], В.А. Бадтиева[1,3,4], А.В. Сливин[1,], А.С. Шарыкин[1,3,5]*

[1] *ФГБУ «Национальный центр спортивной медицины Федерального медико-биологического агентства», Москва, Россия*

[2] *ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии», Москва, Россия*

[3] *ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины имени С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия*

[4] *ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет), Москва, Россия*

[5] *ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Пироговский Университет), Москва, Россия*

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: выявить особенности ремоделирования сердца у спортсменов, специализирующихся в разных дисциплинах одного вида спорта.

Материалы и методы. Проанализированы результаты медицинского обследования 1514 спортсменов (865 мужчин, 649 женщин) из 7 видов спорта, разделенных на дисциплины. Основными параметрами сравнения выступили показатели эхокардиографии: индекс конечного диастолического размера (иКДР), индекс конечного диастолического объема (иКДО), индекс массы миокарда левого желудочка (ИММЛЖ) и ударный индекс (УИ).

Результаты. Статистически значимые различия по всем исследуемым показателям ($p < 0,05$) выявлены между спортивными дисциплинами велоспорта у мужчин: трек (спринт) и трек (стайер), трек (спринт) и шоссе соответственно. Между волейболом в помещении и пляжным волейболом получены различия по всем исследуемым показателям ($p < 0,05$), кроме ИММЛЖ у мужчин ($p = 0,343$) и УИ у женщин ($p = 0,062$). В конькобежном спорте эхокардиографические показатели мужчин спринтеров и стайеров не различались ($p > 0,05$), а у женщин выявлены различия в показателях иКДР, иКСР, ИММЛЖ ($p < 0,05$). Для сноуборда у обоих полов не установлено статистически значимых различий ($p > 0,05$) в исследуемых показателях между дисциплинами. Статистически значимые различия выявлены по иКДР рапиристов и саблистов ($p = 0,009$), а также иКДР у спортсменов одиночного катания и танцев на льду в фигурном катании ($p = 0,005$). Сравнение дисциплин фристайла установило различия только в показателях иКДР, иКСР при сравнении акробатики и ски-кросса для мужчин ($p = 0,001$ для иКДР; $p < 0,001$ для иКСР), ски-кросса и хафпайпа/слоупстайла для женщин ($p = 0,001$ для иКДР; $p = 0,003$ для иКСР).

Заключение. Вид нагрузки влияет на особенности ремоделирования миокарда даже в пределах одного вида спорта. При этом гендерные различия могут определять особенности адаптации сердца при одинаковой направленности нагрузок. Сравнительный анализ таких факторов обеспечивает формирование базы референсных значений для морфофункциональных характеристик сердца в зависимости от дисциплины внутри одного вида спорта.

Ключевые слова: ремоделирование миокарда, спортсмены, виды спорта, спортивные дисциплины, адаптация

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование проводилось в рамках выполнения прикладной научно-исследовательской работы «Комплексная динамическая оценка факторов сердечно-сосудистого риска у спортсменов сборных команд Российской Федерации и разработка методик профилактики внезапной сердечной смерти» (шифр «Риск 25-27») (регистрационный номер НИОКТР 125032604475-3).

Для цитирования: Базанович С.А., Бадтиева В.А., Сливин А.В., Шарыкин А.С. Различия в адаптации сердца к регулярным физическим нагрузкам в рамках одного вида спорта в зависимости от дисциплины: одноцентровое поперечное исследование. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2026;16(2):87–98. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.2.2

Поступила в редакцию: 11.02.2026
Принята к публикации: 31.03.2026
Online first: 20.07.2026
Опубликована: 13.11.2026

*** Автор, ответственный за переписку**

Sports Medicine: research and practice

Differences in the heart's adaptation to regular physical exercise within one sport depending on the discipline: a single-center cross-sectional study

Sergey A. Bazanovich[1,2], Victoria A. Badtieva[1,3,4], Anton V. Slivin[1,], Aleksandr S. Sharykin[1,3,5]*

[1] National Center for Sports Medicine of the Federal Medical Biological and Agency

[2] Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology, Moscow, Russia

[3] S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, Moscow, Russia

[4] First Sechenov Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

[5] N.I. Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov University), Moscow, Russia

ABSTRACT

Aim: identify the characteristics of cardiac remodeling in athletes specializing in different disciplines within the same sport.

Materials and methods: The results of medical examinations of 1514 athletes (865 men and 649 women) from seven sports, divided into disciplines, were analyzed. The main parameters for comparison were echocardiographic indicators: end-diastolic dimension index (EDDI), end-diastolic volume index (EDVI), left ventricular mass index (LVMI), and stroke index (SI).

Results: Statistically significant differences in all studied indicators ($p < 0.05$) were found between cycling disciplines in men: track (sprint) and track (endurance), track (sprint) and road, respectively. Differences were found between indoor volleyball and beach volleyball for all studied indicators ($p < 0.05$), except for LVMI in men ($p = 0.343$) and SI in women ($p = 0.062$). In speed skating, the echocardiographic indicators of male sprinters and long-distance skaters did not differ ($p > 0.05$), while in women, differences were found in the indicators of EDDI, ESDI, and LVMI ($p < 0.05$). For snowboarding, no statistically significant differences ($p > 0.05$) were found in the studied parameters between disciplines for both sexes. Statistically significant differences were found in the EDDI of foil and sabre fencers ($p = 0.009$), as well as in the EDDI of single skating and ice dancing athletes ($p = 0.005$). A comparison of freestyle disciplines revealed differences only in the indicators of EDDI and ESDI when comparing acrobatics and ski cross for men ($p = 0.001$ for EDDI; $p < 0.001$ for ESDI), ski cross and halfpipe/slopestyle for women ($p = 0.001$ for EDDI; $p = 0.003$ for ESDI).

Conclusion: The type of exercise affects the characteristics of myocardial remodeling even within the same sport. At the same time, gender differences can determine the characteristics of cardiac adaptation with the same type of exercise. A comparative analysis of these factors provides a basis for reference values for the morphofunctional characteristics of the heart depending on the discipline within a single sport.

Keywords: myocardial remodeling, athletes, sports, athletic disciplines, adaptation

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

Funding: The study was conducted as part of the applied research project "Comprehensive Dynamic Assessment of Cardiovascular Risk Factors in Athletes of the Russian National Teams and Development of Methods for Preventing Sudden Cardiac Death" (code name: "Risk 25-27") (R&D registration number: 125032604475-3).

For citation: Bazanovich S.A., Badtieva V.A., Slivin A.V., Sharykin A.S. Differences in the heart's adaptation to regular physical exercise within one sport depending on the discipline: A single-center cross-sectional study. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* (*Sports medicine: research and practice*). 2026;16(2):87–98. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.2.2

Received: 11 February 2026
Accepted: 31 March 2026
Online first: 20 July 2026
Published: 13 November 2026

*Corresponding author

1. Введение

Феномен «спортивного сердца» — это комплекс физиологических адаптаций сердечно-сосудистой системы к регулярным физическим нагрузкам. Регулярные физические нагрузки способствуют развитию физиологических изменений, которые могут затрагивать все камеры сердца, включая увеличение толщины стенок левого желудочка (ЛЖ), увеличение размеров полости ЛЖ и правого желудочка (ПЖ), расширение предсердий, а также снижение показателей систолической функции [1]. Характер этих адаптаций различается у представителей разных видов спорта, завися в основном от объема тренировок на выносливость [2]. В рамках некоторых видов спорта существуют варианты спортивных дисциплин[1], различающихся формой и содержанием соревновательной деятельности [3]. Каждая из них предъявляет свои требования к характеру двигательной антивности, развитию определенных навыков спортсменов в рамках всех этапов подготовки к соревнованиям. Вследствие этого варианты адаптации сердца, вызванные физическими нагрузками в рамках различных спортивных дисциплин, относящихся к одному виду спорта, могут

[1] Федеральный закон от 04.12.2007 г. № 329-ФЗ [http://www.kremlin.ru]. Президент России; 2007 [обновлено 4 декабря 2007; процитировано 4 февраля 2026]. Доступно: http://www.kremlin.ru/acts/bank/26631.

значительно различаться. Поскольку это реализуется в виде морфофункционального ремоделирования сердца, результаты могут быть оценены с помощью эхокардиографического метода исследования (эхоКГ), позволяющего проводить полноценные повторные исследования структуры и функций сердца у спортсменов [4]. Наиболее распространены такие показатели, как конечный диастолический размер левого желудочка, его объем и масса миокарда, которые индексируются на площадь поверхности тела спортсменов.

Большинство исследований сосредоточены на изучения различий в адаптации сердца, возникающих у спортсменов различных видов спорта либо групп видов спорта [5–7]. Отдельные исследования посвящены углублению понимания различий в адаптации сердечно-сосудистой системы к регулярной физической нагрузке среди спортсменов, занимающихся различными дисциплинами легкой атлетики [8, 9], в то время как работ, направленных на детальную сравнительную характеристику параметров сердца для сходных спортивных дисциплин других видов спорта, в доступной научной литературе обнаружено не было.

Цель исследования заключалась в определении особенностей ремоделирования сердца у спортсменов, специализирующихся в разных дисциплинах в рамках одного вида спорта.

2. Материалы и методы

Проведено одноцентровое ретроспективное исследование, в которое были включены результаты 4506 углубленных медицинских обследований (УМО) 1514 спортсменов сборных команд Российской Федерации в 7 видах спорта, содержащих от 2 до 4 различных дисциплин каждый (всего 21 дисциплина) (рис. 1). В исследование вошли 865 лиц (2586 обследований) мужского и 649 (1920 обследований) женского пола. Анализ проводился с использованием базы ФГБУ «Национальный центр спортивной медицины Федерального медико-биологического агентства» за период с 2015 по 2024 г. Рассматривались следующие виды спорта и дисциплины: велоспорт (маунтинбайк, трек-спринтеры, трек-стайеры, шоссе), волейбол (пляжный волейбол, волейбол в помещении), конькобежный спорт (спринтеры стайеры), сноуборд (параллельный слалом, слоупстайл/биг-эйр/хафпайп, сноуборд-кросс), фехтование (рапира, сабля, шпага), фигурное катание (одиночное катание, спортивные пары, танцы на льду) и фристайл (акробатика, могул, ски-кросс, хафпайп/слоупстайл).

Сбор и хранение информации УМО спортсменов осуществляется с использованием Федеральной государственной информационной системы «Медицинская информационно-аналитическая система». Процедуры формирования итоговой базы (чистки, исправления ошибок заполнения, перерасчет показателей) проводились как вручную, с отбором интересующих параметров в программе для работы с электронными таблицами Microsoft Excel 2017, так и автоматически, с использованием макросов, написанных на языке программирования Visual Basic (VBA).

Для проведения анализа были выбраны следующие параметры: возраст в годах (г), рост в сантиметрах (см), масса тела в килограммах (кг), площадь поверхности тела в квадратных метрах ($м^2$), линейный параметр левого желудочка — индекс конечного диастолического размера (иКДР, $мм/м^2$), объемный параметр ЛЖ — индекс конечного диастолического объема (иКДО, $мл/м^2$), показатель гипертрофии левого желудочка — индекс массы миокарда левого желудочка (ИММЛЖ, $г/м^2$) и его насосной функции — ударный индекс (УИ, $мл/м^2$). Все исследуемые эхокардиографические параметры для проведения сравнительного анализа были индексированы на площадь поверхности тела. Эхокардиографическое обследование проводилось на аппаратах Philips Affiniti 70 (Нидерланды), Phillips Affiniti 50 (Нидерланды) и Philips EPIQ Elite (Нидерланды) высококвалифицированными специалистами, имеющие опыт обследования спортсменов 10 и более лет.

Поскольку используемые данные представляли собой несбалансированную панель (longitudinal data), то применен подход, согласно которому для каждого спортсмена, проходившего УМО два и более раза, производилось вычисление среднего значения каждого исследуемого показателя. Данный подход помог избежать проблемы зависимых наблюдений, агрегируя данные на уровне одного спортсмена.

Критерии включения в исследование были прохождение обследования на базе центра (проведения антропометрического и эхокардиографического обследований), возраст от 16 лет и старше. Критериями исключения из исследования были наличие заболеваний кардиологического профиля и беременность (табл. 1), наличие как минимум одной пустой ячейки (утеря данных, не заполнение) являлось причиной для исключения всей записи исследования, приходящейся на спортсмена.

Оценка соответствия исследуемых параметров нормальному закону распределения проводилась с использованием критерия Шапиро — Уилка. По результатам анализа были выявлены распределения исследуемых параметров, отличные от нормального, в большинстве случаев. В связи с чем описательная статистика включала в себя следующий набор параметров для характеристики имеющихся выборок: медиана (Me), межквартильный размах [Q1–Q3], кроме того, рассчитывали 95 % доверительный интервал для медианы (95 % ДИ) показателя возраста с целью подтверждения сопоставимости спортивных дисциплин внутри каждого вида спорта (рис. 2). Сравнение спортивных дисциплин между собой производилось в рамках каждого вида спорта по отдельности с учетом половой принадлежности с использованием непараметрического *U*-критерия Манна — Уитни. Уровень значимости, при котором отвергалась нулевая гипотеза об отсутствии различий между изучаемыми

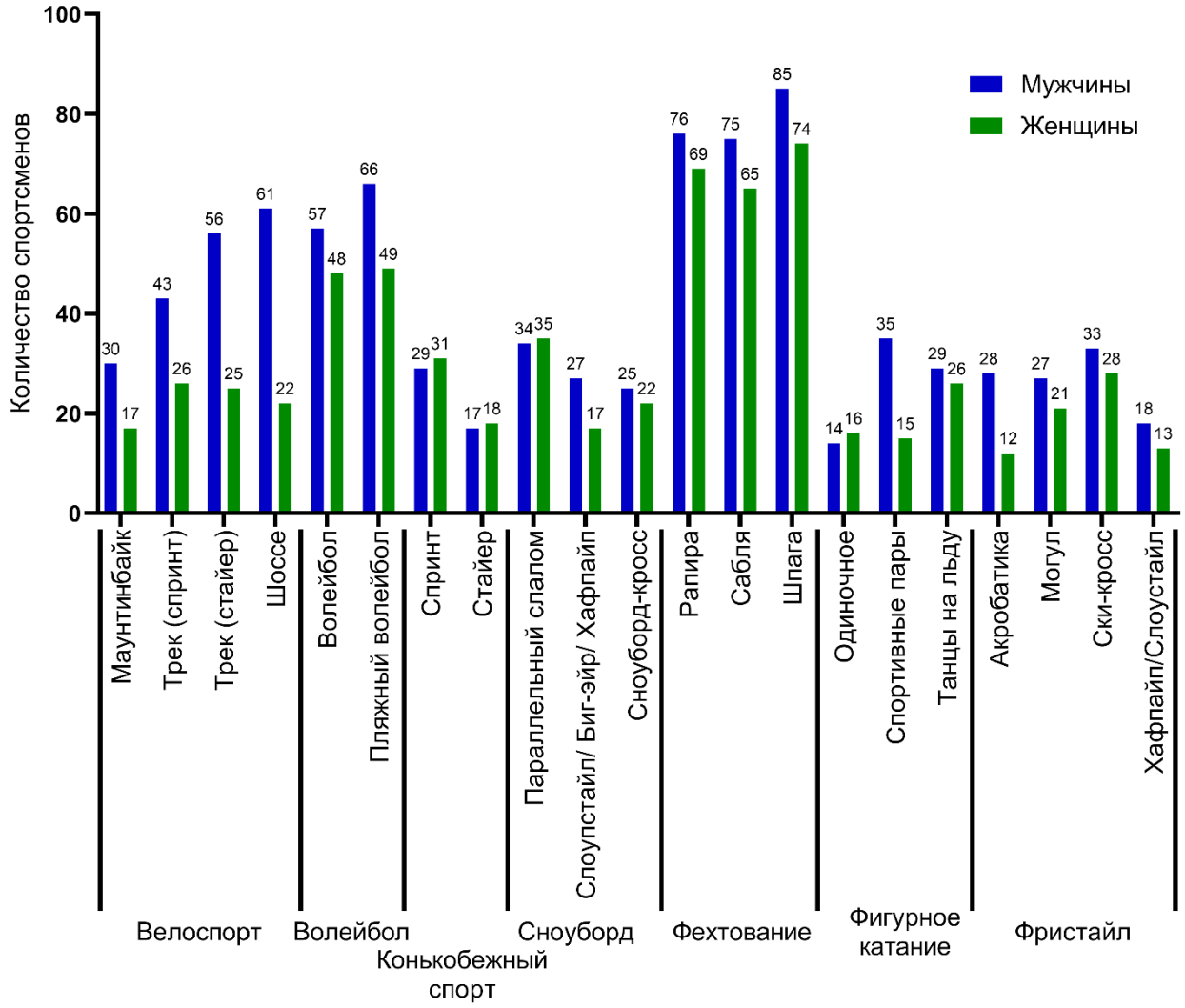


Рис. 1. Распределение спортсменов по спортивным дисциплинам внутри видов спорта
Fig. 1. Distribution of athletes by sports disciplines within sports

Таблица 1

Диагнозы по Международной классификации болезней 10-го пересмотра, которые являлись основанием для исключения спортсмена из исследования

Table 1

Diagnoses according to the International Classification of Diseases of the 10th revision, which were the basis for the exclusion of an athlete from the study

Код диагноза по МКБ-10	Расшифровка
I42.2	Другая гипертрофическая кардиомиопатия
I45.8	Другие уточненные нарушения проводимости
Z32.1	Беременность подтвержденная
Z34	Наблюдение за течением нормальной беременности
I42.7	Кардиомиопатия, обусловленная воздействием лекарственных средств и других внешних факторов
I42.8	Другие кардиомиопатии
I42.9	Кардиомиопатия неуточненная
I34.1	Пролапс (пролабирование) митрального клапана
Q23.1	Врожденная недостаточность аортального клапана
Q23.8	Другие врожденные аномалии аортального и митрального клапанов
Q24.5	Аномалия развития коронарных сосудов

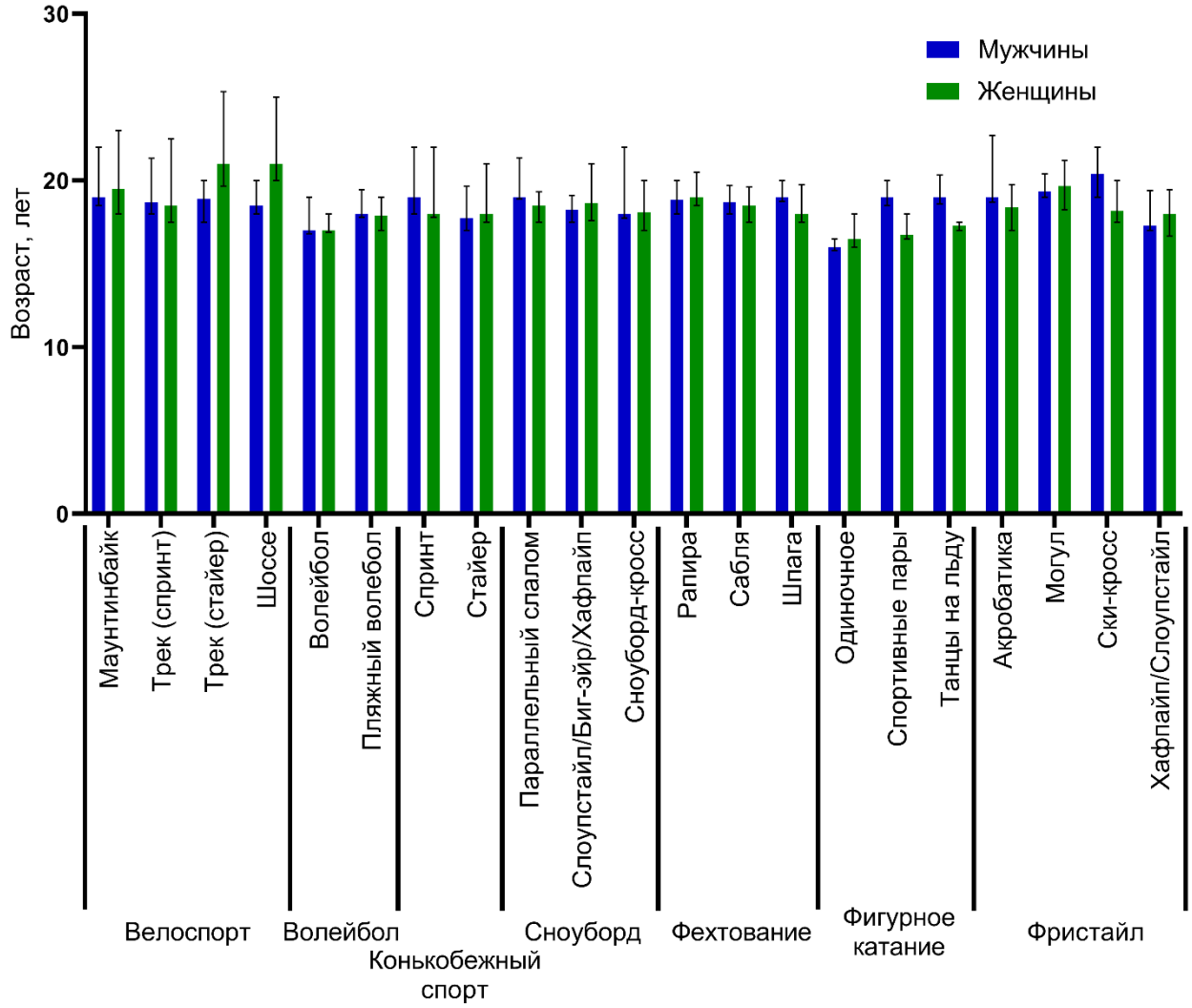


Рис. 2. Медиана возраста с 95 % ДИ спортсменов в исследуемых группах
Fig. 2. Median age with 95 % CI of athletes in the study groups

группами, выбран равным 0,05. В видах спорта, где количество сравниваемых между собой дисциплин было больше двух, применяли поправку Бонферрони — Хольма на множественные сравнения (для трех сравниваемых дисциплин уровень значимости выбран равным 0,017; для четырех дисциплин — 0,0083). Визуализация полученных результатов основных показателей описательной статистики включала построение box-plot диаграмм для оценки выборок для каждого исследуемого показателя согласно параметрам описательной статистики. Анализ данных осуществлялся с использованием пакета прикладных программ IBM SPSS Statistics 27.

3. Результаты

Отсутствие статистически значимых возрастных различий между дисциплинами с учетом гендерных характеристик позволило исключить данный параметр как влияющий на различия в морфологических и функциональных показателях сердца (рис. 2). Однако визуальное представление изучаемых показателей продемонстрировало их значительный разброс внутри видов спорта, в связи с чем проведена статистическая оценка их величин в зависимости от рассматриваемых дисциплин (рис. 3, 4).

Велоспорт (маунтинбайк, трек-спринтеры, трек-стайеры, шоссе)

Рассмотренные спортивные дисциплины в велоспорте у женщин имели статистически значимые различия между группами «маунтинбайк» и «трек» (спринт) по показателям: иКДР 30,6 [28,9–31,4] и 28,2 [27,3–29,3] (p = 0,002) и иКСР 19,2 [18,3–20,0] и 17,9 [17,2–18,1] (p = 0,001) соответственно. По остальным показателям в рамках рассматриваемых двух групп и при попарном сравнении спортивных дисциплин в велоспорте у женщин не было выявлено статистически значимых различий между группами (для всех случаев $p > 0{,}0083$, с учетом поправки на множественное сравнение).

У мужчин выявлены статистически значимые различия между группами «маунтинбайк» и «трек» (спринт)

Sports Medicine: research and practice

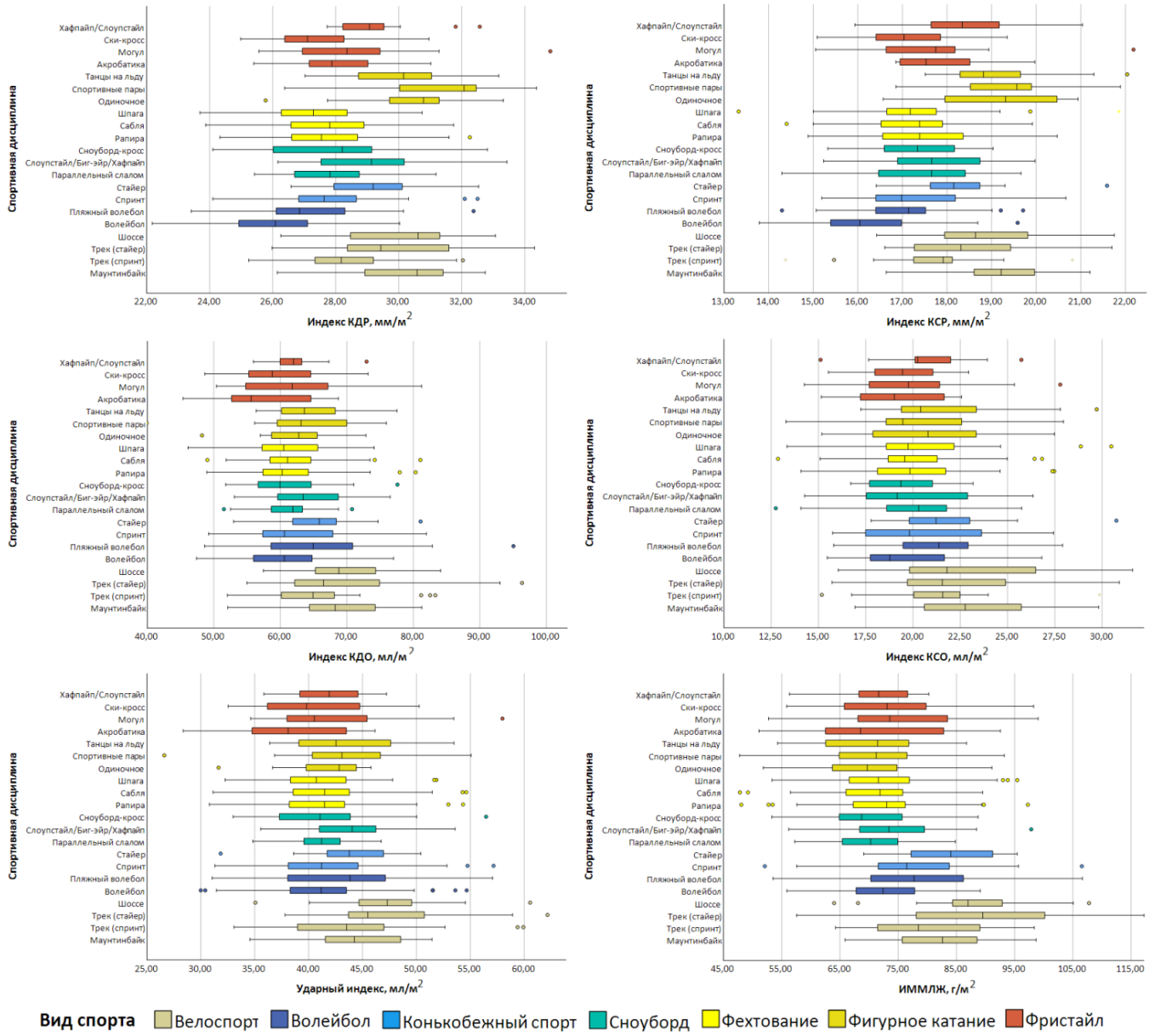


Рис. 3. Сравнительный анализ исследуемых эхоКГ-параметров для спортивных дисциплин различных видов спорта у женщин
Fig. 3. Comparative analysis of the studied echocardiography parameters for sports disciplines of various sports in women

по иКДР 29,6 [27,5–30,8] и 27,1 [25,7–28,1] ($p < 0,001$), иКСР 18,6 [17,3–19,6] и 16,9 [16,1–17,9] ($p < 0,001$) соответственно. При сравнении спортивных дисциплин «трек» (спринтеры) и «трек» (стайеры) выявлены статистически значимые различия по всем исследуемым показателям: иКДР 27,1 [25,7–28,1] и 29,5 [28,0–30,6] ($p < 0,001$), иКСР 16,9 [16,1–17,9] и 18,8 [17,6–19,7] ($p < 0,001$), иКДО 71,4 [64,8–75,9] и 78,4 [71,2–89,2] ($p < 0,001$), иКСО 23,9 [21,6–25,5] и 27,1 [24,7–32,7] ($p < 0,001$), УИ 46,6 [41,8–51,0] и 51,7 [47,1–55,7] ($p < 0,001$), а также ИММЛЖ 100,4 [94,2–107,7] и 122,3 [102,7–135,5] ($p < 0,001$) соответственно. При сравнении спортивных дисциплин трек (спринт) и шоссе выявлены статистически значимые различия по всем исследуемым показателям: иКДР 27,1 [25,7–28,1] и 28,9 [27,6–30,6] ($p < 0,001$); иКСР 16,9 [16,1–17,9] и 18,4 [17,4–19,8] ($p < 0,001$); иКДО 71,4 [64,8–75,9] и 76,4 [70,9–82,1] ($p < 0,001$); иКСО 23,9 [21,6–25,5] и 26,1 [24,3–29,7] ($p < 0,001$); УИ 46,6 [41,8–51,0] и 49,9 [46,6–52,8] ($p = 0,006$); ИММЛЖ 100,4 [94,2–107,7] и 112,0 [100,6–126,6] ($p < 0,001$) соответственно. По остальным изучаемым показателям в рамках и при попарном сравнении спортивных дисциплин в рамках вида спорта велоспорт у мужчин не было выявлено статистически значимых различий между группами ($p > 0,0083$, с учетом поправки на множественное сравнение).

Волейбол (волейбол в помещении, пляжный волейбол)

При сравнительном анализе спортивных дисциплин волейбол в помещении и пляжный волейбол у женщин

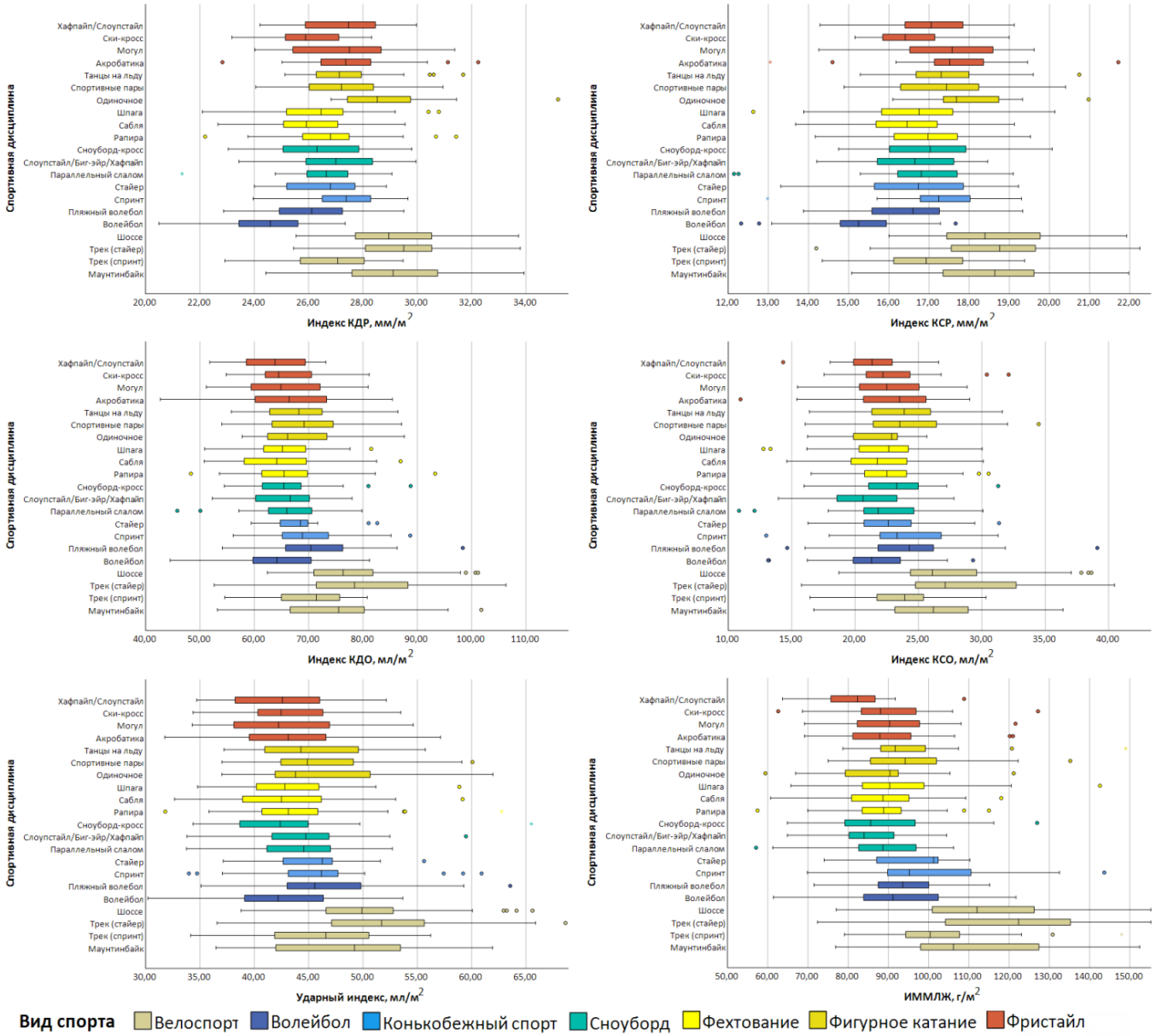


Рис. 4. Сравнительный анализ исследуемых эхоКГ-параметров для спортивных дисциплин различных видов спорта у мужчин
Fig. 4. Comparative analysis of the studied echocardiography parameters for sports disciplines of various sports in men

были выявлены статистически значимые различия по иКДР 26,1 [24,9–27,1] и 26,9 [26,1–28,4] ($p = 0,005$), иКСР 16,0 [15,4–17,0] и 17,1 [16,2–17,5] ($p = 0,001$), иКДО 60,6 [55,6–64,8] и 64,9 [58,4–71,0] ($p = 0,015$), иКСО 18,8 [17,7–21,7] и 21,4 [19,4–23,2] ($p = 0,003$), ИММЛЖ 72,4 [67,7–78,1] и 77,7 [69,9–86,4] ($p = 0,025$) соответственно. По параметру УИ не было выявлено статистически значимых различий между спортивными дисциплинами ($p = 0,062$).

У мужчин были выявлены статистически значимые различия по показателям иКДР 24,6 [23,4–25,6] и 26,1 [24,9–27,2] ($p = 0,005$), иКСР 15,2 [14,8–16,0] и 16,6 [15,6–17,3] ($p = 0,001$), иКДО 64,1 [59,7–70,6] и 70,4 [65,4–76,3] ($p = 0,015$), иКСО 21,3 [19,8–23,6] и 24,3 [21,8–26,3] ($p = 0,003$), УИ 42,2 [39,0–46,5] и 45,6 [42,8–50,0] ($p = 0,025$) соответственно. По параметру ИММЛЖ не было выявлено статистически значимых различий между спортивными дисциплинами ($p = 0,343$).

Конькобежный спорт (спринтеры, стайеры)

При сравнительном анализе спортсменов спринтеров и стайеров у женщин были выявлены статистически значимые различия по показателям иКДР 27,6 [26,8–28,7] и 29,2 [27,9–30,2] ($p = 0,005$), иКСР 17,0 [16,4–18,3] и 18,2 [17,6–18,8] ($p = 0,001$), ИММЛЖ 76,5 [71,1–83,9] и 84,1 [76,4–91,5] ($p = 0,025$) соответственно. По другим показателям в сравниваемых группах спринтеров и стайеров у женщин не было выявлено статистически значимых различий ($p > 0,05$). У мужчин не было выявлено статистически значимых различий ни по одному из исследуемых показателей ($p > 0,05$).

Сноуборд (параллельный слалом, слоупстайл, сноуборд-кросс)

Для спортсменов вида спорта сноуборд для обеих полов не было выявлено статистически значимых различий между сравниваемыми спортивными дисциплинами (параллельный слалом, слоупстайл, сноуборд-кросс) ни по одному из исследуемых показателей эхоКГ (p > 0,017, с учетом поправки на множественное сравнение).

Фехтование (рапира, сабля, шпага)

У женщин не было выявлено статистически значимых различий между сравниваемыми спортивными дисциплинами (сабля, рапира, шпага) ни по одному из исследуемых показателей эхоКГ (p > 0,017, с учетом поправки на множественное сравнение). У мужчин также не было выявлено статистически значимых различий между сравниваемыми спортивными дисциплинами по всем показателям, за исключением иКДР у рапиристов 26,8 [25,7–27,5] и саблистов 25,9 [25,1–27,1] (p = 0,009).

Фигурное катание (одиночное катание, спортивные пары, танцы на льду)

Аналогичная ситуация наблюдалась при сравнении спортсменов обоих полов в фигурном катании. Исключением стало сравнение показателя иКДР у мужчин в одиночном катании 28,5 [27,4–30,0] и танцах на льду 27,1 [26,3–28,2], где были выявлены статистически значимые различия между группами (p = 0,005). Во всех остальных случая не было выявлено статистически значимых различий между сравниваемыми спортивными дисциплинами ни по одному из исследуемых эхо-КГ показателей (p > 0,017, с учетом поправки на множественное сравнение).

Фристайл (акробатика, могул, ски-кросс, хафпайп/слоупстайл)

В рамках вида спорта фристайл у женщин имели статистически значимые различия между спортивными дисциплинами ски-кросс и хафпайп/слоупстайл по иКДР 27,1 [26,3–28,3] и 29,1 [28,2–29,8] (p = 0,001) и иКСР 17,0 [16,4–17,9] и 18,3 [17,6–19,2] (p = 0,003) соответственно. У мужчин были выявлены статистически значимые различия между спортивными дисциплинами акробатика и ски-кросс по показателям иКДР 27,4 [26,4–28,3] и 25,9 [25,0–27,1] (p = 0,001) и иКСР 17,5 [17,1–18,4] и 16,4 [15,8–17,2] (p < 0,001) соответственно. По остальным изучаемым показателям, в рамках рассматриваемых при попарном сравнении спортивных дисциплин, для вида спорта фристайл у обоих полов не было выявлено статистически значимых различий между группами (для всех случаев p > 0,0083, с учетом поправки на множественное сравнение).

4. Обсуждение

Влияние регулярных физических нагрузок на адаптацию сердечно-сосудистой системы всегда представляло особый интерес. Среди существующих ныне методов диагностики за счет своей доступности, универсальности, простоты и низкой стоимости эхокардиографический метод является наиболее распространенным методом комплексной оценки структуры и функций сердца у спортсменов, а также оценки влияния регулярной физической нагрузки на миокард [4, 10]. Многие авторы отмечают, что при изучении сердца спортсмена важен комплекс параметров, отражающих функцию ЛЖ, а также морфологические изменения [11]. Важно подчеркнуть, что исследователи делают выбор в пользу использования индексированных показателей, поскольку они учитывают индивидуальные антропометрические особенности человека, позволяя повысить точность диагностики, а также проводить корректные сравнения между разными пациентами, унифицируя подход к оценке сердца [12–15].

Традиционно исследования в области спортивного сердца фокусируются на сравнении видов спорта с принципиально разным характером нагрузок, например, на выносливость и силу [2, 16]. Однако в рамках одного и того же вида спорта существуют разные по характеру двигательной активности спортивные дисциплины и подходы к тренировочному процессу, которые могут также оказывать различное воздействие на сердечно-сосудистую систему спортсменов. Основной проблемой, которая не позволяет проводить сравнения в таких случаях, является малое количество исследуемых спортсменов в каждой спортивной дисциплине. Данный вопрос может быть решен при помощи накопления данных в течение длительного периода времени наблюдения за спортсменами различных видов спорта и спортивных дисциплин.

Настоящее исследование было выполнено на ретроспективных данных, собранных в течение 10 лет и включает в себя эхокардиографические параметры ЛЖ у спортсменов сборных команд Российской Федерации по 7 видам спорта и 21 спортивной дисциплине отдельно у мужчин и женщин в одной из самых представительных выборок спортсменов подобного уровня.

В рамках изучения велоспорта как у женщин, так и у мужчин спортивные дисциплины маунтинбайк, трек (стайер) и шоссе друг от друга по исследуемым показателям не отличались. Это представляется логичным, поскольку для данных спортивных дисциплин характерна длительная монотонная объемная нагрузка, что одинаково сказывается на ремоделировании сердца, формируя сходную его адаптацию [17, 18]. Однако незначимые различия в характере нагрузок между дисциплинами могут накладывать свой отпечаток (переменность, интервальность нагрузки с элементами «силовой» выносливости в трековых стайерских дисциплинах и маунтинбайке), который может быть обнаружен при более детальном анализе. Так, дисциплина маунтинбайк отличается от спринта лишь по иКДР как у мужчин, так и у женщин. Для всех остальных параметров наблюдается только тенденция к различиям. В то же время стайеры

и шоссейные гонщики имеют статистически более высокие показатели объема ЛЖ, массы ЛЖ и УИ. В проведенном исследовании показано, что такие же различия являются закономерными и внутри трековых дисциплин.

Полученные результаты согласуются с общепринятой парадигмой: у стайеров на треке и шоссейников показатели размеров левого желудочка значимо выше, чем у спринтеров. Это полностью соответствует характеру нагрузок: спортсмены дисциплины «трек» (стайеры) и шоссейники подвергаются длительным объемным аэробным нагрузкам, ведущим к дилатации полости левого желудочка и гипертрофии, в то время как у спринтеров преобладает концентрическое ремоделирование [19]. Схожие результаты были получены в исследовании Kuchynka P. et al. (2019), где у велогонщиков, специализирующихся в гонках на выносливость, отмечались большие размеры полости ЛЖ и масса миокарда по сравнению с контрольной группой и спортсменами в других дисциплинах, хотя прямого сравнения со спринтерами не проводилось [20]. Настоящее исследование дополняет эти данные, показывая, что даже внутри трековых дисциплин различия между спринтерами и стайерами носят системный характер. Дисциплина маунтинбайк отличается лишь по двум исследуемым параметрам от дисциплины трек (спринт): иКДР и иКСР, как у мужчин, так и у женщин. Для всех остальных параметров наблюдается тенденция к различиям, что требует дальнейшего исследования на большей выборке спортсменов.

При сравнении спортивных дисциплин в волейболе были выявлены различия как у мужчин, так и у женщин. Нагрузка для спортсменов в пляжном волейболе считается более высокой, чем в волейболе в помещении. Песок является более мягкой и нестабильной поверхностью, каждое движение (прыжок, рывок, изменение направления движения) требует значительно большего вовлечения мышечных групп всего тела для постоянной стабилизации на поверхности [21]. Передвижение по песку более энергозатратно, чем по спортивному покрытию терафлекс с той же скоростью. Вторым немаловажным фактором является то, что в пляжном волейболе в одной команде играют два игрока, а в классическом шесть, и соотношение зон, которые необходимо перекрывать спортсменам пляжного волейбола, в 3 раза больше для каждого игрока [22]. Третий фактор — амплуа игроков. В пляжном волейболе игроки являются универсалами, не разделяются на нападающих и защитников. Спортсмены в равной степени выполняют одинаковую работу на площадке, что требует более интенсивной работы в каждом розыгрыше. В волейболе в помещении существует четкое разделение на амплуа: либеро, связующий, диагональный, доигровщик, центральный блокирующий, что в определенной степени снижает нагрузку на игрока. Четвертым фактором дополнительных нагрузок в пляжном волейболе можно считать отсутствие замен. Эти данные находят подтверждение в работе J. M. Palao et al. (2013), которая показала, что физиологическая нагрузка у игроков в пляжный волейбол значительно выше, чем у их коллег в зале [23].

Что касается влияния конькобежного спорта на ремоделирование сердца, то среди мужчин не было выявлено каких-либо различий между спринтерами и стайерами, в то время как у женщин они отмечены по иКДР и ИММЛЖ, и наблюдалась тенденция к различиям по параметру УИ, причем показатели у стайеров были выше в сравнении со спринтерами. Подобный паттерн у женщин в отличие от мужчин может быть связан с тем, что среди мужчин-конькобежцев наблюдается больше универсалов, которые выступают и на спринтерских, и на стайерских дистанциях, что связано с комплексом физиологических, анатомических и исторических причин. В мужском конькобежном спорте исторически сложилась очень высокая конкуренция, особенно после включения в программу соревнований по многоборью: для этого спортсменам приходилось развивать все качества одновременно. В женском конькобежном спорте конкуренция всегда была ниже, что сказалось на разделении спринтеров и стайеров. В связи с этим можно отметить, что в конькобежном спорте различия в адаптации сердца к нагрузке в большей степени обусловлены гендерным фактором, чем разницей в нагрузке, характерной для дисциплины.

Мужчины обладают большей мышечной массой и отличительными особенностями состава мышечных волокон в сравнении с женщинами [24, 25]. Такие факторы являются ключевыми для развития взрывной мощности, необходимой для спринтерских видов дистанций (500 и 1000 метров). Имея мощную мышечную базу, мужчине-спринтеру проще наработать в последующем аэробную выносливость для стайерских дистанций, чем женщине-стайеру развить спринтерскую мощность при ее меньшей исходной мышечной массе.

В рамках изучения адаптации сердца для таких видов спорта, как сноуборд, фехтование, фигурное катание, фристайл не было выявлено различий между спортивными дисциплинами по изучаемым параметрам эхоКГ. Единичные статистически значимые различия наблюдались по параметрам иКДР как у мужчин, так и у женщин, однако клиническая значимость различий невелика, что отмечалось и в других спортивных дисциплинах. В данных случаях можно говорить скорее о гендерных различиях, чем о влиянии нагрузки, характерной для дисциплины, на ремоделирование миокарда. Отсутствие устойчивых клинически значимых различий между дисциплинами в этих видах спорта позволяет сделать вывод, что характер нагрузки внутри каждого из этих видов является достаточно однородным с точки зрения его воздействия на сердечно-сосудистую систему. Это согласуется с концепцией, согласно которой ключевым фактором является не столько специфика двигательных действий, сколько гемодинамический профиль нагрузки (преобладание объемной или резистивной) [2, 11]. Существенных различий в структуре

сердца не было выявлено у спортсменов, занимающихся фристайлом и фигурным катанием, что подтверждает гипотезу о схожем гемодинамическом отклике различных спортивных дисциплин в рамках каждого вида спорта [26].

Ограничениями данного исследования являются проведение исследования в рамках одного центра, что не позволило включить в него более широкий контингент спортсменов, а также возраст спортсменов, поскольку в исследование не включались спортсмены младше 16 лет, поскольку данную групп спортсменов необходимо рассматривать отдельно в силу физиологических особенностей развития. Также в рамках настоящего исследования не был произведен учет некоторых факторов, которые могли бы повлиять на ремоделирование миокарда (частота сердечных сокращений, этнические и генетические факторы, прием лекарственных препаратов, а также спортивный стаж). Некоторые дисциплины представлены малым количеством спортсменов, в связи с чем результаты могут измениться при последующем накоплении данных.

Полученные данные показывают, что дальнейшее использование иКДР для анализа адаптивных различий ССС между видами спорта ввиду его низкой информативности, малой вариативности и степени клинической значимости нецелесообразно. Другие показатели — иКДО, УИ и ИММЛЖ — являются более предпочтительными. Направления дальнейших исследований должны быть сосредоточены на совместной оценке показателей адаптации сердца и спортивной работоспособности, расширении перечня видов спорта и спортивных дисциплин для понимания вклада различных адаптивных изменений сердца в спортивные результаты. Дополнительные сведения могут дать другие, более точные визуализирующие методы (спекл-трекинг эхокардиография, магнитно-резонансной томографии) исследования. Однако традиционная эхоКГ остается достаточно информативным методом скринингового исследования, позволяющим на основании сравнительного анализа с особенностями ремоделирования сердца у спортсменов определить его нестандартные, патологические отклонения.

5. Заключение

Адаптация сердечно-сосудистой системы спортсменов к физическим нагрузкам представляет собой сложный процесс структурных и функциональных изменений. Вектор процесса ее адаптации зависит от типа нагрузки и длительности воздействия тренировочного импульса, характерных для отдельных дисциплин даже в пределах одного вида спорта. В результате внутри некоторых видов имеются значительные вариации объемов сердца и его массы (например, в велоспорте), а в других они менее выражены или отсутствуют.

Кроме того, имеются гендерные особенности в реакциях на равнонаправленные тренировочные нагрузки. Так, в пляжном волейболе у спортсменов-мужчин в основном развивается адаптация к скоростно-силовым показателям, а у женщин — к силовым. У женщин конькобежцев-спринтеров наблюдаются более низкие значения показателей, отражающих степень адаптации сердца к физическим нагрузкам по сравнению со стайерами. В то же время у мужчин-конькобежцев между спринтерами и стайерами различий не выявлено. В других видах спорта подобные гендерные различия могут вообще отсутствовать (сноуборд, фехтование, фигурное катание, фристайл).

Полученные данные указывают на недостаточную валидность обобщенных характеристик сердца спортсменов в видах спорта, разделенных только на крупные категории, и свидетельствуют о необходимости формировать базу референсных значений для входящих в них дисциплин.

Вклад авторов:

Сергей Александрович Базанович — концепция и дизайн исследования, сбор данных, анализ и интерпретация данных, визуализация данных, написание текста статьи.

Виктория Асланбековна Бадтиева — концепция и дизайн исследования, редактирование текста, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования.

Антон Вячеславович Сливин — анализ и интерпретация данных, написание текста статьи, визуализация данных, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования.

Александр Сергеевич Шарыкин — редактирование текста, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования.

Authors' contributions:

Sergey A. Bazanovich— conception and design of the study, data collection, data analysis and interpretation, data visualization, and drafting the manuscript.

Viktoria A. Badtieva — conception and design of the study, manuscript editing, and final approval of the version of the article for publication.

Anton V. Slivin — data analysis and interpretation, drafting the manuscript, data visualization, and final approval of the version of the article for publication.

Aleksandr S. Sharykin — manuscript editing and final approval of the version of the article for publication.

Список литературы / References

1. **Flanagan H., Cooper R., George K.P., Augustine D.X., Malhotra A., Paton M.F., Robinson S., Oxborough D.** The athlete's heart: insights from echocardiography. Echo Res. Pract. 2023;10(1):15. https://doi.org/10.1186/s44156-023-00027-8

2. **Pelliccia A., Sharma S., Gati S., Bäck M., Börjesson M., Caselli S., et al.** ESC Scientific Document Group. 2020 ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease. Eur. Heart J. 2021;42(1):17–96. https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa605

3. **Фискалов В.Д., Черкашин В.П.** Теоретико-методические аспекты практики спорта. Москва: Спорт; 2022. [**Fis-**

kalov V.D., Cherkashin V.P. Theoretical and methodological aspects of sports practice. Moscow: Sport; 2022. (In Russ.)].

4. **D'Ascenzi F., Anselmi F., Mondillo S., Finocchiaro G., Caselli S., Garza M.S., et al.** The use of cardiac imaging in the evaluation of athletes in the clinical practice: A survey by the Sports Cardiology and Exercise Section of the European Association of Preventive Cardiology and University of Siena, in collaboration with the European Association of Cardiovascular Imaging, the European Heart Rhythm Association and the ESC Working Group on Myocardial and Pericardial Diseases. Eur. J. Prev. Cardiol. 2021;28(10):1071–1077. https://doi.org/10.1177/2047487320932018

5. **Palermi S., Cavarretta E., D'Ascenzi F., Castelletti S., Ricci F., Vecchiato M., et al.** Athlete's Heart: A Cardiovascular Step-By-Step Multimodality Approach. Rev. Cardiovasc. Med. 2023;24(5):151. https://doi.org/10.31083/j.rcm2405151

6. **Barbier J., Ville N., Kervio G., Walther G., Carré F.** Sports-specific features of athlete's heart and their relation to echocardiographic parameters. Herz. 2006;31(6):531–543. https://doi.org/10.1007/s00059-006-2862-2

7. **Гарганеева Н.П., Таминова И.Ф., Калюжин В.В., Калюжина Е.В., Смирнова И.Н.** Прогностические факторы, определяющие изменения сердечно-сосудистой системы в зависимости от типа и интенсивности физических нагрузок у квалифицированных спортсменов. Российский кардиологический журнал. 2021;26(10):4647. [**Garganeeva N.P., Taminova I.F., Kalyuzhin V.V., Kalyuzhina E.V., Smirnova I.N.** Predictive factors of cardiovascular changes depending on the type and intensity of physical activity in professional athletes. Russian Journal of Cardiology. 2021;26(10):4647. (In Russ.)]. https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4647

8. Di **Gioia G., Ferrera A., Vespasiano F., Maestrini V., Monosilio S., Lemme E., et al.** Insight on Exercise-Induced Heart Remodeling in Different Track and Field Disciplines. J. Clin. Med. 2024;13(20):6027. https://doi.org/10.3390/jcm13206027

9. **Waśkiewicz Z., Bezuglov E., Talibov O., Gajda R., Mukhambetov Z., Azerbaev D., Bondarev S.** Divergent Cardiac Adaptations in Endurance Sport: Atrial Fibrillation Markers in Marathon Versus Ultramarathon Athletes. J. Cardiovasc. Dev. Dis. 2025;12(7):260. https://doi.org/10.3390/jcdd12070260

10. **Pelliccia A., Maron B.J., Spataro A., Proschan M.A., Spirito P.** The upper limit of physiologic cardiac hypertrophy in highly trained elite athletes. N. Engl. J. Med. 1991;324(5):295–301. https://doi.org/10.1056/NEJM199101313240504

11. **Albaeni A., Davis J.W., Ahmad M.** Echocardiographic evaluation of the Athlete's heart. Echocardiography. 2021;38(6):1002–1016. https://doi.org/10.1111/echo.15066

12. Di **Gioia G., Squeo M.R., Ferrera A., Macori L., Rigillo M., Spada R., Pelliccia A.** The Impact of Body Surface Area on Morpho-Functional and Cardiometabolic Parameters in a Large Cohort of Olympic Athletes: Distinct Bodies, Distinct Physiology. J. Funct. Morphol. Kinesiol. 2025;10(4):405. https://doi.org/10.3390/jfmk10040405

13. **Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V., Afilalo J., Armstrong A., Ernande L., et al.** Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging. 2015;16(3):233–271. https://doi.org/10.1093/ehjci/jev014

14. Хроническая сердечная недостаточность. Клинические рекомендации 2024. Рубрикатор клинических рекомендаций. [Chronic heart failure. Clinical guidelines for 2024. Rubricator of clinical recommendations]. Available at: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/156_2 (accessed 4 February 2026). (In Russ.).

15. Артериальная гипертензия у взрослых. Клинические рекомендации 2024. Рубрикатор клинических рекомендаций. [Arterial hypertension in adults. Clinical recommendations 2024. Rubricator of clinical recommendations]. Available at: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/62_3 (accessed 4 February 2026). (In Russ.).

16. **Boraita A., Díaz-Gonzalez L., Valenzuela P.L., Heras M.E., Morales-Acuna F., Castillo-García A., Lucia M.J., Suja P., Santos-Lozano A., Lucia A.** Normative Values for Sport-Specific Left Ventricular Dimensions and Exercise-Induced Cardiac Remodeling in Elite Spanish Male and Female Athletes. Sports Med. Open. 2022;8(1):116. https://doi.org/10.1186/s40798-022-00510-2

17. **Allen H., Coggan A.** Training and racing with a power meter. VeloPress; 2012

18. **Pluim B.M., Zwinderman A.H., van der Laarse A., van der Wall E.E.** The athlete's heart. A meta-analysis of cardiac structure and function. Circulation. 2000;101(3):336–344. https://doi.org/10.1161/01.cir.101.3.336

19. **Kenney W.L., Wilmore J.H., Costill D.L.** Physiology of sport and exercise. Human kinetics; 2022

20. **Kuchynka P., Palecek T., Vilikus Z., Havranek S., Taborska K., Louch W.E., Linhart A.** Cardiac structural and functional changes in competitive amateur cyclists. Echocardiography. 2010;27(1):11–16. https://doi.org/10.1111/j.1540-8175.2009.00965.x

21. **Balasas D.G., Christoulas K., Stefanidis P., Vamvakoudis E., Bampouras T.M.** The effect of beach volleyball training on muscle performance of indoor volleyball players. J. Sports Med. Phys. Fitness. 2018;58(9):1240–1246. https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.07162-6

22. **Olmedo J.M.J., Pueo B., Tomas A.P., Mira J.J.C., Turpin J.A.P.** Physiological work areas in professional beach volleyball players during competition matches (Work zones in professional beach volleyball players: A case study). Retos. 2017;31(31):94–97. https://doi.org/10.47197/retos.v0i31.44002

23. **Palao J. M., Lopez-Martinez A., Valades D., Hernandez E.** Manner of Execution and Efficacy of Reception in Men's Beach Volleyball. Monten. J. Sports Sci. Med. 2019;8(2):21–26. https://doi.org/10.26773/mjssm.190903

24. **Abe T., Kearns C.F., Fukunaga T.** Sex differences in whole body skeletal muscle mass measured by magnetic resonance imaging and its distribution in young Japanese adults. Br. J. Sports Med. 2003;37(5):436–440. https://doi.org/10.1136/bjsm.37.5.436

25. **Haizlip K.M., Harrison B.C., Leinwand L.A.** Sex-based differences in skeletal muscle kinetics and fiber-type composition. Physiology (Bethesda). 2015;30(1):30–39. https://doi.org/10.1152/physiol.00024.2014

26. D'**Andrea A., Riegler L., Morra S., Scarafile R., Salerno G., Cocchia R., et al.** Right ventricular morphology and function in top-level athletes: a three-dimensional echocardiographic study. J. Am. Soc. Echocardiogr. 2012;25(12):1268–1276. https://doi.org/10.1016/j.echo.2012.07.020

Информация об авторах

Сергей Александрович Базанович, мл. научный сотрудник научно-исследовательского отдела ФГБУ «Национальный центр спортивной медицины Федерального медико-биологического агентства», 121059, Москва, ул. Б. Дорогомиловская, д. 5; мл. научный сотрудник лаборатории изучения коморбидности и инфекционных осложнений НИИ реабилитологии им. проф. И. В. Пряникова, Россия, 141534, г.о. Солнечногорск, д. Лыткино, д. 777. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5504-8122 (mr.bazanovich@mail.ru)

Sports Medicine: research and practice

Виктория Асланбековна Бадтиева, д.м.н., академик РАН, ведущий научный сотрудник научно-исследовательского отдела ФГБУ «Национальный центр спортивной медицины Федерального медико-биологического агентства», 121059, Москва, ул. Б. Дорогомиловская, д. 5; заведующая филиалом № 1, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины, Россия, 105120, Москва, ул. Земляной Вал, д. 53, стр. 1; профессор кафедры восстановительной медицины, реабилитации и курортологии, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Россия, 119991, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4291-679X (vbadtieva@gmail.com)

Антон Вячеславович Сливин*, к.м.н., врач по спортивной медицине отдела медицинского обеспечения спортивных сборных команд и соревнований ФГБУ «Национальный центр спортивной медицины Федерального медико-биологического агентства», 121059, Москва, ул. Б. Дорогомиловская, д. 5. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2107-6525 (anton-slivin@mail.ru)

Александр Сергеевич Шарыкин, д.м.н., профессор, ведущий научный сотрудник научно-исследовательского отдела ФГБУ «Национальный центр спортивной медицины Федерального медико-биологического агентства», 121059, Москва, ул. Б. Дорогомиловская, д. 5; врач-кардиолог, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины, 105120, Москва, ул. Земляной Вал, д. 53, стр. 1; профессор кафедры госпитальной педиатрии, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова (Пироговский Университет), Россия, 117513, Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5378-7316 (sharykin1947@mail.ru)

Information about the authors:

Sergey A. Bazanovich, Junior Research Fellow, Research Department, National Center for Sports Medicine of the Federal Medical and Biological Agency, 5 Bolshaya Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, Russia; Junior Research Fellow, Laboratory for the Study of Comorbidity and Infectious Complications, I.V. Pryanikov Research Institute of Rehabilitology, 777 Litkino Village, Solnechnogorsk Urban District, 141534, Russia. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5504-8122 (mr.bazanovich@mail.ru)

Viktoria A. Badtieva, Dr. Sci. (Med.), Academician of the Russian Academy of Sciences, Leading Research Fellow, Research Department, National Center for Sports Medicine of the Federal Medical and Biological Agency, 5 Bolshaya Dorogomilovskaya str., Moscow 121059, Russia; Head of Branch No. 1, Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, 53/1 Zemlyanoy Val St., Moscow 105120, Russia; Professor, Department of Restorative Medicine, Rehabilitation and Balneology, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 8/2 Trubetskaya str., Moscow, 119991, Russia. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4291-679X (vbadtieva@gmail.com)

Anton V. Slivin*, Cand. Sci. (Med.), Sports Medicine Physician, Department of Medical Support for Sports National Teams and Competitions, National Center for Sports Medicine of the Federal Medical and Biological Agency, 5 Bolshaya Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, Russia. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2107-6525 (anton-slivin@mail.ru)

Aleksandr S. Sharykin, Dr. Sci. (Med.), Professor, Leading Research Fellow, Research Department, National Center for Sports Medicine of the Federal Medical and Biological Agency, 5 Bolshaya Dorogomilovskaya , Moscow, 121059, Russia; Cardiologist, Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, 53/1 Zemlyanoy Val St., str., Moscow, 105120, Russia; Professor, Department of Hospital Pediatrics, Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov University), 1/6 Ostrovityanova str., Moscow, 117513, Russia. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5378-7316 (sharykin1947@mail.ru)

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

Спортивная Медицина: наука и практика

https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.2.3

УДК: 796.412

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original research

Check for updates

CC BY 4.0

Контроль техники выполнения элементов в эстетической гимнастике с использованием нейросетевого видеоанализа

Е.А. Котикова-Шуголь[1], Л.А. Новикова[1], М.Н. Петров[2], С.С. Симаков[2,3]

[1] *ФГБОУ ВО «Российский университет спорта "ГЦОЛИФК"», Москва, Россия*

[2] *ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), Москва Россия*

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

АННОТАЦИЯ

Цель исследования: разработать и апробировать объективную методику контроля техники выполнения обязательных элементов в эстетической гимнастике для спортсменок высокой квалификации на основе программного обеспечения с использованием цифрового биомеханического анализа.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие гимнастки команды «Амуаж» (n = 8), мастера спорта России в возрасте от 19 до 22 лет. С помощью программы «КимеоПро» проводился анализ угловых параметров при выполнении изолированных, комбинированных равновесий и прыжков. Программа позволила с высокой точностью измерить амплитуду движений и временные параметры. Полученные данные обрабатывались статистически с вычислением средних арифметических величин ($\bar{x}$) и стандартных отклонений ($\pm m$).

Результаты. Средние групповые показатели угловых величин у квалифицированных гимнасток значительно превышают нормативные требования правил соревнований. Например, амплитуда в боковом равновесии составила 197,25 ± 1,57° (при норме 180°), наклон туловища — 58,55 ± 0,66° (при норме 45°), амплитуда прыжка «щука» достигла 237,51 ± 3,60°. Программа позволила точно измерить время фиксации равновесия (4 секунды) и оценить идентичность формы элементов у разных спортсменок по углам в суставах.

Заключение. Применение программы «КимеоПро» обеспечивает точность, воспроизводимость и объективность оценки техники исполнения обязательных элементов в эстетической гимнастике, минимизируя субъективный фактор, присущий традиционному визуальному контролю.

Ключевые слова: эстетическая гимнастика, спортсменки высокой квалификации, биомеханический анализ, угловые и временные параметры, техника выполнения элементов, цифровые технологии

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Котикова-Шуголь Е.А., Новикова Л.А., Петров М.Н., Симаков С.С. Контроль техники выполнения элементов в эстетической гимнастике с использованием нейросетевого видеоанализа. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2026;16(2):99–108. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.2.3

Поступила в редакцию: 06.04.2026
Принята к публикации: 10.05.2026
Online first: 26.08.2026
Опубликована: 13.11.2026

*** Автор, ответственный за переписку**

Sports Medicine: research and practice

Technique control of elements performance in aesthetic gymnastics using neural network video analysis

Ekaterina A. Kotikova-Shugol[1], Larisa A. Novikova[1], Mikhail N. Petrov[2], Sergey S. Simakov[2,3]

[1]The Russian University of Sports "GTsOLIFK", Moscow, Russia

[2]Institute of Physics and Technology (National Research University), Moscow, Russia

Sechenov State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

ABSTRACT

The aim: to develop and test an objective technique for monitoring the performance of compulsory elements in aesthetic gymnastics for highly qualified athletes using software based on digital biomechanical analysis

Material and methods: The study involved gymnasts from the «Amuazh» team (n = 8), Russian Masters of Sports aged 19 to 22. The «KimeoPro» software was used to analyze the angular parameters during the performance of isolated, combined balances and jumps. The software allowed for accurate measurement of the amplitude of movements and temporal parameters. The obtained data were processed statistically with calculation of arithmetic means ($\bar{x}$) and standard deviations (± m).

Results: It has been established that the average group indicators of angular values in qualified gymnasts significantly exceed the regulatory requirements of the competition rules. For example, the amplitude in lateral balance was 197.25 ± 1.57° (with a norm of 180°), the inclination of the trunk was 58.55 ± 0.66° (with a norm of 45°). The amplitude of the "pike" jump reached 237.51 ± 3.60°. The program allowed us to accurately measure the time of balance fixation (4 s) and evaluate the identity of the shape of elements in different athletes based on the angles in their joints.

Conclusion: The use of the «KimeoPro» program ensures accuracy, reproducibility, and objectivity in assessing the technique of performing mandatory elements in aesthetic gymnastics, minimizing the subjective factor inherent in traditional visual control.

Keywords: aesthetic gymnastics, highly qualified athletes, biomechanical analysis, angular and temporal parameters, technique of performing elements, digital technologies

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

For citation: Kotikova-Shugol E., Novikova L., Petrov M., Simakov S. Control of the technique of performing elements in aesthetic gymnastics using neural network video analysis. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2026;16(2):99–108. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2026.2.3

Received: 06 April 2026
Accepted: 10 May 2026
Online first: 26 August 2026
Published: 13 November 2026

***Corresponding author**

1. Введение

Эстетическая групповая гимнастика — сложнокоординационный, технико-эстетический вид спорта, основу соревновательных программ которого составляют разнообразные движения телом, выполняемые синхронно, каноном, асинхронно под музыкальное сопровождение [1]. В состав команды входят от 6 до 10 человек. По международным правилам соревнований композиция упражнений должна включать такие элементы, как равновесия, прыжки, повороты, серии движений телом, волны, взмахи, поддержки, взаимодействия и другие специфические элементы эстетической гимнастики.

Три бригады судей оценивают исполнение, артистическую и техническую ценность соревновательных программ спортсменок. Максимальная соревновательная оценка составляет 30 баллов, распределяясь по 10 баллов в каждой судейской бригаде.

В эстетической гимнастике существует следующая градация трудности элементов: A — 0,1 балла, B — 0,2 балла, C — 0,3 балла. Для получения максимальной технической ценности при выполнении равновесий и прыжков гимнастки должны демонстрировать соответствие следующим морфокинематическим критериям: амплитуде (угловые параметры между опорной (толчковой) и маховой ногами) не менее 180°, наклону туловища (отклонение туловища от вертикальной оси) не менее 45° и скручиванию туловища (угол поворота между линией плеч и линией бедер) не менее 75°. При этом принимать заданную форму элемента гимнастки должны синхронно [2, 3]. Методика контроля техники выполнения элементов в учебно-тренировочных занятиях в гимнастике основывается на эмпирическом опыте тренера, а во время соревнований — на субъективном визуальном анализе судей.

Поэтому поиск методик, позволяющих осуществлять контроль техники выполнения элементов и минимизировать субъективность в оценке техники двигательных действий в эстетической гимнастике, является актуальной проблемой тренерской практики [4].

В связи с вышесказанным **целью исследования** являлась разработка и апробация объективной методики контроля техники выполнения обязательных элементов в эстетической гимнастике для спортсменок высокой квалификации на основе программного обеспечения с использованием цифрового биомеханического анализа.

2. Материалы и методы

Учитывая, что по правилам соревнований команда в эстетической гимнастике должна состоять от 6 до 10 человек, в исследовании приняли участие 8 спортсменок высокой квалификации команды «Амуаж», имеющих звание мастеров спорта по эстетической гимнастике, членов сборной команды России в возрасте от 19 до 22 лет.

В исследовании представлен анализ следующих обязательных элементов эстетической гимнастики: боковое равновесие, заднего равновесия с помощью руки, прыжка «щука» и комбинированного равновесия, состоящего их двух форм: 1 — «панше» с прямой ногой, 2 — «панше» с согнутой ногой.

В гимнастике форму элемента определяют как совокупность пространственных, временных и динамических характеристик движений, объединенных в целостную структуру, подчиненную законам биомеханики и требованиям правил соревнований. В ходе исследования был выполнен анализ показателей угловых величин обязательных элементов (равновесий и прыжков), соревновательных комбинаций гимнасток с использованием программного обеспечения для спортивной аналитики «КимеоПро» (свидетельство государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025693351), адаптированного под специфику эстетической гимнастики. В программный комплекс были включены дополнительные признаки, позволяющие определить амплитуду движений с точностью до 1°, согласованность выполнения элементов с точностью до 0,01 секунды, а также выполнить анализ биомеханических показателей нескольких человек одновременно.

Программный комплекс «КимеоПро» представляет собой цифровой инструментарий, предназначенный для захвата, обработки и анализа видеоданных о движении человека. Основные функции включают в себя трекинг ключевых точек тела, расчет кинематических параметров (траекторий, скоростей, углов в суставах) и визуализацию результатов.

Программный комплекс позволяет проводить сравнительный анализ временных рядов (синхронное количественное сравнение нескольких записей), формировать производные (синтетические) признаки на основе базовых параметров движения, представлять результаты обработки в виде детализированного цифрового отчета и набора графиков (графики временных рядов, диаграммы рассеяния, тепловые карты траекторий). Приложение ориентировано на применение в спортивной науке, клинической реабилитации и биомеханических исследованиях.

Полученные в процессе исследования данные подвергались статистической обработки с помощью программ MSOffice в табличном редакторе Excel.

3. Результаты

По правилам соревнований эстетической гимнастики для получения максимально возможной оценки равновесий и прыжков спортсменки должны демонстрировать амплитуду между опорной и маховой ногами не менее 180°, при наклоне туловища не менее 45°. Согласно полученным данным при боковом равновесии средний групповой показатель амплитуды гимнасток составил 197,25 ± 1,57°, а при выполнении наклона туловища — 58,55 ± 0,66° (относительно вертикальной оси), что превышает необходимую амплитуду на 9,58 и 30% соответственно (табл. 1).

Таблица 1

Средние групповые показатели угловых величин при выполнении бокового равновесия гимнастками высокой квалификации

Table 1

Average group indicators of angular values during lateral balance performed by highly qualified gymnasts

Боковое равновесие		
№	Угол между опорной и маховой ногами	Угол наклона туловища
1	193,5	62,2
2	200	53,9
3	202,3	57,3
4	206,7	55,2
5	185,3	60,6
6	198	61,4
7	190,5	58,3
8	201,7	59,5
Σ	1578	468,4
$\overline{x}$	197,25	58,55
$\pm m$	1,57	0,66

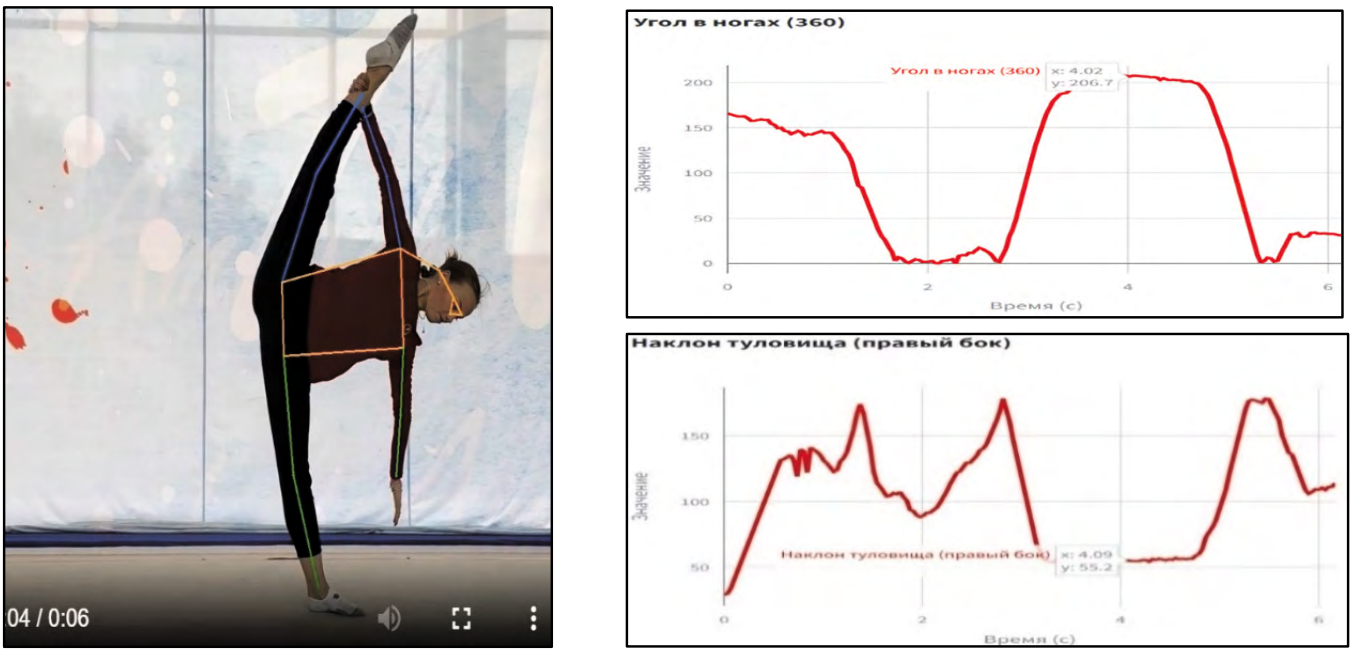


Рис. 1. Боковое равновесие с исследуемыми показателями угловых величин с использованием программы «КимеоПро»
Fig. 1. Side balance with the studied angular values using the «KimeoPro» program

На рисунке 1 представлен пример бокового равновесия, амплитуда которого составила 206,7°, что соответствует максимальной технической ценности элемента — 0,3 балла. Программа «КимеоПро» позволяет также определить время принятия и фиксации заданной формы равновесия с максимальной амплитудой, которое составило 4 секунды, что позволяет синхронизировать работу команды гимнасток.

Таблица 2

Средние групповые показатели угловых величин при выполнении прыжка «щука» гимнастками высокой квалификации

Table 2

Average group indicators of angular values when performing the "pike" jump by highly qualified gymnasts

Прыжок «щука»	
№	**Угол между ногами**
1	229,1
2	211,9
3	234,9
4	238,4
5	262
6	247,5
7	224,3
8	252
Σ	1900
$\overline{x}$	237,51
± *m*	3,60

Средний групповой показатель участниц исследования амплитуды прыжка «щука» составил 237,51 ± 3,60°, что соответствует наивысшей технической ценности (0,3 балла) элементов и превышает необходимое значение на 31,9 % (табл. 2)

На рисунке 2 изображен пример выполнения прыжка «щука» с амплитудой в 262°.

Комбинированное равновесие в эстетической гимнастике должно состоять из двух равновесий разной формы, которые выполняются без смены или со сменой опорной ноги. Максимальная техническая ценность комбинированных равновесий может быть 0,7 балла, из которых: 0,3 балла — максимальная техническая ценность первого равновесия, 0,3 балла — второго равновесия и 0,1 балла — за соединение. В случае если гимнастки демонстрируют равновесие не на максимально возможные баллы, надбавка в 0,1 балла отсутствует.

Средние групповые показатели угловых величин между опорной и маховой ногами, а также угол левого локтевого сустава при выполнении первой формы комбинированного равновесия и угол в левом коленном суставе при выполнении второй формы приведены в таблице 3.

Как продемонстрировано в таблице 3 и рисунке 3, амплитуда 1-й формы комбинированного равновесия «панше» составила 183,78 ± 1,52°, а угловые параметры в левом локтевом суставе — 34,36 ± 0,44°.

Вторая форма комбинированного равновесия, а также угловые показатели между опорной и маховой ногами и в левом коленном суставе, равные 182,66 ± 1,16 и 91,03 ± 2,00°, представлены на рисунке 4.

Анализируя показатели амплитуды комбинированного равновесия «панше» при выполнении 1-й формы,

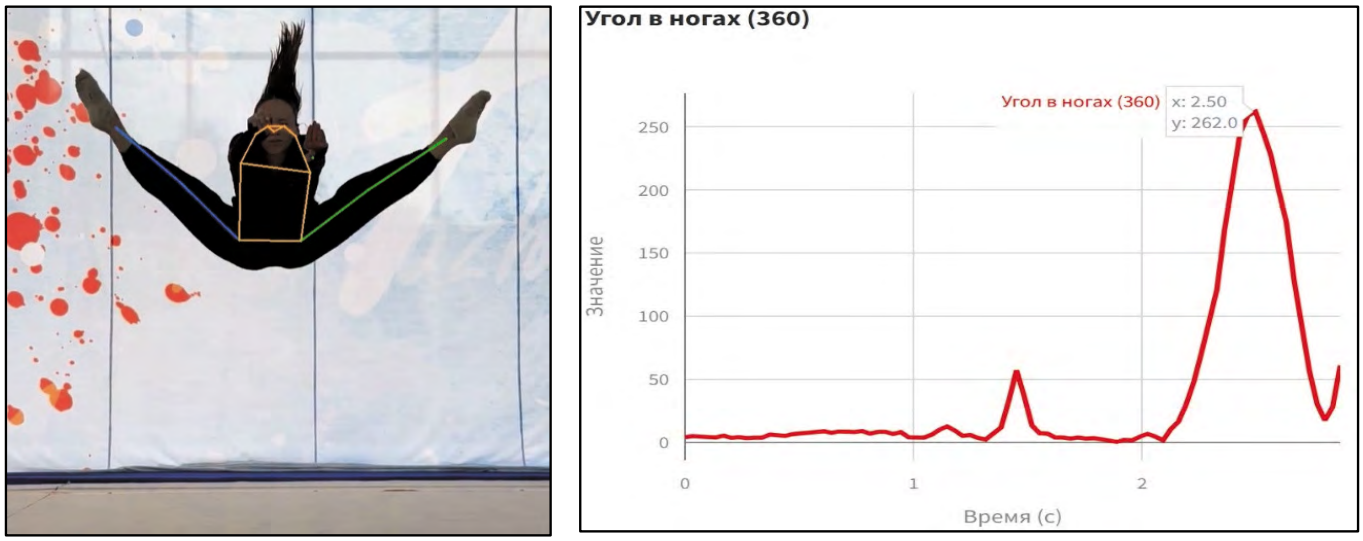


Рис. 2. Прыжок «щука» с исследуемыми показателями угловых величин с использованием программы «КимеоПро»
Fig. 2. Pike jump with studied angular values using the «KimeoPro» program

Таблица 3

Средние групповые показатели угловых величин при выполнении комбинированного равновесия гимнастками высокой квалификации

Table 3

Average group indicators of angular values when performing combined balance by highly qualified gymnasts

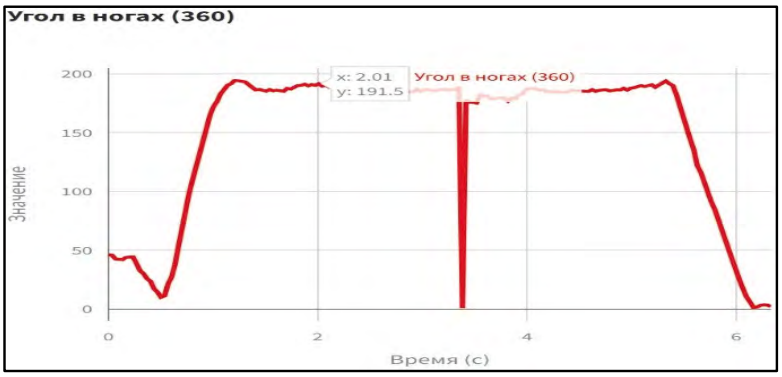
Комбинированное равновесие «панше и панше с согнутой ногой»				
№	Угол между опорной и маховой ногами (1-я форма)	Угол между опорной и маховой ногами (2-я форма)	Угол левого локтевого сустава (1-я форма)	Угол левого коленного сустава (2-я форма)
1	181,6	181,9	33,0	96,3
2	191,5	186,1	36,1	86,9
3	181,7	183,5	36,7	98,2
4	186,7	184,2	35,9	98,3
5	170,8	171,4	30,9	75,2
6	188,3	186,3	34,5	95,1
7	179,5	180,1	32,8	97,4
8	190,1	187,8	35	80,8
Σ	1470	1461	274,9	728,2
$\overline{x}$	183,78	182,66	34,36	91,03
$\pm m$	1,52	1,16	0,44	2,00

угловые параметры двух гимнасток оказались менее 180° (170,8 и 179,5°), а во 2-й форме равновесия у одной гимнастки 171,4°, что приводит к снижению технической ценности данного элемента на 0,3 балла. Таким образом, программа «КимеоПро» определяет точные количественные показатели угловых характеристик движений гимнасток в отличие от визуальной оценки тренера и эксперта. В таблице 4 отражены средние групповые показатели (n = 3) угловых величин между опорной и маховой ногами (амплитуда), а также наклона при выполнении заднего равновесия с помощью руки, туловище горизонтально.

Необходимо отметить, что средний групповой показатель амплитуды гимнасток (угол между опорной и маховой ногами) составил 197,33 ± 1,35°, а при выполнении наклона туловища — 77,33 ± 1,03° (относительно вертикальной оси). Полученные угловые величины превышают требования правил соревнований к амплитуде движений на 9,62 и 71,84 % соответственно.

На рисунке 5 изображен пример заднего равновесия, выполняемого тремя гимнастками одновременно, диаграмма показателей угловых величин данного элемента и время принятия максимальной амплитуды.





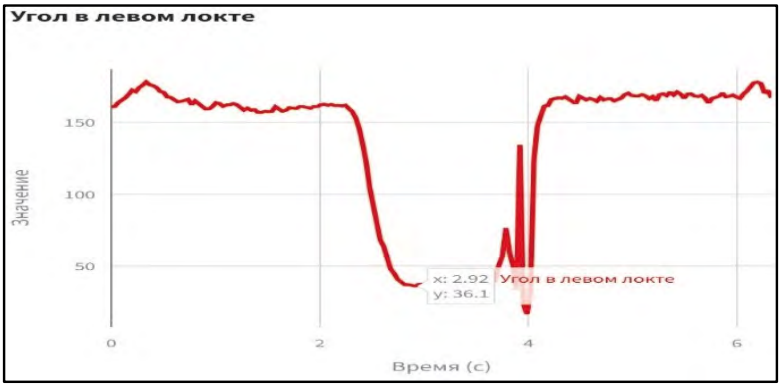
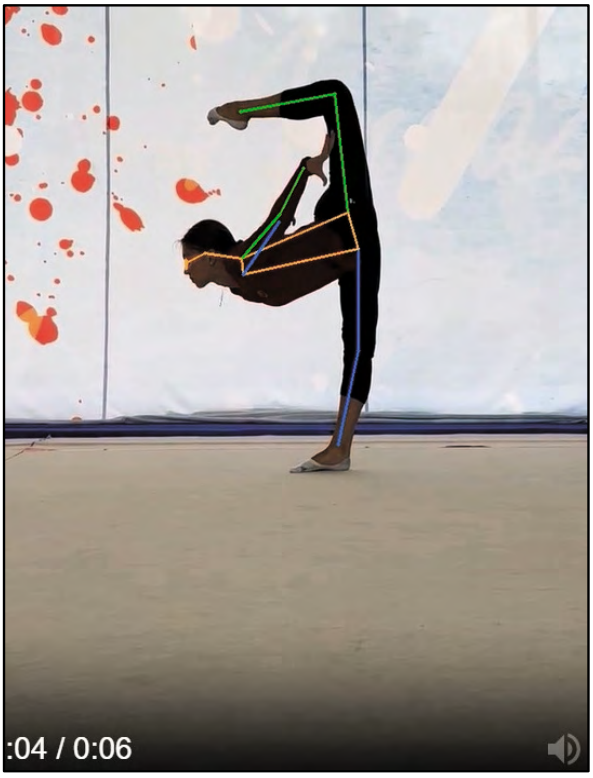
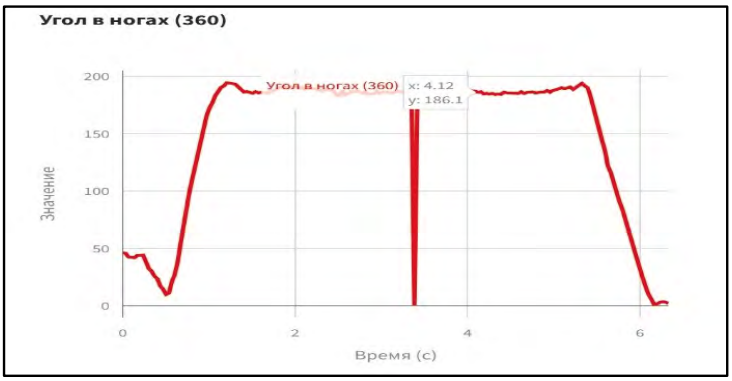


Рис. 3. Первая форма комбинированного равновесия с показателями угловых величин с использованием программы «КимеоПро»
Fig. 3. The first form of combined equilibrium with indicators of angular values using the «KimeoPro» program





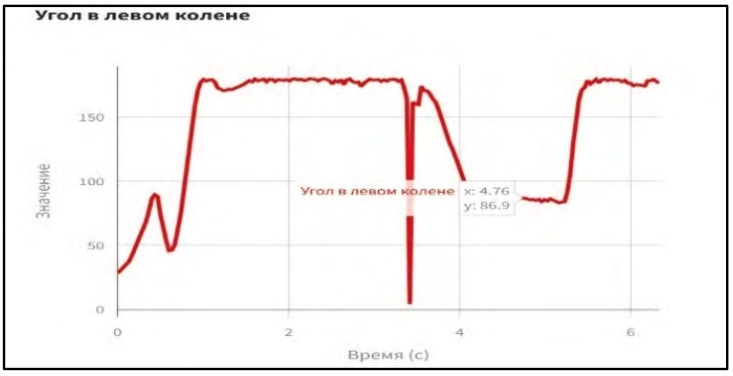


Рис. 4. Вторая форма комбинированного равновесия с исследуемыми показателями угловых величин с использованием программы «КимеоПро»
Fig. 4. The second form of combined equilibrium with the studied indicators of angular values using the «KimeoPro» program

Таблица 4

Средние групповые показатели угловых величин при выполнении изолированного равновесия гимнастками высокой квалификации

Table 4

Average group indicators of angular values when performing isolated balance by highly qualified gymnasts

Заднее равновесие с помощью руки, туловище горизонтально		
№	Угол между опорной и маховой ногами	Угол наклона туловища
1	203	80
2	191	80
3	198	72
Σ	592	232
$\overline{x}$	197,33	77,33
± *m*	1,35	1,03

Программа «КимеоПро» позволяет осуществлять захват элемента, выполняемого несколькими спортсменками одновременно, и определять время принятия заданной формы равновесия с максимальной амплитудой, что особенно важно для командных технико-эстетических видов спорта. На рисунке 5 продемонстрировано, что гимнастки выполняют идентичную форму равновесия (положения опорной, маховой ног, наклон туловища, положение рук). При этом совпадает время принятия максимальной амплитуды равновесия, равное 4 секундам, что дает основание говорить о синхронизации двигательных действий спортсменок.

4. Обсуждение

Проведенное практикоориентированное исследование является важным в отношении объективизации экспертной оценки и контроля техники исполнения основных структурных групп в эстетической гимнастике. Полученные в ходе исследования данные позволяют провести содержательное сравнение с работами других авторов. Традиционный контроль техники выполнения элементов в большинстве технико-эстетических видов спорта зачастую носит субъективный характер, в основе которого лежит визуальное восприятие, что подтверждается исследованиями Н.Ф. Сингиной (2023) и T. Yordanova (2022) [5, 6]. Использование программного обеспечения «КимеоПро» для биомеханического анализа позволяет объективизировать контроль техники выполнения элементов.

Обзору систем видеоанализа для сложнокоординационных видов спорта была посвящена работа К.О. Кутеповой (2024), где подчеркивается, что ключевыми параметрами для анализа являются точность трекинга (до 1–2°) и возможность анализа временных параметров [7]. Методика, используемая в проведенном исследовании, соответствует этим критериям в отношении точности (до 1°) и возможности измерения времени фиксации (до 0,01 секунды), что свидетельствует о том, что она является адекватной для решения актуальных задач [8].

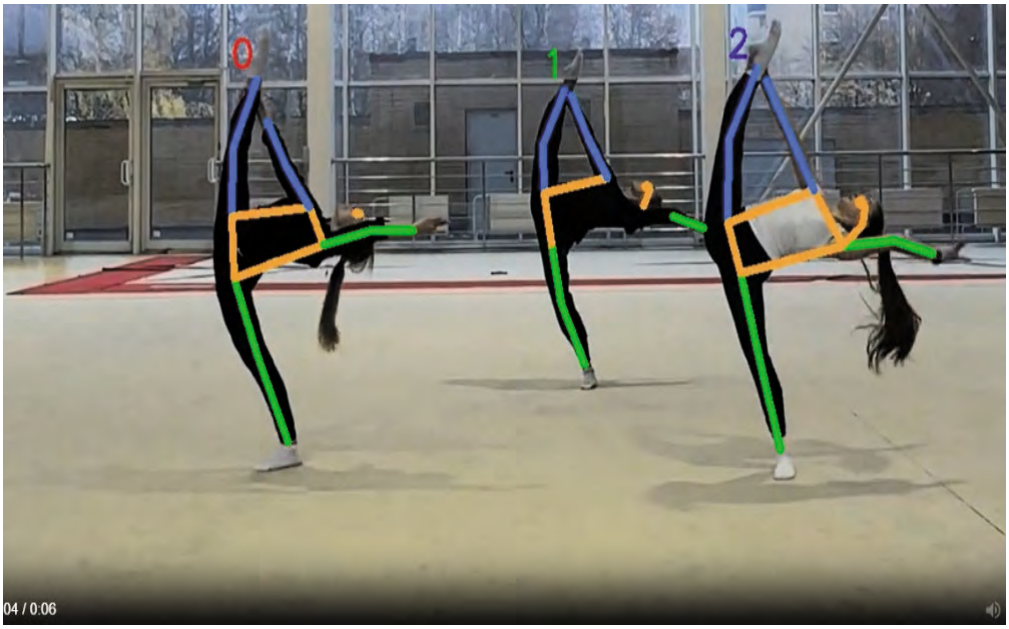
В проведенном исследовании акцент был смещен на практическое применение экспериментального программного обеспечения для получения объективных, биомеханических характеристик (углы, время) при выполнении элементов у спортсменок высокой квалификации. Это дополняет фундаментальные исследования прикладными данными, которые могут быть полезны специалистам в области эстетической гимнастики.

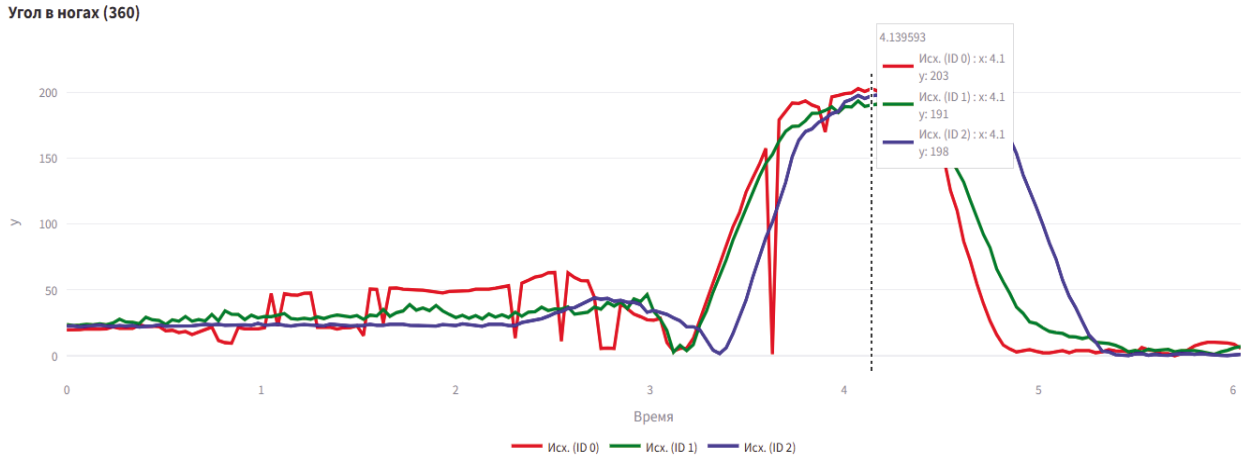
Полученные данные позволили установить, что угловые параметры амплитудных элементов у исследуемых гимнасток превышают требования в 180°, предъявляемые правилами Международной федерации эстетической групповой гимнастики. Например, амплитуда бокового равновесия составила 197,25° ± 1,57. Это согласуется с результатами, полученными в ходе исследований спортсменок высокой квалификации в индивидуальном и групповом многоборье в художественной гимнастике [9, 10].

Кроме контроля техники экспериментальная программа позволяет объективно оценить показатели синхронности выполнения элементов и идентичности их формы. Например, амплитуда 1 формы комбинированного равновесия «панше» составила 183,78 ± 1,52, второй формы — 182,66 ± 1,16, что превышает требования правил соревнований. Об идентичности формы равновесия свидетельствует незначительный разброс показателей угловых величин, зафиксированный у участниц исследования в левом локтевом суставе 34,36 ± 0,44 и левом коленном суставе — 91,03 ± 2,00.

Аналогичный подход к контролю синхронности выполнения элементов был использован И.В. Тихоновой и соавт. [11]. В данном исследовании предложен количественный, а не визуальный метод оценки.

В исследуемом прыжке «щука» гимнастки также продемонстрировали амплитуду, превышающую необходимые требования в 180°, при этом средний групповой показатель участниц исследования составил 237,51 ± 3,60°. В работах V. Potop и соавт., О.С. Примы и соавт. подчеркивается, что биомеханический анализ прыжков и равновесий позволяет осуществлять контроль





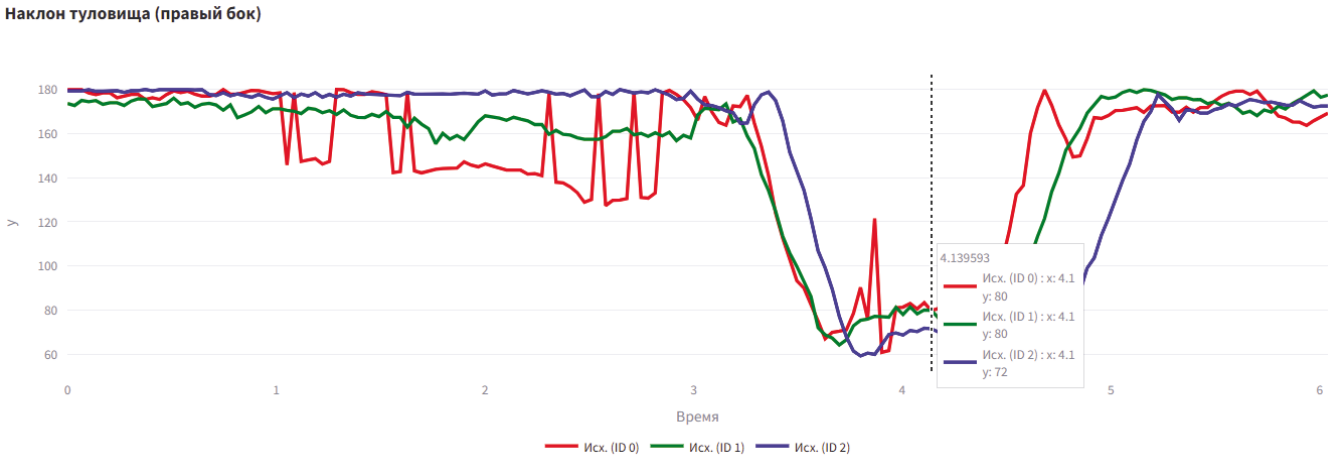


Рис. 5. Заднее равновесие с показателями угловых величин и времени принятия формы с использованием программы «КимеоПро»
Fig. 5. Rear balance with indicators of angular values and time of shape acquisition using the «KimeoPro» program

техники элементов и служит основой для новых методических рекомендаций [12, 13].

5. Заключение

Использование программного обеспечения «КимеоПро» в эстетической групповой гимнастике продемонстрировало, что цифровой биомеханический анализ является точным инструментарием для измерения угловых и временных параметров выполнения обязательных элементов в эстетической гимнастике (равновесий, прыжков). Используемая методика обеспечивает точность, воспроизводимость и объективность, минимизируя субъективный фактор, присущий традиционному визуальному контролю.

Также установлены конкретные количественные показатели выполнения элементов гимнастками высокой квалификации, которые превышают нормативные требования правил соревнований.

В исследовании продемонстрирована возможность объективной оценки синхронности выполнения элементов и идентичности их формы у гимнасток высокой квалификации на основании анализа угловых параметров и времени принятия формы, что важно для группового вида спорта.

Вклад авторов:

Котикова-Шуголь Екатерина Александровна — сбор материала, написание статьи, статистическая обработка данных

Новикова Лариса Александровна — разработка концепции, написание статьи, редактирование статьи

Петров Михаил Николаевич — разработка и адаптация программного обеспечения для научных исследований в эстетической гимнастике, статистическая обработка данных

Симаков Сергей Сергеевич — разработка и адаптация программного обеспечения для научных исследований в эстетической гимнастике, статистическая обработка данных.

Authors' contributions:

Ekaterina A. Kotikova — Shugol — collecting material, writing an article, statistical data processing

Larisa A. Novikova — concept development, article writing, article editing

Mikhail N. Petrov — development and adaptation of software for scientific research in aesthetic gymnastics, statistical data processing

Sergey S. Simakov — development and adaptation of software for scientific research in aesthetic gymnastics, statistical data processing

Список литературы

1. **Карпенко Л.А., Румба О.Г.** Актуальные аспекты развития эстетической гимнастики. Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2010;(3(61)):55–59.

2. International Federation of Aesthetic Group Gymnastics (IFAGG). IFAGG competition rules Junior and Women categories [Internet]; 2023. Available at: https://gfagg.by/doc/COMPETITION_RULES_Junior_and_Women_categories.pdf

3. International Federation of Aesthetic Group Gymnastics (IFAGG). IFAGG competition rules. Long program (Junior and Women categories). Appendix [Internet]; 2024. Available at: https://www.gymnasticsontario.ca/wp-content/uploads/2024/02/2024-Appendix-AGG-IFAGG-rules.pdf

4. **Конеева Е., Морозова Л., Ночевнова П.** Эстетическая гимнастика. История, техника, правила соревнований. Москва: Litres; 2015.

5. **Сингина Н.Ф.** Анализ распределения судейских оценок в финальных турах чемпионата мира по танцевальному спорту World Dance Sport Federation. Вестник спортивной науки. 2023;(5):37–43.

6. **Yordanova T.** Judging Results in Figure Skating After the ISU Judging System Was Introduced In 2004. Journal of Applied Sports Sciences. 2022;(6):64–76. https://doi.org/10.37393/JASS.2022.02.6

7. **Кутепова К.О.** Технологии в фигурном катании: как тренеры используют современные технологии. Актуальные исследования. 2024;(15(197. Ч.III)):54–60.

8. **Jimenez-Olmedo J.M., Pueo B., Mossi J.M., Villalon-Gasch L.** Reliability of My Jump 2 Derived from Crouching and Standing Observation Heights. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022;19(16):9854. https://doi.org/10.3390/ijerph19169854

9. **Ивашина В.В.** Сравнительный анализ угловых величин при выполнении поворотов гимнастками высокой квалификации. Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. 2022;(2):10.

References

1. **Karpenko L.A., Rumba O.G.** The topical aspects of development of aesthetic gymnastics. Scientific notes of P. F. Lesgaft University. 2010;(3(61)):55–59. (In Russ.).

2. International Federation of Aesthetic Group Gymnastics (IFAGG). IFAGG competition rules Junior and Women categories [Internet]; 2023. Available at: https://gfagg.by/doc/COMPETITION_RULES_Junior_and_Women_categories.pdf

3. International Federation of Aesthetic Group Gymnastics (IFAGG). IFAGG competition rules. Long program (Junior and Women categories). Appendix [Internet]; 2024. Available at: https://www.gymnasticsontario.ca/wp-content/uploads/2024/02/2024-Appendix-AGG-IFAGG-rules.pdf

4. **Koneeva E., Morozova L., Nochevnova P.** Ehsteticheskaya gimnastika. Istoriya, tehnika, pravila sorevnovanij. Moscow: Litres Publ.; 2015. (In Russ.).

5. **Singina N.F.** Analysis of the normality of judges' score distribution in the final rounds of the World Dance Sport Federation world championship. Sports science bulletin. 2023;(5):37–43. (In Russ.).

6. **Yordanova T.** Judging Results in Figure Skating After the ISU Judging System Was Introduced In 2004. Journal of Applied Sports Sciences. 2022;(6):64–76. https://doi.org/10.37393/JASS.2022.02.6

7. **Kutepova K.O.** Technologies in figure skating: how coaches use modern technologies. Current Research. 2024;(15(197. Part. III)):54–60. (In Russ.).

8. **Jimenez-Olmedo J.M., Pueo B., Mossi J.M., Villalon-Gasch L.** Reliability of My Jump 2 Derived from Crouching and Standing Observation Heights. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022;19(16):9854. https://doi.org/10.3390/ijerph19169854

9. **Ivashina V.V.** Comparative analysis of angular characteristics in turns performed by elite gymnasts. Fizicheskaya kultura: vospitanie, obrazovanie, trenirovka. 2022;(2):10. (In Russ.).

10. **Новикова Л.А., У Ди.** Совершенствование технического компонента исполнительского мастерства сборной команды Китая в групповых упражнениях художественной гимнастики. В: **Масловская Ю.И.** (ред.). Научно-методическое обеспечение физического воспитания и спортивной подготовки студентов: материалы III Междунар. науч.-практ. конф., 2025 янв. 14–15, Минск. Минск: БГУ; 2025, с. 592–598.

11. **Тихонова И.В., Барчо О.Ф., Антипова Я.С.** Согласованность двигательных действий в упражнениях эстетической гимнастики. Глобус. 2019;(13(46)):33–35.

12. **Potop V., Carmen M., Andreyeva N.O.** Biomechanical characteristics of the dismounts off beam of junior gymnasts 12–15 years old. Journal of Physical Education and Sport. 2014;14(3):406–412. https://doi.org/10.7752/jpes.2014.03062

13. **Прима О.С., Головин М.С., Григорьев И.В., Субботялов М.А.** Показатели постурального баланса хоккеистов-подростков в зависимости от игровой позиции. Спортивная медицина: наука и практика. 2025;15(1):34–43. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.1.4

10. **Novikova L.A., U Di.** Sovershenstvovanie tehnicheskogo komponenta ispolnitel'skogo masterstva sbornoj komandy Kitaya v gruppovyh uprazhneniyah hudozhestvennoj gimnastiki In: Maslovskaya Yu.I. (ed.). Nauchno-metodicheskoe obespechenie fizicheskogo vospitaniya i sportivnoj podgotovki studentov: materialy III Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., 2025 yanv. 14-15, Minsk: BSU; 2025, pp. 592–598. (In Russ.).

11. **Tikhonova I.V., Barcho O.F.,** Antipova Ya.S. Soglasovannost' dvigatel'nyh dejstvij v uprazhneniyah ehsteticheskoj gimnastiki. Globus. 2019; (13(46)): 33–35. (In Russ.).

12. **Potop V., Carmen M., Andreyeva N.O.** Biomechanical characteristics of the dismounts off beam of junior gymnasts 12-15 years old. Journal of Physical Education and Sport. 2014;14(3):406–412. https://doi.org/10.7752/jpes.2014.03062

13. **Prima O.S., Golovin M.S., Grigoryev I.V., Subotyalov M.A.** Postural Balance Indicators in Teenage Hockey Players Across Playing Positions. Sports medicine: research and practice. 2025; 15(1): 34–43. (In Russ.). https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.1.4

Информация об авторах:

Котикова-Шуголь Екатерина Александровна, аспирант кафедры теории и методики гимнастики, ФГБОУ ВО «Российский университет спорта "ГЦОЛИФК"», Россия, 105122, Москва Сиреневый бульвар 4, (katunka98@mail.ru)

Новикова Лариса Александровна, к.п.н., доцент, заведующая кафедрой теории и методики гимнастики, ФГБОУ ВО «Российский университет спорта "ГЦОЛИФК"», Россия, 105122, Москва Сиреневый бульвар 4; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1971-6001 (larisa.n08@mail.ru)

Петров Михаил Николаевич, к.ф.-м.н., доцент кафедры вычислительной физики ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)», 141701, Московская область, Долгопрудный, Институтский переулок 9, (mikhail.petrov@phystech.edu)

Симаков Сергей Сергеевич, д.ф-м.н., доцент, заведующий кафедрой вычислительной физики ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), 141701, Московская область, город Долгопрудный, Институтский переулок, 9, директор института компьютерных наук и математического моделирования ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет), 119048, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3406-9623 (simakov.ss@phystech.edu)

Information about the authors:

Ekaterina A. Kotikova-Shugol, Ph.D. student, Department of Theory and Methods of Gymnastics, The Russian University of Sports "GTSOLIFK", 4, Sirenevy blvd., Moscow, 105122, Russia. (katunka98@mail.ru)

Larisa A. Novikova, Cand. Sci. (Pedagogy), Associate Professor, Head of the Department of Theory and Methods of Gymnastics, The Russian University of Sports "GTSOLIFK", 4, Sirenevy blvd., Moscow, 105122, Russia. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1971-6001 (larisa.n08@mail.ru)

Mikhail N. Petrov, Cand. Sci. (Phys.-Math.), Associate Professor of Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University), 9 Institutskij lane, Dolgoprudnyj, Moscow Region, 141701, Russia. (mikhail.petrov@phystech.edu)

Sergey S. Simakov, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Associate Professor, Head of the Department of Computational Physics, Institute of Physics and Technology (National Research University), 9 Institutskij lane, Dolgoprudnyj, Moscow Region, 141701, Russia; Director of the Institute of Computer Science and Mathematical Modeling, First Moscow State Medical University (Sechenov University), 8, bldg. 2, Trubetskaya str., Moscow, 119991, Russia. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3406-9623 (simakov.ss@phystech.edu)

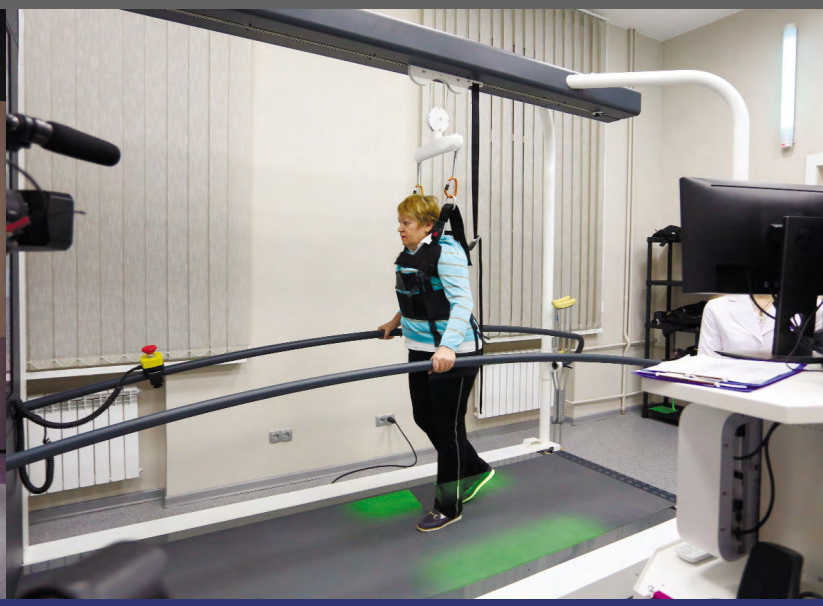
* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author



ЦЕНТР МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ СЕЧЕНОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Самое современное оборудование
Лучшие специалисты в области реабилитации
Круглосуточный стационар с палатами класса люкс
Безбарьерная среда для маломобильных пациентов
Полный цикл реабилитации в одном здании





ул. Большая Пироговская, д. 2, стр. 9
+7 (977) 860-50-03
www.sechenov.rehab

реклама

КЛИНИКА ЛУЖНИКИ
спортивная медицина

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

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

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







АНО «Клиника Спортивной Медицины»
Москва, ул. Лужники, 24, стр. 1
+7 495 125 000 5 | www.csmed.ru

реклама