



Спортивная Медицина:

наука и практика



*Sports
Medicine:*

research and practice

Т. 15 №3

2025





КЛИНИКА ЛУЖНИКИ

спортивная медицина

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

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

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



АНО «Клиника Спортивной Медицины»
Москва, ул. Лужники, 24, стр. 1
+7 495 125 000 5 | www.csmed.ru



СЕЧЕНОВСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ



КЛИНИКА ЛУЖНИКИ
спортивная медицина

УЧРЕДИТЕЛИ:

ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)
119991, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2

Автономная некоммерческая организация «Клиника Спортивной Медицины-Лужники»
119048, Москва, ул. Лужники, д. 24

Ачкасов Евгений Евгеньевич
121309, Москва, 1-й Волоколамский проезд, д. 15/16

Спортивная медицина: наука и практика

научно-практический журнал

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

АЧКАСОВ 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)

Бургер 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)

Карниченко 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)

Королов 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 Национально-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)

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

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

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

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

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

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

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

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



СЕЧЕНОВСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ



КЛИНИКА ЛУЖНИКИ
спортивная медицина

Founded by:

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

Sports Medicine: Research and Practice

research and practical journal

FOCUS AND SCOPE

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

EDITOR-IN-CHIEF

Evgeny Achkasov – M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Sports Medicine and Medical Rehabilitation, Director of the Clinic of Medical Rehabilitation of the Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Member of the Supervisory Board of the Russian Anti-Doping Agency RUSADA. (Moscow, Russia)

nov 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)

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

ASSOCIATE EDITORS

Boris Polyacov – 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)

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 Hovhannisyam – Ph.D. (Biology), Prof.

Mikhail Osadchuk – M.D., D.Sc. (Medicine), Prof.,

Спортивная Медицина: наука и практика

Sportivnaya meditsina: nauka i praktika

T. 15 №3 (59) 2025

ISSN: 2223-2524

e-ISSN: 2587-9014

https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.3

РУБРИКИ ЖУРНАЛА:

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

ВИДЫ ПУБЛИКУЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ:

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

Издатель:

Некоммерческое партнерство «Национальный электронно-информационный консорциум» (НП «НЭИКОН»)
115114, Москва, ул. Летниковская, д. 4, стр. 5, офис 2.4
тел./факс: +7 (499) 754-99-94
https://neicon.ru/

Заведующий редакцией:

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

Редакция:

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

Типография:

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

Сайт:

smjournal.ru
neicon.ru

Подписано в печать 29.12.2025

Формат 60x90/8

Тираж 1000 экз.

Цена договорная

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

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

Плата за публикацию статей в журнале с аспирантов не взимается.

Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License. Присланые 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, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

Спортивная травматология

Е.Н. Гончаров, А.А. Ветошкин, О.А. Коваль, Г.Г. Арутюнов, М.П. Семенова

Сравнительная оценка одноэтапной и двухэтапной реконструкции при мультилигаментарных повреждениях коленного сустава: данные ретроспективного сравнительного исследования 5

Функциональная диагностика

А.Е. Стрижков, Т.С. Жарикова, А.А. Моисеенко, П.Г. Сафонов, Е.С. Кутин,

С.С. Овчинникова, Н.В. Михайлова, П.С. Суслина, В.Н. Николенко

Расхождение результатов оценки компонентного состава тела, измеренного у одних и тех же лиц разными способами 13

Ф.Б. Литвин, Д.Б. Никитюк, Ю.И. Локтионова, В.Е. Паршаков, Т.М. Брук, Е.В. Жарких, А.В. Дунаев

Особенности функционирования микроциркуляторного русла в симметричных областях верхних конечностей у шорт-трековиков разного уровня мастерства 22

Физиология и биохимия спорта

Люби Новадри, Вибава Джуниан Кахъянто, Вега Марета Сцесаррия,

Прокопио Б. Дафун-младший

Силовые тренировки значительно повышают уровень инсулиноподобного фактора роста-1 у женщин, ведущих сидячий образ жизни: рандомизированное контролируемое исследование 34

Заболевания спортсменов

И.И. Ларькин, В.И. Ларькин, Р.П. Коваль, В.В. Мишикин, Т.А. Морозова

Случай разрыва арахноидальной кисты головного мозга у ребенка в результате спортивной травмы 44

Социология и педагогика в спорте

Т.В. Долматова, Е.С. Акиниев

Организация научно-методического обеспечения подготовки спортсменов в США 52

Организация медицины спорта

Е.С. Капралова, Д.С. Баранова, А.С. Островская

Анализ публикационной активности ученых в области спортивной медицины, аффилированных с российскими научно-исследовательскими и медицинскими учреждениями 62

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

Scopus

ULRICH'S WEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

INFOBASE INDEX

SIA
Scientific Indexing Services

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА

eLIBRARY.RU

РУКОНТ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦИФРОВОЙ РЕСУРС

Crossref

INDEX COPERNICUS
INTERNATIONAL

FEATURED TOPICS:

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

TYPES OF PUBLISHED MATERIALS:

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

Publisher:

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

Deputy editor:

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

Editorial Office:

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

Printed by

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

Websites:

smjournal.ru
neicon.ru

Signed for printing: 29 December 2025

60x90/8 Format

1000 Copies

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

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

There is no publication fee for postgraduate students.

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

Published since 2011

4 issues per year

«Russian Press» catalog index — 90998

© Sports medicine: research and practice, 2025

CONTENTS

Sports traumatology

Evgeniy N. Goncharov, Aleksandr A. Vetroshkin, Oleg A. Koval, Gurgen G. Arutyunov, Maria P. Semenova

Comparative evaluation of single-stage and two-stage reconstruction in multiligament knee injuries: A retrospective comparative study 5

Functional testing

Alexey E. Strizhkov, Tatyana S. Zharikova, Alexander A. Moiseenko, Peter G. Safronov, Evgeniy S. Kutin, Sabina S. Ovchinnikova, Nicole-Stephania V. Mikhailova, Polina S. Sushina, Vladimir N. Nikolenko

Discrepancy in the results of the assessment of body component composition measured in the same individuals by different methods 13

Fedor B. Litvin, Dmitry B. Nikityuk, Yulia I. Loktionova, Victoria E. Parshakova, Tatyana M. Brook, Elena V. Zharkikh, Andrey V. Dunaev

Features of the functioning of the microcirculatory bed in symmetrical areas of upper extremities in short-track athletes at different skill levels 22

Sports physiology and biochemistry

Ayubi Novadri, Wibawa Junian Cahyanto, Vega Maretta Sceisarriya, Procopio B. Dafun Jr.

Resistance training significantly increases insulin-like growth factor-1 levels in women with a sedentary lifestyle: A randomized controlled trial 34

Sports diseases

Igor I. Larkin, Valery I. Larkin, Ruslan P. Koval, Vladislav V. Mishkin, Tatyana A. Morozova

Case arachnoid cyst rupture of the brain in a child as a result of a sports injury 44

Sports sociology and pedagogics

Tamara V. Dolmatova, Evgeniy S. Akinshev

Organisation of scientific support to athletes in the United States of America 52

Sports medicine management

Elizaveta S. Kapralova, Daria S. Baranova, Anastasia S. Ostrovskaya

Analysis of the publication activity of specialists in the field of sports medicine affiliated with Russian research and medical institutions 62

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

Scopus

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА
eLIBRARY.RU

ULRICH'S WEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

РУКОНТ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦИФРОВОЙ РЕСУРС

INFOBASE INDEX

Crossref

SIS
Scientific Indexing Services

INDEX COPERNICUS
INTERNATIONAL

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.3.4>

УДК: 616.728.3-001-089

Тип статьи: Оригинальная статья / Original research



Сравнительная оценка одноэтапной и двухэтапной реконструкции при мультилигаментарных повреждениях коленного сустава: данные ретроспективного сравнительного исследования

Е.Н. Гончаров^{1,2}, А.А. Ветошкин^{2,3}, О.А. Коваль^{1,2}, Г.Г. Арутюнов⁴, М.П. Семенова^{4,*}

¹*Научно-клинический центр № 2 ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского», Москва, Россия*

²*ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва, Россия*

³*Центр травматологии и ортопедии АО «Европейский Медицинский Центр», Москва, Россия*

⁴*ФГБУ «Национальный центр спортивной медицины Федерального медико-биологического агентства», Москва, Россия*

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: оценить клинические и функциональные исходы различных хирургических подходов у пациентов с мультилигаментарными повреждениями коленного сустава (МПКС) типов III-L и III-M по классификации Schenck.

Материалы и методы. В ретроспективное сравнительное исследование включены 43 пациента с хронической нестабильностью коленного сустава после МПКС типа III по Schenck, которые на основании объема хирургического вмешательства были разделены на три группы: группу одномоментной реконструкции передней и задней крестообразных связок (ПКС + ЗКС) без восстановления структур заднелатерального угла (ЗЛУ), группу одномоментной реконструкции ПКС + ЗКС с восстановлением ЗЛУ и группу двухэтапной реконструкции, в которой пациентам на первом этапе выполнялась реконструкция ЗКС и восстановление структур ЗЛУ, а на втором этапе через 6 месяцев — реконструкция ПКС. Оценку исходов проводили с использованием шкал IKDC и Lysholm, а также результатов стресс-рентгенографии.

Результаты. Исходы лечения среди пациентов из группы двухэтапной реконструкции были статистически значимо лучше, чем у пациентов из других групп, как по показателям функциональных шкал IKDC и Lysholm ($p < 0,01$), так и показателям стресс-рентгенографии коленных суставов. Необходимо отметить, что часть пациентов в группе двухэтапной реконструкции после первого этапа отказались от продолжения лечения, сообщив о восстановлении удовлетворяющей их функции коленного сустава.

Заключение. Результаты исследования демонстрируют, что при хронических мультилигаментарных повреждениях коленного сустава (тип III по Schenck) двухэтапная тактика хирургического лечения обладает преимуществами перед одномоментными вмешательствами. Разделение этапов реконструкции позволяет не только улучшить функциональные показатели и стабильность сустава, но и избежать избыточного хирургического травматизма: у части пациентов восстановление функции достигается уже после первого этапа (реконструкции ЗКС и ЗЛУ), что делает второй этап необязательным. Таким образом, персонализированный двухэтапный подход является предпочтительной стратегией, обеспечивающей высокие клинические результаты и удовлетворенность пациентов.

Ключевые слова: мультилигаментарные повреждения коленного сустава, одномоментная операция, поэтапная (двуэтапная) реконструкция, нестабильность коленного сустава, функциональные исходы, стресс-рентгенография, классификация Schenck

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Гончаров Е.Н., Ветошкин А.А., Коваль О.А., Арутюнов Г.Г., Семенова М.П. Сравнительная оценка одноэтапной и двухэтапной реконструкции при мультилигаментарных повреждениях коленного сустава: данные ретроспективного сравнительного исследования. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2025;15(3):5–12. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.3.4>

Поступила в редакцию: 14.07.2025

Принята к публикации: 28.10.2025

Online first: 23.12.2025

Опубликована: 29.12.2025

* Автор, ответственный за переписку

Comparative evaluation of single-stage and two-stage reconstruction in multiligament knee injuries: A retrospective comparative study

Evgeniy N. Goncharov^{1,2}, Aleksandr A. Vetoshkin^{2,3}, Oleg A. Koval^{1,2}, Gurgen G. Arutyunov⁴,
Maria P. Semenova^{4,*}

¹ Petrovsky National Research Centre of Surgery, Moscow, Russia

² Russian Medical Academy of Continuous Professional Education (RMANPO), Moscow, Russia

³ European Medical Center (EMC), Moscow, Russia

⁴ National Center for Sports Medicine of the Federal Medical-Biological Agency (FMBA), Moscow, Russia

ABSTRACT

Objective: to evaluate clinical and functional outcomes of different surgical approaches in patients with multiligamentous knee injuries (MLKI) classified as Schenck type III (III-L and III-M).

Materials and methods. A retrospective comparative study included 43 patients with chronic knee instability following Schenck type III MLKI. Based on the surgical intervention performed, patients were divided into three groups: single-stage reconstruction of the anterior and posterior cruciate ligaments (ACL + PCL) without posterolateral corner (PLC) repair; single-stage reconstruction of the ACL + PCL with PLC repair; and a two-stage reconstruction group, where the first stage involved PCL and PLC reconstruction, followed by ACL reconstruction 6 months later. Outcomes were evaluated using IKDC and Lysholm scores, as well as stress radiography results.

Results. The two-stage approach (Group 3) demonstrated significantly better outcomes according to IKDC and Lysholm scores ($p < 0.01$), improved stability on stress radiographs, and lower complication rates. Notably, 4 patients from Group 3 declined ACL reconstruction due to satisfactory functional recovery after the first stage.

Conclusion: The study findings demonstrate that for chronic multiligament knee injuries (Schenck type III), a two-stage surgical strategy offers superior outcomes compared to single-stage interventions. Staging the reconstruction of posterior and anterior structures not only improves functional scores and joint stability but also prevents excessive surgical trauma. Notably, satisfactory functional restoration is achieved in some patients after the first stage (PCL and PLC reconstruction) alone, rendering the second stage unnecessary. Therefore, a personalized two-stage approach is the preferred strategy, ensuring optimal clinical results and high patient satisfaction.

Keywords: multiligament knee injuries; single-stage surgery; staged reconstruction; knee instability; functional outcomes; stress radiography; Schenck classification

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interest.

For citation: Goncharov E.N., Vetoshkin A.A., Koval O.A., Arutyunov G.G., Semenova M.P. Comparative evaluation of single-stage and two-stage reconstruction in multiligament knee injuries: A retrospective comparative study. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2025;15(3):5–12. (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.3.4>

Received: 14 July 2025

Accepted: 28 October 2025

Online first: 23 December 2025

Published: 29 December 2025

*Corresponding author

1. Введение

Мультилигаментарные повреждения коленного сустава (МПКС) представляют собой редкую, но крайне сложную патологию, частота которой составляет менее 0,02 % от общего количества всех ортопедических травм и которая часто сопровождается некорректной или поздней диагностикой [18]. Повреждение одновременно двух и более связочных структур (передней и задней крестообразных связок, латеральных и медиальных капсульно-связочных компонентов) коленного сустава требует персонализированного планирования оперативной тактики и протокола функциональной реабилитации с ранней мобилизацией пациентов [3, 7, 14]. Кроме того, в 18 % случаев МПКС сопровождаются развитием сосудисто-нервных осложнений (в том числе повреждением общего малоберцового

нерва), что осложняет выбор оптимальной тактики лечения и значительно влияет на прогноз [15].

В настоящее время в литературе представлены два основных подхода к хирургическому лечению МПКС. В основе первого из них находится одноэтапная реконструкция (single-stage) всех поврежденных структур [1, 5, 8]. Второй из них предполагает последовательную двухэтапную реконструкцию (staged approach) внекапсульных и интракапсульных структур [16, 18].

Выбор тактики лечения особенно сложен при повреждениях типа III-M и III-L по классификации Schenck, согласно которой сложные повреждения связок коленного сустава делятся на несколько типов в зависимости от количества и сочетания поврежденных структур. К первому типу (тип I) относят

изолированные повреждения одной из крестообразных связок (передней (ПКС) или задней (ЗКС)), ко второму типу (тип II) — одновременное повреждение ПКС и ЗКС без вовлечения коллатеральных структур, к третьему типу (тип III) — одновременный разрыв ПКС и ЗКС в сочетании с разрывом структур заднелатерального угла (тип III-L) или с повреждением медиальных стабилизаторов (тип III-M). Именно повреждения типов III-M и III-L можно считать наиболее сложными в отношении выбора оптимальной тактики лечения, и в их отношении до сих пор не существует консенсуса [14, 22].

Целью исследования была оценка влияния различных хирургических стратегий у пациентов МПКС типа III по классификации Schenck на широкораспространенные показатели долговременной функциональной активности (шкалы IKDC и Lysholm) и объективную стабильность коленного сустава.

2. Материалы и методы

В ретроспективном сравнительном исследовании приняли участие 43 пациента (29 мужчин и 14 женщин), которые в период с 2008 по 2018 г. были прооперированы в связи с хронической нестабильностью коленного сустава на фоне мультилигаментарных повреждений типов III-L и III-M по классификации Schenck. Во всех случаях с момента травматизации до выполнения операции проходило более шести недель, что соответствовало подострому и хроническому течению.

Перед включением в исследование пациенты заполняли анкету, оценивающую уровень физической активности до травмы в соответствии с шкалой Tegelег. Средний уровень активности составлял $5,2 \pm 1,3$ балла, что соответствовало умеренной физической активности, занятиям спортом на любительском уровне (тренировки не менее 1,5 часа три раза в неделю). Эффективность хирургического лечения мультилигаментарных повреждений коленного сустава оценивалась с помощью шкал Lysholm и IKDC, дополнительно применялись объективные методы оценки стабильности коленного сустава, а также клинические функциональные тесты [1, 5, 7]. Всем пациентам выполнялась стресс-рентгенография, являющаяся золотым стандартом для объективной оценки нестабильности коленного сустава. Она проводилась в положении стоя с использованием специализированных нагрузок, имитирующих физиологические усилия [18], что позволяло максимально точно воспроизвести условия, при которых может проявляться патологическая подвижность суставных структур.

Для диагностики передней и задней нестабильности травмированного коленного сустава выполнялись передне-задние стресс-тесты, при выполнении которых на голень оказывали направленное давление вперед или назад. Для оценки варусной и вальгусной нестабильности травмированного коленного сустава использовали боковые стресс-тесты, при выполнении которых к нему прикладывались силы, вызывающие отклонение

голени вовнутрь (варус) или наружу (вальгус) [26]. Результаты измерений выражались в виде side-to-side difference (SSD) — количественного значения смещения суставных поверхностей под нагрузкой, позволяющего точно оценить степень нестабильности коленного сустава в виде разницы этих показателей между травмированной и здоровой конечностями, указываемой в миллиметрах [18].

Все пациенты выполняли единую программу реабилитации, и в течение первых трех недель у них применялся протокол RICE (Rest (покой), Ice (местное охлаждение), Compression (сдавление), Elevation (возвышенное положение травмированной конечности)), направленный на уменьшение выраженности болевого синдрома и отека, защиту трансплантата и профилактику развития артрофибоза.

С третьей по шестую неделю включительно защита оперированной конечности сочеталась с дозированной, безопасной нагрузкой и постепенным введением активных восстановительных мероприятий (активно-ассистированная разработка движений с целями до 0–90° сгибания к четвертой неделе, нейромышечная электростимуляция четырехглавой мышцы бедра, упражнения в закрытой кинематической цепи с низкой осевой нагрузкой в диапазоне 0–30°, базовая проприоцептивная тренировка).

После вмешательства с реконструкцией ЗКС/ЗЛУ опора ограничивалась до toe-touch/10–20% массы тела в первые 2–4 недели с переходом к частичной опоре к 4–6-й неделям послеоперационного периода.

Начиная с шестой недели программа была направлена на постепенное увеличение объема движения в коленном суставе вплоть до полного, добавлялась силовая нагрузка, безосевая аэробная нагрузка и упражнения, улучшающие нейромышечный контроль. Прогрессия оставалась критерий-зависимой: отсутствие выпота, боль менее трех баллов по визуальной аналоговой шкале, восстановление полного разгибания, увеличение силы четырехглавой мышцы бедра и качественная моторика при выполнении функциональных проб.

Медиана наблюдения после окончания хирургического вмешательства для каждой из групп и составила медиану 24 месяца для каждой из них. Сравнение исходов осуществлялось через 12 месяцев после последнего хирургического вмешательства, что позволило нивелировать эффект акцентуации периода послеоперационного восстановления. Срок наблюдения был сопоставимым между каждой из групп.

Критериями включения в исследование были МПКС типа III по классификации Schenck с участием двух и более структур, стабильное состояние пациентов и возможность выполнения плановой реконструкции. Критериями исключения из исследования были острые сосудисто-нервные повреждения, а также сопутствующие заболевания, препятствующие проведению хирургического лечения.

Все пациенты были разделены на три группы:

- группа 1 ($n = 15$): одноэтапная реконструкция ПКС + ЗКС;
- группа 2 ($n = 12$): одноэтапная реконструкция ПКС + ЗКС + восстановление ЗЛУ;
- группа 3 ($n = 16$): двухэтапная реконструкция (первый этап: реконструкция ЗКС и восстановление ЗЛУ, второй этап: реконструкция ПКС через 6 месяцев).

При этом в группе 3 ($n = 16$) 4 пациента отказались от второго этапа реконструкции ПКС после восстановления удовлетворительной функции коленного сустава. Эти пациенты прошли полный цикл наблюдения после первого этапа, были включены в анализ функциональных результатов после первого этапа, но исключены из анализа стабильности после окончательной реконструкции ПКС. Анализ данных стабильности выполнялся по принципу available-case analysis в связи с отсутствием стресс-рентгенографии у 4 пациентов группы 3.

Оценка функциональных исходов (IKDC, Lysholm) проводилась через 12 месяцев после последнего выполненного пациенту оперативного вмешательства (т. е. через 12 месяцев после одномоментной операции в группах 1–2 и через 12 месяцев после реконструкции ПКС в случае завершенной двухэтапной схемы). Для пациентов, отказавшихся от второго этапа в группе 3, оценка проводилась через 12 месяцев после первого этапа (PCL + PLC).

При восстановлении ПКС во всех случаях использовался трансплантат из центральной трети надколенникового сухожилия с костными блоками с обеих сторон (bone-tendon-bone, BTB). При восстановлении ЗКС использовался аутотрансплантат сухожилия длинной малоберцовой мышцы (*m. peroneus longus*), фиксируемый в бедренном и большеберцовом каналах. Для восстановления коллатеральных структур — аутотрансплантаты из сухожилий полусухожильной (*m. semitendinosus*) и тонкой (*m. gracilis*) мышц.

Статистический анализ был выполнен с использованием специализированного программного обеспечения. С учетом небольшой выборки и ненормального распределения применяли непараметрические методы. Межгрупповые сравнения для непрерывных/порядковых показателей (IKDC, Lysholm) выполняли критерием Краскела — Уоллиса с последующим *post-hoc* тестом Данна; для контроля множественных сравнений применяли поправку Холма — Бонферрони ($\alpha = 0,05$, двусторонние критерии).

3. Результаты

В исследование было включено 43 пациента с мультигамментарными повреждениями коленного сустава (МПКС) типов III-L и III-M по классификации Schenck с медианами возраста 29 лет, среднего роста 177 см, массы тела 83 кг и индекса массы тела (ИМТ) 26,7. Группы не отличались между собой по демографическим и исходным клинико-функциональным показателям ($p >$

0,05), что подтвердило сопоставимость когорт для дальнейшего анализа и позволило провести корректное сравнение функциональных и объективных исходов лечения (табл. 1).

Проверка нормальности распределения количественных признаков при помощи критерия Шапиро — Уилка показала, что данные в группах 2 и 3 близки к нормальному распределению ($p = 0,08$ и $0,12$ соответственно), в то время как эти показатели в группе 1 имели пограничные значения ($p = 0,05$), что обусловило выбор непараметрического подхода для межгрупповых сравнений.

В группе поэтапной реконструкции ($n = 16$) 4 пациента (25 %) не прошли второй этап реконструкции ПКС. Ввиду этого показатели стресс-рентгенографии были доступны только для 12 пациентов.

3.1. Демографические и исходные характеристики пациентов

Демографические и клинические параметры пациентов приведены в таблице 1. Группы не различались по возрасту, полу, индексу массы тела, типу повреждения (III-L/III-M) и сроку от момента травмы до операции ($p > 0,05$), что подтверждает их исходную сопоставимость.

3.2. Объективная стабильность по данным стресс-рентгенографии

Оценка передне-задней и боковой стабильности коленного сустава после оперативного вмешательства проводилась методом стресс-рентгенографии с вычислением разницы смещений (SSD, мм) между пораженной и контралатеральной стороной (табл. 2).

Межгрупповой анализ (критерий Краскела — Уоллиса) показал статистически значимые различия по всем направлениям движения ($p < 0,05$). Минимальные значения SSD и углов нестабильности отмечались у пациентов группы 3, что указывает на наилучшую стабилизацию коленного сустава после двухэтапной реконструкции.

3.3. Функциональные исходы

Анализ клинико-функциональных показателей по шкалам Lysholm и IKDC выявил статистически значимые различия между тремя группами (Краскела — Уоллиса *H*-тест: $p < 0,001$ для обеих шкал), что свидетельствует о различной эффективности применяемых хирургических стратегий (табл. 3). *Post-hoc* анализ с тестом Данна и поправкой Холма — Бонферрони продемонстрировал статистически значимые отличия по обеим шкалам ($p = 0,03$) между группой 1 и группой 2, а также между группой 1 и группой 3 ($p = 0,0001$). Кроме того, значительная разница была зафиксирована и между группами 2 и 3 ($p = 0,02$), что подчеркивает преимущество поэтапного подхода даже в сравнении с одномоментной операцией с восстановлением ЗЛУ.

Функциональные исходы (IKDC, Lysholm) представлены для всех включенных пациентов ($n =$

Таблица 1

Демографические и исходные характеристики участников различных групп

Table 1

Demographic and baseline characteristics of participants by group

Показатель	Группа 1 (n = 15)	Группа 2 (n = 12)	Группа 3 (n = 16)	p
Возраст, лет	29,4 ± 6,8	28,6 ± 7,2	29,9 ± 6,3	0,84
Мужчины, n (%)	10 (67 %)	8 (67 %)	11 (69 %)	0,97
Рост, см	176,8 ± 7,2	177,5 ± 6,9	177,1 ± 7,5	0,93
Масса тела, кг	82,5 ± 10,6	83,1 ± 9,8	83,6 ± 11,2	0,88
ИМТ, кг/м ²	26,6 ± 2,8	26,7 ± 3,1	26,8 ± 2,9	0,95
Тип повреждения (III-L/III-M)	9/6	7/5	10/6	—
Время от травмы до операции (в неделях)	9,1 ± 2,7	8,8 ± 3,1	9,4 ± 2,6	0,79
Уровень активности по Tegner до травмы	5,3 ± 1,2	5,1 ± 1,4	5,2 ± 1,3	0,87

Таблица 2

Показатели стресс-рентгенографии участников различных групп (медиана, IQR)

Table 2

Stress radiography measures for different participant groups (median, IQR)

Группа	Передний сдвиг (мм)	Задний сдвиг (мм)	Варусная нестабильность (°)	Вальгусная нестабильность (°)
Группа 1 (ПКС + ЗКС без ЗЛУ)	5,8 (4,6–7,2)	6,3 (5,1–7,8)	4,9 (4,0–5,8)	3,2 (2,4–3,9)
Группа 2 (ПКС + ЗКС + ЗЛУ)	4,3 (3,5–5,5)	4,7 (3,8–5,8)	3,2 (2,7–4,1)	2,8 (2,2–3,5)
Группа 3 (двухэтапная реконструкция)	3,1 (2,5–3,8)	3,6 (2,9–4,4)	2,1 (1,6–2,8)	2,4 (1,8–3,1)

Примечание: в группе 3 показатели стресс-рентгенографии представлены для 12 пациентов, так как 4 пациента отказались от второго этапа реконструкции ПКС.

Таблица 3

Средние значения шкал Lysholm и IKDC среди участников различных групп после окончания оперативного лечения

Table 3

Mean Lysholm and IKDC scores among participants in different groups after surgical treatment

Группа	Lysholm (медиана)	IKDC (медиана)
Группа 1	75,5	72,1
Группа 2	86,1	80,4
Группа 3	90,1	82,7

Примечание: в группе 3 (n = 16) у 4 пациентов данные получены после 1-го этапа, без последующей реконструкции ПКС.

15/12/16 соответственно для групп 1–3). В группе 3 у 4 пациентов оценка фактически получена после первого этапа, так как они отказались от второго этапа реконструкции ПКС.

4. Обсуждение

Полученные данные свидетельствуют, что у пациентов с хронической нестабильностью коленного сустава после МПКС III типа с отсрочкой лечения более 6 недель наиболее предпочтительной тактикой лечения можно считать двухэтапную реконструкцию связок коленного сустава. Такой подход позволяет, несмотря

на более длительное лечение и реабилитацию, обеспечить оптимальную функцию коленного сустава по сравнению с одноэтапным вариантом оперативного лечения.

В последние годы подходы к хирургическому лечению МПКС значительно эволюционировали [14, 22, 23] и основное внимание специалистов уделяется сравнению эффективности одноэтапной и двухэтапной тактики, выбору трансплантата, а также анализу долгосрочных функциональных исходов и частоты осложнений [1, 5, 8, 16]. Важно учитывать, что выполнение операций в период до трех недель после получения травмы коррелирует

с лучшими результатами, но при этом увеличивает риск осложнений, особенно артрофиброза [19, 20].

По данным Kim и соавт., для корректной биомеханики и достижения более 80 баллов по шкале IKDC необходимо выполнение оперативного вмешательства и на ПКС, и на ЗКС [9]. При этом важную роль играет восстановление структур ЗЛУ, так как в противном случае возможно чрезмерное перерастяжение ПКС с последующим снижением стабильности коленного сустава [9, 25].

Современные техники анатомической реконструкции с использованием аутотрансплантатов позволяют достичь высокой стабильности и минимизировать риск повторных разрывов [11, 13, 24]. Однако, несмотря на раннее начало послеоперационной реабилитации, присутствует риск артрофиброза и инфекционных осложнений, сопряженный с длительным травматическим вмешательством [19, 20].

Крупный метаанализ Klasan et al. продемонстрировал, что у пациентов после хирургического лечения МПКС через два года сохраняется около 80–85 % функции коленного сустава, однако затем отмечается ежегодное ее ухудшение [10]. Особенно неблагоприятные результаты выявлены при повреждениях, включающих ЗКС: через 2 года у таких пациентов средние показатели по шкалам IKDC и Lysholm были достоверно ниже, чем при изолированных повреждениях ПКС и других структур [10, 17].

Этапное лечение предполагает первичное восстановление внесуставных структур (прежде всего ЗКС и элементов ЗЛУ), затем (после восстановления полного объема движений) реконструкцию другой крестообразной связки, которая, как правило, осуществляется через 6–8 недель [16, 18, 25]. Данный подход, известный как PCL-based, способствует более физиологичному восстановлению стабильности коленного сустава [25]. Согласно Wentorf и соавт., первоочередная реконструкция ПКС в условиях дефицита элементов ЗЛУ может привести к избыточной наружной ротации большеберцовой кости и развитию нестабильности [25]. Как биомеханические, так и клинические исследования последовательно демонстрируют, что анатомическая реконструкция ЗКС и элементов ЗЛУ обеспечивает более высокую стабильность и лучшие функциональные исходы по сравнению с первичным ушиванием [13, 24]. Отсроченная реконструкция направлена на оптимизацию амплитуды движений в суставе до вмешательства и позволяет избежать оперативного восстановления структур, которые теоретически могут зажить самостоятельно [16, 18]. Sajjadi и соавт. показали, что staged-подход снижает риск инфекционных осложнений и контрактур, однако увеличивает общую длительность лечения и время до восстановления полной функции коленного сустава. Сравнительный анализ Khan и соавт. указывает на отсутствие статистически значимых различий в долгосрочных исходах между одно- и двухэтапными подходами,

однако отмечает большую удовлетворенность пациентов при одноэтапной реконструкции [8, 16].

Реабилитация и долгосрочные исходы определяют общий успех хирургического лечения [7, 14, 23]. Современные протоколы ранней мобилизации и функционального восстановления способствуют снижению частоты контрактур и улучшают показатели качества жизни пациентов [16, 19, 23]. Имеющиеся в настоящее время данные указывают на высокий риск развития посттравматического артроза и хронической нестабильности коленного сустава после подобных вмешательств, особенно при несвоевременном или неадекватном лечении [10, 14, 23].

К ограничениям проведенного исследования можно отнести его ретроспективный характер, что увеличивает риск ошибок, связанных с неполной или неточной информацией. Также в исследовании были объединены пациенты с МПКС по классификации Schenck III-L и III-M, что было обусловлено относительно малой выборкой и схожестью клинических проявлений данных подтипов (включающими повреждения нескольких связок, с преобладанием латеральных или медиальных стабилизаторов соответственно). В дальнейшем планируется проведение исследований с большими когортами и раздельным анализом, чтобы уточнить отличия в исходах между III-L и III-M.

Необходимо отметить, что операции выполнялись четырьмя хирургами. Данный фактор может вносить вариабельность в результаты лечения, но из-за ограниченного объема выборки анализ влияния конкретного хирурга на исходы не проводился. В исследовании не был представлен долгосрочный (более 2–3 лет) анализ функциональных исходов, что важно для оценки вероятности поздних осложнений (артроза или хронической нестабильности коленных суставов). Включение в исследование только тех пациентов, которым было возможным проведение планового вмешательства, могло приводить к исключению наиболее тяжелых случаев с сопутствующими повреждениями, что ограничивает внешнюю валидность.

5. Заключение

Двухэтапная реконструкция (ЗКС + ЗЛУ с последующей пластикой ПКС) обеспечивает более высокие функциональные результаты у пациентов с МПКС III типа при отсроченном лечении. При этом ряд пациентов, прошедших только один этап операции, без пластики передней крестообразной связки, достигают удовлетворительных функциональных результатов. Однако данная тактика сопровождается удлинением общего срока лечения и увеличением числа реабилитационных этапов, а статистические различия исходов требуют подтверждения на более крупных и рандомизированных выборках. Оптимальную стратегию следует подбирать индивидуально в зависимости от типа повреждений, биомеханических и социальных факторов.

Вклад авторов:

Гончаров Е.Н. — формирование базы данных, разработка концепции и дизайна исследования, выполнение хирургических вмешательств, редактирование текста статьи.

Ветошкин А.А. — разработка методологии исследования, выполнение хирургических вмешательств, оценка клинических исходов.

Коваль О.А. — оценка функциональных результатов пациентов, сбор и интерпретация клинических данных.

Арутюнов Г.Г. — оценка данных реабилитации пациентов, участие в статистической обработке данных.

Семенова М.П. — обзор литературы по теме исследования, проведение статистического анализа, подготовка рукописи к подаче.

Список литературы / References

1. Bagherifard A., Jabalameli M., Ghaffari S., Rezazadeh J., Abedi M., Mirkazemi M., Aghamohamadi J., Hesabi A., Mohammadpour M. Short to Mid-term Outcomes of Single-stage Reconstruction of Multiligament Knee Injury. *Arch. Bone Jt. Surg.* 2019;7(4):346–353. Available at: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6686067/>

2. Bonanzinga T., Zaffagnini S., Grassi A., Marcheggiani Muccioli G.M., Neri M.P., Marcacci M. Management of combined anterior cruciate ligament-posterolateral corner tears: A systematic review. *Am. J. Sports Med.* 2014;42(6):1496–503. <https://doi.org/10.1177/0363546513507555>.

3. Fanelli G.C., Orcutt D.R., Edson C.J. The multiple-ligament injured knee: evaluation, treatment, and results. *Arthroscopy.* 2005;21(4):471–486. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2005.01.001>

4. Geeslin A.G., Moulton S.G., LaPrade R.F. A Systematic Review of the Outcomes of Posterolateral Corner Knee Injuries, Part 1: Surgical Treatment of Acute Injuries. *Am. J. Sports Med.* 2016;44(5):1336–1342. <https://doi.org/10.1177/0363546515592828>

5. Hamal B., Karmacharya M., Bhattachan S., Hamal P.K. Functional Outcome of Single-Stage Reconstruction for the Multi-Ligament Injuries of the Knee. *J. Nepal Health Res. Coun.* 2025;22(4):751–755. <https://doi.org/10.33314/jnhr.v22i04.5472>

6. Harner C.D., Waltrip R.L., Bennett C.H., Francis K.A., Cole B., Irrgang J.J. Surgical management of knee dislocations. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2004;86(2):262–273. <https://doi.org/10.2106/00004623-200402000-00008>

7. Cook S., Ridley T.J., McCarthy M.A., Gao Y., Wolf B.R., Amendola A., Bollier M.J. Surgical treatment of multiligament knee injuries. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2015;23(10):2983–2991. <https://doi.org/10.1007/s00167-014-3451-1>

8. Lau B.C., Varsheyka K., Morris N., Wickman J., Kirkendall D., Abrams G. Single-Stage Surgical Treatment of Multi-ligament Knee Injuries Results in Lower Cost and Fewer Complications and Unplanned Reoperations Compared With Staged Treatment. *Arthrosc. Sports Med. Rehabil.* 2022;4(5):e1659–e1666. <https://doi.org/10.1016/j.asmr.2022.06.012>

9. Kim S.J., Choi D.H., Hwang B.Y. The influence of posterolateral rotatory instability on ACL reconstruction: comparison between isolated ACL reconstruction and ACL reconstruction combined with posterolateral corner reconstruction. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2012;94(3):253–259. <https://doi.org/10.2106/JBJS.J.01686>

10. Klasan A., Maerz A., Putnis S.E., Ernat J.J., Ollier E., Neri T. Outcomes after multiligament knee injury worsen over time: A systematic review and meta-analysis. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2025;33(4):1281–1298. <https://doi.org/10.1002/ksa.12442>

Authors contributions:

Evgeniy N. Goncharov — database creation, study concept and design, performance of surgical interventions, manuscript editing.

Aleksandr A. Vetoshkin — development of study methodology, performance of surgical interventions, evaluation of clinical outcomes.

Oleg A. Koval — evaluation of functional outcomes, collection and interpretation of clinical data.

Gurgen G. Arutyunov — evaluation of rehabilitation data, participation in statistical data processing.

Maria P. Semenova — literature review, statistical analysis, manuscript formatting.

11. LaPrade R.F., Spiridonov S.I., Coobs B.R., Ruckert P.R., Griffith C.J. Fibular collateral ligament anatomical reconstructions: a prospective outcomes study. *Am. J. Sports Med.* 2010;38(10):2005–2011. <https://doi.org/10.1177/0363546510370200>

12. Levy B.A., Dajani K.A., Whelan D.B., Stannard J.P., Fanelli G.C., Stuart M.J., Boyd J.L., MacDonald P.A., Marx R.G. Decision making in the multiligament-injured knee: an evidence-based systematic review. *Arthroscopy.* 2009;25(4):430–438. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2009.01.008>

13. Levy B.A., Dajani K.A., Morgan J.A., Shah J.P., Dahm D.L., Stuart M.J. Repair versus reconstruction of the fibular collateral ligament and posterolateral corner in the multiligament-injured knee. *Am. J. Sports Med.* 2010;38(4):804–809. <https://doi.org/10.1177/0363546509352459>

14. Makaram N.S., Murray I.R., Geeslin A.G., Chahla J., Moatshe G., LaPrade R.F. Diagnosis and treatment strategies of the multiligament injured knee: a scoping review. *Br. J. Sports Med.* 2023;57(9):543–550. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2022-106425>

15. Medina O., Arom G.A., Yeranosian M.G., Petriglano F.A., McAllister D.R. Vascular and nerve injury after knee dislocation: a systematic review. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2014;472(9):2621–2629. <https://doi.org/10.1007/s11999-014-3511-3>

16. Mook W.R., Miller M.D., Diduch D.R., Hertel J., Boachie-Adjei Y., Hart J.M. Multiple-ligament knee injuries: a systematic review of the timing of operative intervention and postoperative rehabilitation. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2009;91(12):2946–2957. <https://doi.org/10.2106/JBJS.H.01328>

17. Moulton S.G., Geeslin A.G., LaPrade R.F. A Systematic Review of the Outcomes of Posterolateral Corner Knee Injuries, Part 2: Surgical Treatment of Chronic Injuries. *Am. J. Sports Med.* 2016;44(6):1616–1623. <https://doi.org/10.1177/0363546515593950>

18. Ng J.W.G., Myint Y., Ali F.M. Management of multiligament knee injuries. *EFORT Open Rev.* 2020;5(3):145–155. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.5.190012>

19. Özbek E.A., Dadoo S., Grandberg C., Runer A., Cong T., Hughes J.D., Irrgang J.J., Musahl V. Early surgery and number of injured ligaments are associated with postoperative stiffness following multi-ligament knee injury surgery: a systematic review and meta-analysis. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2023;31(10):4448–4457. <https://doi.org/10.1007/s00167-023-07514-9>

20. Pugazhendhi G., Aravindan M., Kumar M.N., Shankaran G.B.S. Comprehensive Arthroscopic Management of Multi-ligament Knee Injury: A Case Report. *J. Orthop. Case Rep.* 2025;15(5):190–197. <https://doi.org/10.13107/jocr.2025.v15.i05.5608>

21. Rochecongar G., Plaweski S., Azar M., Demey G., Arndt J., Louis M.L., et al.; French Society for Arthroscopy (Société française d'arthroscopie, SFA). Management of combined an-

terior or posterior cruciate ligament and posterolateral corner injuries: a systematic review. Orthop. Traumatol. Surg. Res. 2014;100(8 Suppl):S371–S378. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2014.09.010>

22. **Mosquera M.F., Jaramillo A., Gil R., Gonzalez Y.** Controversies in acute multiligamentary knee injuries (MLKI). J. Exp. Ortop. 2020;7(1):56. <https://doi.org/10.1186/s40634-020-00260-8>

23. **Sleem B., Nassar J.E., Tollefson L.V., LaPrade R.F.** Management and reconstruction strategies for multiligament knee injuries: Advances in diagnosis, surgical techniques, and rehabilitation. J. Arthrosc. Surg. Sports Med. 2025;6(2):112–124. https://doi.org/10.25259/JASSM_62_2024

24. **Stannard J.P., Brown S.L., Farris R.C., McGwin G. Jr, Volgas D.A.** The posterolateral corner of the knee: repair versus reconstruction. Am. J. Sports Med. 2005;33(6):881–888. <https://doi.org/10.1177/0363546504271208>

25. **Wentorf F.A., LaPrade R.F., Lewis J.L., Resig S.** The influence of the integrity of posterolateral structures on tibiofemoral orientation when an anterior cruciate ligament graft is tensioned. Am. J. Sports Med. 2002;30(6):796–799. <https://doi.org/10.1177/03635465020300060701>

26. **Schwellner E., Ward P.** Posterolateral Corner Knee Injuries: Review of Anatomy and Clinical Evaluation. J. Am. Osteopath. Assoc. 2015;115(12):725–731. <https://doi.org/10.7556/jaoa.2015.148>

Информация об авторах:

Гончаров Евгений Николаевич, к.м.н., врач — травматолог-ортопед, доцент кафедры травматологии и ортопедии хирургического факультета, Научно-клинический центр № 2 ФГБНУ «Российской научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского», Россия, 119435, Москва, Абрикосовский пер., 2; заведующий отделением травматологии и ортопедии, ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Россия, 125993, Москва, ул. Баррикадная, 2/1, стр. 1, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9809-7637> (goncharoven@gmail.com)

Ветошкин Александр Александрович, к.м.н., доцент, руководитель Центра травматологии и ортопедии АО «Европейский Медицинский Центр», Россия, 129110, Москва, Орловский пер. 7; доцент кафедры травматологии и ортопедии, ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Россия, 125993, Москва, ул. Баррикадная, 2/1, стр. 1, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3258-2220> (totoalex5@gmail.com)

Коваль Олег Александрович, к.м.н., врач — травматолог-ортопед отделения травматологии и ортопедии, Научно-клинический центр № 2 ФГБНУ «Российской научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского», Россия, 119435, Москва, Абрикосовский пер., 2; старший лаборант кафедры травматологии и ортопедии хирургического факультета, ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Россия, 125993, Москва, ул. Баррикадная, 2/1, стр. 1, ORCID: <https://orcid.org/0002-4193-4972>, (drkovaloa@gmail.com)

Арутюнов Гурген Гурамиевич, врач спортивной медицины и лечебной физкультуры; старший врач отдела сопровождения спортивных сборных команд и соревнований, ФГБУ «Национальный центр спортивной медицины Федерального медико-биологического агентства», Россия, 121059, Москва, ул. Б. Дорогомиловская, 5, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3090-4280>, (g.arutyunov@volley.ru)

Семенова Мария Павловна*, врач спортивной медицины отдела медицинского обеспечения федеральных учебно-тренировочных баз ФМБА России, ФГБУ «Национальный центр спортивной медицины Федерального медико-биологического агентства», Россия, 121059, Москва, ул. Б. Дорогомиловская, 5, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3680-1443>, (marya.semen2017@yandex.ru)

Information about the authors:

Evgeniy N. Goncharov, Cand. Sci. (Medicine), Traumatologist-Orthopedist, Associate Professor, Department of Traumatology and Orthopedics, Surgical Faculty, Petrovsky National Research Centre of Surgery (2 Abrikosovskiy per., Moscow, 119435, Russia); Head of the Department of Traumatology and Orthopedics, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education (2/1 Barrikadnaya str., bldg. 1, Moscow, 125993, Russia), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9809-7637>, (goncharoven@gmail.com)

Aleksandr A. Vetroshkin, Cand. Sci. (Medicine), Associate Professor, Head of the Traumatology and Orthopedics Center, European Medical Center (EMC) (7 Orlovskiy per., Moscow, 129110, Russia); Associate Professor, Department of Traumatology and Orthopedics, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education (2/1 Barrikadnaya str., bldg. 1, Moscow, 125993, Russia), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3258-2220>, (totoalex5@gmail.com)

Oleg A. Koval, Cand. Sci. (Medicine), Traumatologist-Orthopedist, Department of Traumatology and Orthopedics, Petrovsky National Research Centre of Surgery (2 Abrikosovskiy per., Moscow, 119435, Russia); Senior Laboratory Assistant, Department of Traumatology and Orthopedics, Surgical Faculty, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education (2/1 Barrikadnaya str., bldg. 1, Moscow, 125993, Russia), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4193-4972>, (drkovaloa@gmail.com)

Gurgen G. Arutyunov, Sports Medicine and Rehabilitation Physician; Senior Physician, Department of Support for National Teams and Competitions, National Center for Sports Medicine of the Federal Medical-Biological Agency (FMBA) (5 B. Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, Russia), ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3090-4280>, (g.arutyunov@volley.ru)

Maria P. Semenova*, Sports Medicine Physician, Department of Medical Support for Federal Training Bases of the FMBA of Russia, National Center for Sports Medicine of the Federal Medical-Biological Agency (FMBA) (5 B. Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, Russia), ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3680-1443>, (marya.semen2017@yandex.ru)

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.3.2>

УДК: 616-071.3

Тип статьи: Оригинальная статья / Original research



Расхождение результатов оценки компонентного состава тела, измеренного у одних и тех же лиц разными способами

**А.Е. Стрижков¹, Т.С. Жарикова^{1,2}, А.А. Моисеенко^{1*}, П.Г. Сафронов¹, Е.С. Кутин¹,
С.С. Овчинникова¹, Н.В. Михайлова¹, П.С. Суслина¹, В.Н. Николенко^{1,2}**

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

² ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: сравнить показатели компонентного состава тела, полученные при помощи портативных биомпреданских анализаторов (умных весов), со значениями, рассчитанными по стандартным формулам на основе данных антропометрии.

Материалы и методы: обследовано 60 человек (37 девушек, 23 юношей), проведено сравнение толщины кожных складок, различных обхватов и диаметров, а также различных параметров компонентного состава тела, полученная при помощи двух моделей умных весов.

Результаты. При измерении компонентного состава тела с использованием двух моделей умных весов и антропометрических формул у участников мужского пола наблюдаются статистически значимые различия в показателях мышечной массы (формулы — $46,67 \pm 1,06\%$, ОКОК — $38,80 \pm 1,46\%$, РICOOC — $40,13 \pm 1,6\%$; $p < 0,01$), костной массы (формулы — $12,3 \pm 0,4\%$, ОКОК — $4,3 \pm 0,1\%$, РICOOC — $4,37 \pm 0,13\%$; $p < 0,01$), жировой массы (формулы — $12,47 \pm 0,68\%$, ОКОК — $25,41 \pm 1,76\%$, РICOOC — $23,17 \pm 1,74\%$; $p < 0,01$) и скорости основного обмена веществ (формулы — $1948,7 \pm 48,5$ ккал, ОКОК — $1675,5 \pm 50,8$ ккал, РICOOC — $1718,2 \pm 47,6$ ккал; $p < 0,01$). У женщин были обнаружены различия в показателях мышечной массы (формулы — $50,36 \pm 0,66\%$, ОКОК — $39,51 \pm 1,17\%$, РICOOC — $39,86 \pm 1,38\%$; $p < 0,01$), костной массы (формулы — $9,4 \pm 0,18\%$, ОКОК — $5,11 \pm 0,07\%$, РICOOC — $4,72 \pm 0,07\%$; $p < 0,01$) и жировой массы (формулы — $15,86 \pm 0,51\%$, ОКОК — $24,99 \pm 0,99\%$, РICOOC — $23,16 \pm 0,89\%$; $p < 0,01$), статистически значимых различий в показателях скорости основного обмена веществ обнаружено не было ($p > 0,05$). Также наблюдаются расхождения в показателях костной массы женщин, полученных от разных моделей весов (ОКОК — $5,11 \pm 0,07\%$, РICOOC — $4,72 \pm 0,07\%$; $p < 0,05$).

Заключение. Измерение компонентного состава тела с использованием умных весов не может обеспечить приемлемую точность, что обуславливает необходимость проведения дальнейших исследований с целью определения точности используемых методов. Несмотря на доступность умных весов и антропометрических формул для определения компонентного состава тела, стоит комбинировать несколько методик определения компонентного состава тела, чтобы исключить систематическую ошибку.

Ключевые слова: умные весы, портативные биомпреданские анализаторы, компонентный состав тела, конституциональная анатомия, биомпреданометрия, скелетная мышечная масса, жировая масса

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Стрижков А.Е., Жарикова Т.С., Моисеенко А.А., Сафронов П.Г., Кутин Е.С., Овчинникова С.С., Михайлова Н.В., Суслина П.С., Николенко В.Н. Расхождение результатов оценки компонентного состава тела, измеренного у одних и тех же лиц разными способами. Спортивная медицина: наука и практика. 2025;15(3):13–21. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.3.2>

Поступила в редакцию: 20.05.2025

Принята к публикации: 13.10.25

Online first: 02.12.2025

Опубликована: 29.12.2025

* Автор, ответственный за переписку

Discrepancy in the results of the assessment of body component composition measured in the same individuals by different methods

**Alexey E. Strizhkov¹, Tatyana S. Zharikova^{1,2}, Alexander A. Moiseenko^{1*}, Peter G. Safronov¹,
Evgeniy S. Kutin¹, Sabina S. Ovchinnikova¹, Nicole-Stephania V. Mikhailova¹, Polina S. Suslina¹,
Vladimir N. Nikolenko^{1,2}**

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

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

ABSTRACT

Aim: compare the indicators of body component composition obtained using «smart scales» with the values calculated using standard formulas based on anthropometry data.

Materials and methods: 60 people (37 girls, 23 boys) were examined. The data obtained on measurements of skin fold thickness, girths and diameters, as well as information on body composition obtained using two «smart scale» models, were tabulated and further processed.

Results: when measuring body composition using two «smart scales» models and anthropometric formulas, male participants showed statistically significant differences in muscle mass (formulas — 46.67 % ± 1.06 %, OCOC — 38.80 % ± 1.46 %, PICOOC — 40.13 % ± 1.6 %; p<0.01), bone mass (formulas — 12.3 % ± 0.4 %, OKOK — 4.3 % ± 0.1 %, PICOOC — 4.37 % ± 0.13 %; p < 0.01), fat mass (formulas — 12.47 % ± 0.68 %, OKOK — 25.41 % ± 1.76 %, PICOOC — 23.17 % ± 1.74 %; p < 0.01) and the rate of basic metabolism (formulas — 1948.7 ± 48.5 kcal, OCOC — 1675.5 ± 50.8 kcal, PICOOC — 1718.2 ± 47.6 kcal; p < 0.01). There were also found significant differences in muscle mass (formulas — 50.36 % ± 0.66 %, OKOK — 39.51 % ± 1.17 %, PICOOC — 39.86 % ± 1.38 %; p < 0.01), bone mass (formulas — 9.4 % ± 0.18 %, OKOK — 5.11 % ± 0.07 %, PICOOC — 4.72 ± 0.07 %; p < 0.01) and fat mass (formulas — 15.86 ± 0.51 %, OCOC — 24.99 ± 0.99 %, PICOOC — 23.16 ± 0.89 %; p < 0.01) in women, however no statistically significant differences in the rate of basic metabolism were found (p > 0.05). There are also discrepancies in the bone mass indices of women obtained from different weight models (OCOC — 5.11 % ± 0.07 %, PICOOC — 4.72 ± 0.07 %; p < 0.05).

Conclusion: the discrepancies obtained indicate the need for further research to determine the accuracy of the methods used. Despite the availability of «smart scales» and anthropometric formulas for determining the component composition of a body, it is worthwhile combining several methods for determining the component composition of a body in order to eliminate a systematic error.

Keywords: «smart scales», body component composition, constitutional anatomy, bioimpedance measurement, skeletal muscle mass, fat mass

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

For citation: Strizhkov A.E., Zharikova T.S., Moiseenko A.A., Safronov P.G., Kutin E.S., Ovchinnikova S.S., Mikhailova N.V., Suslina P.S., Nikolenko V.N. Discrepancy in the results of the assessment of body component composition measured in the same individuals by different methods. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2025;15(3):13–21. (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.3.2>

Received: 20 May 2025

Accepted: 13 October 2025

Online first: 02 December 2025

Published: 29 December 2025

***Corresponding author**

1. Введение

Популярность портативных биоимпедансных анализаторов (умных весов) значительно возросла за последние годы. Портативность, скорость измерения, простота интерпретации результатов, а также возможность подключить устройство к смартфону значительно популяризовала эту технологию, и теперь умные весы используются в самых различных сферах жизни, включая медицину, спорт и сельское хозяйство [1]. Однако до сих пор остается предметом обсуждений точность предоставляемых этими устройствами данных о компонентном составе тела и их пригодности в качестве инструмента получения достоверной информации о состоянии здоровья [2, 3]. Интерес к конституциональной анатомии, а также потенциальное применение современных технологий в высокоточных областях медицины

(спортивная медицина, урология, гепатология) требует наличия более детальных данных относительно точности доступных методов [4–8].

Целью исследования было сравнение показателей компонентного состава тела, полученных при помощи портативных биоимпедансных анализаторов (умных весов), со значениями, рассчитанными по стандартным формулам на основе данных антропометрии.

Для реализации поставленной цели было проведено антропометрическое обследование лиц юношеского возраста с последующей оценкой компонентного состава тела испытуемых по стандартным антропометрическим формулам. Затем было проведено измерение компонентного состава тела участников с применением двух моделей умных весов, а полученные результаты были сравнены между собой.

2. Материалы и методы

Участниками исследования, проведенного в 2025 году, были студенты ФГАОУ «Первый МГМУ им. И. М. Сеченова» Минздрава России (Москва), которые дали письменное информированное согласие на участие в исследовании. Протокол обследования был одобрен локальным этическим комитетом ФГАОУ «Первый МГМУ им. И. М. Сеченова» (№ 06–25, заседание от 20.03.2025 г.).

Всего было обследовано 60 человек (37 девушек, 23 юноши). Средний возраст испытуемых — $18,1 \pm 0,7$ года, средний рост — $173,7 \pm 0,8$ см, средний вес — $66,2 \pm 14,6$ кг, средний индекс массы тела (ИМТ) — $21,8 \pm 3,8$ кг/м².

47 из 60 участников имели ИМТ в рамках нормальных значений (18,5–25 кг/м²), шесть из них были с недостаточной массой тела (16–18,5 кг/м²), а один имел выраженный дефицит массы тела (< 16 кг/м²). Пять студентов имели избыточную массу тела (25–30 кг/м²), один был с ожирением I степени (30–35 кг/м²), а еще один участник имел ожирение II степени (35–40 кг/м²).

Обследование проводили днем в одно и то же время при одинаковых условиях. Для снижения погрешности взвешивание на умных весах проводили у испытуемых, завершивших предыдущий прием пищи не менее чем за два часа до измерения согласно инструкции к прибору. Согласно рекомендациям к исследованию допускались участники, подтвердившие воздержание от алкоголя и никотина в течение > 2 часов, от кофеина — в течение > 4 часов [9]. Антропометрические параметры измеряли при помощи сантиметровой прорезиненной рулетки, электронным и механическим штангенциркулями, двумя моделями умных весов различных производителей (OKOK International, Китай; PICOOC S3 White V2, Китай).

По методике Н. Ю. Лутовиновой, М. И. Уткиной, В. П. Чтецова с комментариями Э. Г. Мартиросова при помощи электронного штангенциркуля с действующей поверкой проводились замеры кожной складки (в мм, с точностью до 0,1 мм) на тыльной стороне ладони, толщины кожно-жировой складки на голени, бедре, животе, спине, груди, плече, предплечье [10]. При помощи механического штангенциркуля измерялись дистальные диаметры голени, бедра, плеча, предплечья (в см с точностью до 0,1 см).

Перед замерами было проведено сравнительное исследование точности механического и электронного штангенциркулей, получаемые результаты совпадали. Автокалибровка умных весов проводилась посредством установки их на ровную поверхность и активирования приложением веса. После отображения на экране числового значения веса груз снимался с поверхности устройства. Калибровка считалась успешной при отображении нулевого значения веса после снятия груза и при совпадении отображаемых значений веса с целевыми при использовании эталонных гирек.

При помощи рулетки замерялись обхваты бедра, голени, плеча, предплечья (в см с точностью до 0,1 см). Все измерения проводились с двух сторон. С помощью умных весов измерялся вес испытуемого и фиксировались отображаемые в мобильном приложении результаты анализа компонентного состава тела для дальнейшего сопоставления данных (жировая масса в кг, процент (%) жира, скелетная мышечная масса (СММ) в кг, процент (%) СММ, скорость основного обмена веществ (СООВ) в ккал, костная масса в кг и индекс массы тела (ИМТ)). Все поверхности и инструменты подвергались антисептической обработке перед измерением каждого участника исследования. Результаты анкетных данных и антропометрических измерений заносились в электронную базу данных.

Исходя из полученных данных антропометрии по математическим формулам были рассчитаны:

— площадь тела (формула Дюбуа) [10, 11]:

$$S = (100 + P + L - 160)/100 \text{ [м}^2\text{]},$$

где P — вес (кг), L — рост (см);

— индекс массы тела:

$$\text{ИМТ} = P/L^2 \text{ (м) [кг/м}^2\text{]},$$

где P — вес (кг), L — рост (м);

— абсолютная масса костной ткани по формуле Матейки [9, 11]:

$$O = L \times o^2 \times 1,2 \text{ [г]},$$

где L — рост (см), o^2 — квадрат средней величины диаметров дистальных частей плеча, предплечья, бедра и голени в см;

— абсолютное количество жирового компонента по формуле Матейки [10, 12]:

$$D = d \times S \times 1,3 \text{ [кг]},$$

где d — средняя толщина подкожно-жирового слоя вместе с кожей, мм (вычисляется как половина от средней толщины подкожно-жировой складки), S — площадь тела, м²;

— скелетная мышечная масса (Lee et al., 2000) [10, 13]:

$$\begin{aligned} \text{СММ} = L \times (0,00088 \times \text{СОБ}^2 + 0,00744 \times \text{СОП}^2 + \\ + 0,00441 \times \text{СОГ}^2) + 2,4 \times \text{пол} - 0,048 \times \text{возраст (лет)} + \\ + X + 7,8 \text{ [кг]}, \end{aligned}$$

где L — рост (м), СОП — скорректированный обхват плеча, см (обхват плеча — толщина кожно-жировой складки на задней поверхности плеча); СОБ — скорректированный обхват бедра, см (обхват бедра — толщина кожно-жировой складки на середине бедра); СОГ — скорректированный обхват голени, см (обхват голени — толщина подкожно-жировой складки на медиальной

поверхности голени); мужской пол = 1, женский пол = 0; X — константа, рассчитанная Lee et al. исходя из расовой и этнической принадлежности испытуемых. В данном исследовании использовались 2 значения X : $X = -2$ для представителей монголоидной расы и $X = 0$ для представителей европеоидной расы [13];

— COOB (FAO/WHO/UNU, 1985) [10]:

$$\text{COOB, мужчины} = 64,4 \times P + 113,0 \times L + 3000 \text{ [кДж/сут]},$$

$$\text{COOB, женщины} = 55,6 \times P + 1397,4 \times L + 146 \text{ [кДж/сут]},$$

где P — вес (кг), L — рост (м).

Полученные при помощи формул и измерений на весях данные были сопоставлены и проанализированы.

Статистическую обработку данных проводили с использованием Microsoft Excel (2019). Результаты представили в виде средних величин и стандартного отклонения ($M \pm \sigma$). Оценка значимости различий средних величин провели с использованием парного t -критерия Стьюдента. Статистически значимыми считали различия при уровне достоверности $p < 0,05$.

3. Результаты

Результаты антропометрии лиц мужского и женского пола представлены в таблице 1. На основе полученных данных по формулам, описанным выше, были

рассчитаны показатели массы жировой ткани, скелетной мышечной массы, костной массы и скорости основного обмена. Полученные данные сравнивались с аналогичными параметрами, полученными у этих же обследуемых при помощи умных весов (табл. 2).

Анализ полученных данных и у мужчин, и у женщин показал, что в среднем значения СММ, костной массы и СОOB, рассчитанные при помощи формул, были больше аналогичных показателей, предоставленных умными весами, однако значения массы жировой ткани были меньше при использовании расчетов.

На рисунках 1 и 2 видны различия между аналогичными показателями компонентов тела у участников мужского и женского полов, полученными разными методами и устройствами.

Был проведен сравнительный анализ соответствующих параметров, статистическая значимость различий между ними показана в таблице 3. Установлено, что все исследуемые показатели (СММ, костная масса, СОOB и жировая ткань), полученные на основании расчета по формулам и измерений на умных весах, имеют различия на высоком уровне статистической значимости (кроме значений СОOB у женщин, которые не имеют статистически значимых различий). Более того, умные весы разных моделей демонстрируют статистически значимые различия в показателях костной массы у женщин ($p < 0,05$).

Таблица 1

Средние показатели антропометрии у юношей и девушек

Table 1

Average indicators of anthropometry in young men and girls

Показатель / Источник данных	Антропометрические измерения			
	Юноши		Девушки	
	Справа	Слева	Справа	Слева
Рост, см	181,26 ± 1,2		168,92 ± 0,85	
Толщина кожной складки на плече сзади, мм	9,21 ± 0,57	9,2 ± 0,57	11,22 ± 0,59	11,06 ± 0,55
Толщина кожной складки на плече спереди, мм	7,01 ± 0,74	6,65 ± 0,6	6,53 ± 0,35	6,64 ± 0,36
Толщина кожной складки на предплечье, мм	3,66 ± 0,33	3,68 ± 0,34	6,8 ± 0,35	6,66 ± 0,34
Толщина кожной складки на спине, мм	9,5 ± 0,71	9,57 ± 0,69	10,68 ± 0,48	10,66 ± 0,49
Толщина кожной складки на груди, мм	5,02 ± 0,48	4,92 ± 0,48	6,78 ± 0,34	6,69 ± 0,32
Толщина кожной складки на животе, мм	10,42 ± 0,64	10,27 ± 0,68	10,54 ± 0,45	10,33 ± 0,45
Толщина кожной складки на бедре, мм	6,23 ± 1,31	5,53 ± 1,2	6,11 ± 0,44	6,21 ± 0,43
Толщина кожной складки на голени, мм	9,76 ± 1,48	9,71 ± 1,47	10,57 ± 0,56	10,8 ± 0,58
Толщина кожной складки на тыльной стороне кисти, мм	2,16 ± 0,07	2,12 ± 0,07	2,5 ± 0,14	2,48 ± 0,11
Дистальный диаметр плеча, см	6,59 ± 0,25	6,57 ± 0,29	5,05 ± 0,11	4,95 ± 0,12
Дистальный диаметр предплечья, см	4,9 ± 0,22	4,89 ± 0,22	3,83 ± 0,09	3,82 ± 0,09
Дистальный диаметр бедра, см	8,86 ± 0,25	8,83 ± 0,28	7,02 ± 0,12	7,01 ± 0,12
Дистальный диаметр голени, см	5,92 ± 0,08	5,99 ± 0,08	5,18 ± 0,09	4,91 ± 0,08
Обхват плеча, см	28,6 ± 0,9	29,2 ± 0,95	26,01 ± 0,52	25,45 ± 0,50
Обхват предплечья, см	27,41 ± 0,81	26,96 ± 0,78	22,98 ± 0,29	22,86 ± 0,32
Обхват бедра, см	51,74 ± 1,27	52,02 ± 1,35	51,81 ± 0,75	51,44 ± 0,83
Обхват голени, см	38,76 ± 0,9	37,78 ± 0,92	35,51 ± 0,48	35,09 ± 0,43

Таблица 2

Сравнение расчетных показателей антропометрии с данными от умных весов у юношей и девушек

Table 2

Comparison of calculated indicators of anthropometry with data from smart scales in young men and girls

Показатель / Источник данных	Юноши			Девушки		
	Формулы	OKOK	PICOOC	Формулы	OKOK	PICOOC
Вес тела, кг		76,83 ± 3,14	77,02 ± 3,14		59,43 ± 1,55	59,55 ± 1,55
Телесный жир, %	12,47 ± 0,68	25,41 ± 1,76	23,17 ± 1,74	15,86 ± 0,51	24,99 ± 0,99	23,16 ± 0,89
Мышечная масса, %	46,67 ± 1,06	38,80 ± 1,46	40,13 ± 1,6	50,36 ± 0,66	39,51 ± 1,17	39,86 ± 1,38
Костная масса, %	12,3 ± 0,4	4,3 ± 0,1	4,37 ± 0,13	9,4 ± 0,18	5,11 ± 0,07	4,72 ± 0,07
СОOB, ккал	1948,7 ± 48,5	1675,5 ± 50,8	1718,2 ± 47,6	1388,7 ± 21,4	1332,6 ± 20,3	1372,9 ± 16,5

Сравнение исследуемых показателей, %



Рис. 1. Состав тела женщин
Fig. 1. Women's body composition

Сравнение исследуемых показателей, %

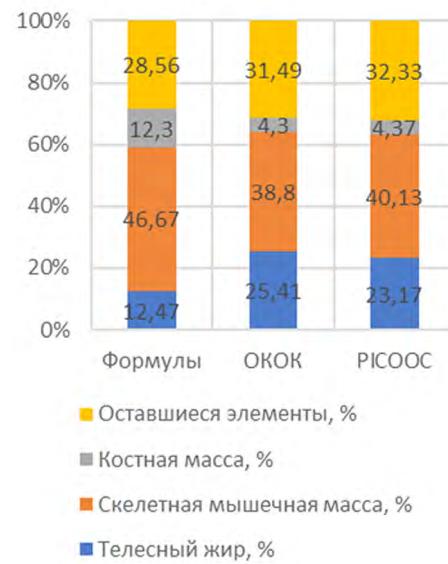


Рис. 2. Состав тела мужчин
Fig. 2. Men's body composition

Таблица 3

Значимость различий полученных показателей

Table 3

The reliability of the differences in the obtained indicators

		CMM	Костная масса	СОOB	Жировая ткань
Сравнение показателей формул и весов OKOK	Ж	$p < 0,01$	$p < 0,01$	-	$p < 0,01$
	М	$p < 0,01$	$p < 0,01$	$p < 0,01$	$p < 0,01$
Сравнение показателей формул и весов PICOOC	Ж	$p < 0,01$	$p < 0,01$	-	$p < 0,01$
	М	$p < 0,01$	$p < 0,01$	$p < 0,01$	$p < 0,01$
Сравнение показателей весов между собой	Ж	-	$p < 0,05$	-	-
	М	-	-	-	-

Примечание: в ячейках указан уровень значимости различий показателей выборки (p). Прочерк (-) означает, что статистически значимых различий не обнаружено ($p > 0,05$).

Note: The cells indicate the significance level of differences in sample parameters (p). A dash (-) indicates that no statistically significant differences were found ($p > 0,05$).

4. Обсуждение

Конституциональная анатомия и анализ компонентного состава тела в последние годы получили новый виток развития в связи с возросшей важностью персонализированной медицины [4, 11]. Увеличение по всему миру количества людей, страдающих от лишнего веса, ожирения и сочетанных с ними патологий, заставляет обращать большее внимание на данную проблему [14, 15]. Одним из глобальных направлений развития системы здравоохранения является внедрение принципов медицины «4 П» (персонализированная, партисипативная, предсказательная, профилактическая), которые могут применяться как на индивидуальном, так и на популяционном уровне [5]. Текущий тренд на цифровизацию системы здравоохранения предполагает активное внедрение цифровых методов оценки состояния здоровья человека для бесконтактного получения медицинских услуг [16, 17]. Однако применение новых решений в области медицины должно сопровождаться исследованиями по эффективности и достоверности получаемых результатов.

Имеется исследование, целью которого была оценка точности получаемых данных о массе тела, измеряемой при помощи умных весов дома и медицинским персоналом при очном визите в учреждение [2]. Стоит отметить, что предлагаемый функционал умных весов выходит далеко за рамки простого определения веса, поэтому необходимо изучать и достоверность остального набора предоставляемых устройством данных. По результатам двух исследований сообщается о допустимости использования весов в исследованиях по контролю веса ввиду их достаточной точности по определению массы тела [2, 3]. Однако единственное обнаруженное исследование, в котором оценивалась бы точность остальных показателей компонентного состава тела, сообщает о расхождениях в оценке данных показателей (в особенности жировой массы) по сравнению с «золотым стандартом» — DEXA-сканированием [3].

По результатам проведенного исследования были выявлены статистически значимые различия между показателями состава тела, полученными при помощи антропометрии и умных весов. Более того, полученные при помощи двух разных моделей весов значения СММ у женщин также различаются. Подобные различия могут привести к искажению общей оценки состояния человека, а изначально недостоверное предположение

Вклад авторов:

Стрижков Алексей Евгеньевич — концепция и дизайн исследования, анализ и интерпретация данных, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования.

Жарикова Татьяна Сергеевна — редактирование текста, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования.

Моисеенко Александр Александрович — концепция и дизайн исследования, сбор данных, анализ и интерпретация данных, написание текста.

Сафонов Петр Георгиевич — сбор и анализ данных.

о состоянии своего тела способно кардинально поменять модель поведения человека.

Полученные многочисленные различия между антропометрическими данными и аналогичными показателями умных весов ставят под сомнение достоверность обоих подходов. В то же время данные методы являются доступными, простыми и массовыми в применении и могут быть использованы в повседневной жизни для оценочного мониторинга состояния здоровья. Однако использование антропометрии и умных весов в профессиональной сфере, в процессе подготовки к спортивным соревнованиям, в качестве инструмента постоянного и корректного мониторинга может приводить к искажению реальной картины. Для получения достоверных данных необходимо использовать более точные методы, такие как DEXA-сканирование, гидростатическое взвешивание [3, 11]. Необходимо проведение дополнительных сравнительных исследований умных весов и антропометрических измерений с DEXA-сканированием и гидростатическим взвешиванием аналогичных выборок.

5. Заключение

В ходе исследования было проведено сравнение показателей состава тела, полученных с помощью математического расчета по антропометрическим параметрам и умных весов, которое показало высокую степень несоответствия результатов. Большие различия были обнаружены в значениях скелетной мышечной массы, костной массы, скорости основного обмена веществ (у мужчин), массы жировой ткани. В ходе исследования было обнаружено, что получаемые с использованием умных весов двух разных моделей данные соответствуют друг другу по всем показателям, кроме костной массы у женщин, но не согласуются с данными антропометрических формул. Серьезные различия в показателях двух используемых методик заставляют усомниться в научной применимости использования антропометрических формул и умных весов. Данные методики допустимо использовать для мониторинга собственного здоровья в бытовых условиях и полупрофессиональных спортзалах, однако для медицинских, научных и спортивных целей (особенно в рамках подготовки к соревновательному периоду) рекомендуется использовать более точные, валидированные технологии.

Authors' contributions:

Alexey E. Strizhkov — research concept and design, data analysis and interpretation, final approval of the article version for publication.

Tatyana S. Zharikova — text editing, final approval of the article version for publication.

Alexander A. Moiseenko — research concept and design, data collection, data analysis and interpretation, text writing.

Peter G. Safronov — data collection and analysis.

Кутин Евгений Сергеевич — сбор и анализ данных.
 Овчинникова Сабина Сергеевна — сбор данных.
 Михайлова Николь-Степания Владимировна — сбор данных.
 Суслина Полина Сергеевна — сбор данных
Николенко Владимир Николаевич — концепция и дизайн исследования, общая организация и координация работы, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования.

Список литературы

1. Выборная К.В., Тимонин А.Н., Семенов М.М., Лавриненко С.В., Раджабкадиев Р.М., Ключкова С.В., Никитюк Д.Б. Оценка состава тела футболистов на основании данных антропометрии и биоимпедансометрии и сравнение двух методов регистрации. Спортивная медицина: наука и практика. 2020;10(4):55–63. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2020.4.2>
2. Ross K.M., Wing R.R. Concordance of In-Home “Smart” Scale Measurement with Body Weight Measured In-Person. *Obes. Sci. Pract.* 2016;2(2):224–248. <https://doi.org/10.1002/osp4.41>
3. Frija-Masson J., Mullaert J., Vidal-Petiot E., Pons-Kerjean N., Flamant M., d'Ortho M.P. Accuracy of Smart Scales on Weight and Body Composition: Observational Study. *JMIR Mhealth Uhealth.* 2021;9(4):e22487. <https://doi.org/10.2196/22487>
4. Николенко В.Н., Никитюк Д.Б., Чава С.В. Отечественная конституциональная анатомия в аспекте персонифицированной медицины. Сеченовский вестник. 2013;4(14):9–17.
5. Галицкая Д.А., Константинова О.В., Просянников М.Ю., Шадеркин И.А., Аполихин О.И. Инструменты ИТ-медицины в модификации образа жизни пациентов с мочекаменной болезнью. Экспериментальная и клиническая урология. 2021;14(1):78–86. <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2021-14-1-78-86>
6. Раджабкадиев Р.М., Выборная К.В., Мартинчик А.Н., Тимонин А.Н., Барышев М.А., Никитюк Д.Б. Антропометрические параметры и компонентный состав тела спортсменов неигровых видов спорта. Спортивная медицина: наука и практика. 2019;9(2):46–54. <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2019.2.46>
7. Жариков Ю.О., Масленников Р.В., Жарикова Т.С., Гаджиахмедова А.Н., Алиева А.М., Понте-Силва А., Николенко В.Н. Изменения компонентного состава тела при циррозе печени и современные подходы к их оценке. Крымский терапевтический журнал. 2023;3:52–57.
8. Безуглов Э.Н., Красноожан Ю.А., Стукалов Е.А., Российский С.А., Ярдошвили А.Э., Усманова Э.М. Мониторинг функционального состояния футболистов высокой квалификации в течение соревновательного сезона. Вестник спортивной науки. 2011;3:25–30.
9. Антонов А.Г., Выборнов В.Д., Баландин М.Ю., Рыбакова П.Д., Бадтиева В.А., Никитюк Д.Б. Практические рекомендации по стандартизации измерения метаболизма покоя методом непрямой калориметрии: литературный обзор. Спортивная медицина: наука и практика. 2022;12(4):22–28. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.4.7>
10. Мартиросов Э.Г., Николаев Д.В., Руднев С.Г. Технологии и методы определения состава тела человека. Москва: Наука; 2006.
11. Никитюк Д.Б., Николенко В.Н., Ключкова С.В., Миннибаев Т. Ш. Индекс массы тела и другие антропометрические показатели физического статуса с учетом возраста и индивидуально-типологических особенностей конституции женщин. Вопросы питания. 2015;84(4):47–54.

Evgeniy S. Kutin — data collection and analysis.

Sabina S. Ovchinnikova — data collection.

Nicole-Stefania V. Mikhailova — data collection.

Polina S. Suslina — data collection.

Vladimir N. Nikolenko — research concept and design, overall organization and coordination of the work, final approval of the article version for publication.

References

1. Vybornaya K.V., Timonin A.N., Semenov M.M., Lavrinenko S.V., Radzhabkadiev R.M., Klochkova S.V., Nikitjuk D.B. Assessment of the body composition of football players based on anthropometry and bioimpedansometry data and a comparison of two registration methods. *Sports medicine: research and practice.* 2020;10(4):55–63 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2020.4.2>
2. Ross K.M., Wing R.R. Concordance of In-Home “Smart” Scale Measurement with Body Weight Measured In-Person. *Obes. Sci. Pract.* 2016;2(2):224–248. <https://doi.org/10.1002/osp4.41>
3. Frija-Masson J., Mullaert J., Vidal-Petiot E., Pons-Kerjean N., Flamant M., d'Ortho M.P. Accuracy of Smart Scales on Weight and Body Composition: Observational Study. *JMIR Mhealth Uhealth.* 2021;9(4):e22487. <https://doi.org/10.2196/22487>
4. Nikolenko V.N., Nikitjuk D.B., Chava S.V. Russian constitutional anatomy in the aspect of personalized medicine. *Sechenov Medical Journal.* 2013;4(14):9–17. (In Russ.)
5. Galitskaya D.A., Konstantinova O.V., Prosyannikov M.Y., Shaderkin I.A., Apolikhin O.I. IT-medical instruments for modification of lifestyle in patients with urolithiasis. *Experimental and Clinical Urology.* 2021;14(1):78–86. (In Russ.). <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2021-14-1-78-86>
6. Radzhabkadiev R.M., Vybornaya K.V., Martinchik A.N., Timonin A.N., Baryshev M.A., Nikityuk D.B. Anthropometric parameters and component body composition of athletes in non-game sports. *Sports medicine: research and practice.* 2019;9(2):46–54. (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2019.2.46>
7. Zharikov Y.O., Maslenников R.V., Zharikova T.S., Gadjiakhmedova A.H., Aliyeva A.M., Ponte-Silva A., Nikolenko V.N. Changes in the component body composition in the liver and modern approaches to their assessment. *Crimean Journal of Internal Diseases.* 2023;3:52–57. (In Russ.)
8. Bezuglov E.N., Krasnozhan Y.A., Stukalov E.A., Rossiyskiy S.A., Yardoshvili A.E., Usmanova E.M. Professional football players state monitoring during the competitions. *Sports science bulletin.* 2011;3:25–30. (In Russ.).
9. Antonov A.G., Vybornov V.D., Balandin M.Y., Rybalkova P.D., Badtseva V.A., Nikityuk D.B. Practical guidelines for standardising the measurement of resting metabolism by indirect calorimetry: a literature review. *Sports medicine: research and practice.* 2022;12(4):22–28. (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.4.7>
10. Martirosov E.G., Nikolaev D.V., Rudnev S.G. Technologies and methods of human body composition assessment. Moscow: Nauka; 2006. (In Russ.).
11. Nikityuk D.B., Nikolenko V.N., Klochkova S.V., Minniabaev T.S. Body mass index and other anthropometric parameters of the physical state in relation with age and individual-typological specific of women constitution. *Voprosy pitaniiia [Problems of Nutrition].* 2015;84(4):47–54. (In Russ.).

12. **Majeika J.** The testing of physical efficiency. Am. J. Phys. Anthropol. 1921;4(3): 223–230. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330040302>
13. **Lee R.C., Wang Z., Heo M., Ross R., Janssen I., Heymsfield S.B.** Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. Am. J. Clin. Nutr. 2000;72(3):796–803. <https://doi.org/10.1093/ajcn/72.3.796>
14. **Разина А.О., Руненко С.Д., Ачкасов Е.Е.** Проблема ожирения: современные тенденции в России и в мире. Вестник РАМН. 2016;71(2):154–159. <https://doi.org/10.15690/vramn655>
15. **Разина А.О., Ачкасов Е.Е., Руненко С.Д.** Ожирение: современный взгляд на проблему. Ожирение и метаболизм. 2016;13(1):3–8. <https://doi.org/10.14341/omet201613-8>
16. **Братишко Н.П., Моисеенко А.А.** Цифровая трансформация российской системы здравоохранения. Вестник Московского университета им. С.Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. 2025;1(52):19–26.
17. **Еникеева Д.Р., Муртазин А.З., Моисеенко А.А.** Промежуточные результаты цифровой трансформации системы здравоохранения Республики Башкортостан. Сибирское медицинское обозрение. 2025;(4):57–63. <https://doi.org/10.20333/25000136-2025-4-57-63>
12. **Majeika J.** The testing of physical efficiency. Am. J. Phys. Anthropol. 1921;4(3): 223–230. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330040302>
13. **Lee R.C., Wang Z., Heo M., Ross R., Janssen I., Heymsfield S.B.** Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. Am. J. Clin. Nutr. 2000;72(3):796–803. <https://doi.org/10.1093/ajcn/72.3.796>
14. **Razina A.O., Runenko S.D., Achkasov E.E.** Obesity: Current Global and Russian Trends. Annals of the Russian Academy of Medical Sciences. 2016;71(2):154–159. (In Russ.). <https://doi.org/10.15690/vramn655>
15. **Razina A.O., Achkasov E.E., Runenko S.D.** Obesity: the modern approach to the problem. Obesity and metabolism. 2016;13(1):3–8. (In Russ.). <https://doi.org/10.14341/omet201613-8>
16. **Bratishko N.P., Moiseenko A.A.** Digital Transformation of the Russian Healthcare System. Bulletin of the Moscow University named S U Vitte. Series 1: Economics and management. 2025;1(52):19–26. (In Russ.).
17. **Enikeeva D.R., Murtazin A.Z., Moiseenko A.A.** Interim results of the digital transformation of the healthcare system of the Republic of Bashkortostan. Siberian Medical Review. 2025;(4):57–63. (In Russ.). <https://doi.org/10.20333/25000136-2025-4-57-63>

Информация об авторах:

Стрижков Алексей Евгеньевич, к.м.н., доцент кафедры анатомии и гистологии человека ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119991, Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0730-347X> (strizhkov_a_e@staff.sechenov.ru)

Жарикова Татьяна Сергеевна, к.м.н., доцент кафедры анатомии и гистологии человека ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119991, Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2; доцент кафедры нормальной анатомии с курсом топографической анатомии и оперативной хирургии факультета фундаментальной медицины ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6842-1520> (dr_zharikova@mail.ru)

Моисеенко Александр Александрович, студент научного трека индивидуальной образовательной траектории ИКМ им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119048, г. Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0023-426X> (aleksandrmoiseenko777@gmail.com)

Сафонов Петр Георгиевич, студент научного трека индивидуальной образовательной траектории ИКМ им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119048, г. Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4468-8951> (safronovpetr365@yandex.ru)

Кутин Евгений Сергеевич, студент научного трека индивидуальной образовательной траектории ИКМ им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119048, г. Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4238-1038> (i@ekutin.ru)

ОвчинниковаSabina Сергеевна, студентка ИКМ им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119048, г. Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6329-1148> (Sabina.ov@mail.ru)

Михайлова Николь-Стефания Владимировна, студентка ИКМ им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119048, г. Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2778-2064> (stephanieriga05@gmail.com)

Суслина Полина Сергеевна, студентка ИКМ им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119048, г. Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4434-0740> (polina.suslina11@mail.ru)

Николенко Владимир Николаевич, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой анатомии и гистологии человека ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119991, Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2; заведующий кафедрой нормальной анатомии с курсом топографической анатомии и оперативной хирургии факультета фундаментальной медицины ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9532-9957> (vn.nikolenko@yandex.ru)

Information about the authors:

Alexey E. Strizhkov, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Department of Human Anatomy and Histology, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), 8 Trubetskaya str., Moscow, 119991, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0730-347X> (strizhkov_a_e@staff.sechenov.ru)

Tatyana S. Zharikova, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Department of Human Anatomy and Histology, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), 8 Trubetskaya str., Moscow, 119991, Russia; Associate Professor of the Department of Normal Anatomy with a course in Topographic Anatomy and Operative Surgery at the Faculty of Fundamental Medicine, Moscow State Medical University Lomonosov State University, 1 Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6842-1520> (dr_zharikova@mail.ru)

Alexander A. Moiseenko, student of the scientific track of the individual educational trajectory of the N.V. Sklifosovsky ICM of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), Russia, 119048, Moscow, Trubetskaya str., 8, building 2. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0023-426X> (aleksandrmoiseenko777@gmail.com)

Peter G. Safronov, student of the scientific track of the individual educational trajectory of the N.V. Sklifosovsky ICM of the Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), Russia, 119048, Moscow, Trubetskaya str., 8, building 2. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4468-8951> (safronovpetr365@yandex.ru)

Evgeniy S. Kutin, student of the scientific track of the individual educational trajectory of the N.V. Sklifosovsky ICM of the Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), Russia, 119048, Moscow, Trubetskaya str., 8, building 2. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4238-1038> (i@ekutin.ru)

Sabina S. Ovchinnikova, student of the N.V. Sklifosovsky ICM of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), 8 Trubetskaya str., Moscow, 119048, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6329-1148> (Sabina.ov@mail.ru)

Nicole-Stefania V. Mikhailova, student of the N.V. Sklifosovsky ICM of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), 8 Trubetskaya str., Moscow, 119048, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2778-2064> (stephanieriga05@gmail.com)

Polina S. Suslina, student of the N.V. Sklifosovsky ICM of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), 8 Trubetskaya str., Moscow, 119048, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4434-0740> (polina.suslina11@mail.ru)

Vladimir N. Nikolenko, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, Head of the Department of Human Anatomy and Histology, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), 8 Trubetskaya str., Moscow, 119991, Russia; Head of the Department of Normal Anatomy with a course in Topographic Anatomy and Operative Surgery, Faculty of Fundamental Medicine, FSBI Lomonosov Moscow State University, 1 Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9532-9957> (vn.nikolenko@yandex.ru)

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.3.1>

УДК: 612.135.796/799

Тип статьи: Оригинальная статья / Original research



Особенности функционирования микроциркуляторного русла в симметричных областях верхних конечностей у шорт-трековиков разного уровня мастерства

Ф.Б. Литвин^{1*}, Д.Б. Никитюк², Ю.И. Локтионова³, В.Е. Паршаков³, Т.М. Брук¹, Е.В. Жарких³, А.В. Дунаев³

¹ ФГБОУ ВО «Смоленский государственный университет спорта», Смоленск, Россия

² ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи», Москва, Россия

³ ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», Орел, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: изучение реакции системы микроциркуляции крови в верхних конечностях при физической нагрузке (ФН) у шорт-трековиков разного уровня мастерства.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие шорт-трековики мужского пола: 5 спортсменов в возрасте 14–16 лет, уровень спортивной квалификации — 2–3-й разряды, 6 спортсменов в возрасте 14–16 лет, уровень спортивной квалификации — 1-й разряд и 6 спортсменов в возрасте 16–18 лет, уровень спортивной квалификации — мастер спорта (КМС). Юные спортсмены выполняли дозированную анаэробную физическую нагрузку на велоэргометре продолжительностью 3 мин с частотой вращения педалей 60 оборотов в минуту. Величина нагрузки задавалась из расчета 3 % от массы тела. Для спортсменов 2–3-го разряда нагрузка составила $1,3 \pm 0,2$ кг, для испытуемых с 1-м разрядом — $1,6 \pm 0,4$ кг и для кандидатов в мастера спорта — $1,8 \pm 0,2$ кг.

Микроциркуляцию крови оценивали методом лазерной допплеровской флюоуметрии. Анализировали показатели перфузии (ПМ), нутритивного кровотока ($M_{\text{нутр}}$) и спектральные компоненты ЛДФ-сигнала. Оценивались изменения коэффициента асимметрии параметров до и после ФН.

Результаты. Как до, так и после физической нагрузки показатели ПМ и $M_{\text{нутр}}$ были выше на правом предплечье. Коэффициент асимметрии ПМ и $M_{\text{нутр}}$ снизился после ФН для всех групп испытуемых, тогда как асимметрия амплитуд колебаний регуляторных механизмов возросла тем больше, чем выше разряд спортсменов, что свидетельствует о развитии механизмов локальной поддержки гемодинамического постоянства организма с увеличением уровня мастерства. Максимальные изменения отмечены в ПМ, $M_{\text{нутр}}$ и амплитудах миогенных колебаний, что указывает на высокую реактивность сосудов и эффективное перераспределение кровотока в нутритивное русло для обеспечения клеток биоткань кислородом и питательными веществами, особенно у КМС, что свидетельствует об их лучшей адаптации к нагрузке.

Заключение. Полученные данные подтверждают существование функциональной асимметрии микроциркуляции, которая уменьшается под влиянием ФН. Спортсмены более высокого разряда демонстрируют лучшие адаптационные способности. Результаты могут быть использованы для оптимизации тренировочного процесса с учетом функциональной асимметрии.

Ключевые слова: микроциркуляция крови, физическая нагрузка, функциональная асимметрия, шорт-трек, лазерная допплеровская флюоуметрия, адаптация, спортивная физиология

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: Ю.И. Локтионова и Е.В. Жарких благодарят РНФ за финансовую поддержку (грант № 25-25-00546).

Для цитирования: Литвин Ф.Б., Никитюк Д.Б., Локтионова Ю.И., Паршаков В.Е., Брук Т.М., Жарких Е.В., Дунаев А.В. Особенности функционирования микроциркуляторного русла в симметричных областях верхних конечностей у шорт-трековиков разного уровня мастерства. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2025;15(3):22–33. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.3.1>

Поступила в редакцию: 07.04.2025

Принята к публикации: 15.08.2025

Online first: 09.12.2025

Опубликована: 29.12.2025

*Автор, ответственный за переписку

Features of the functioning of the microcirculatory bed in symmetrical areas of upper extremities in short-track athletes at different skill levels

Fedor B. Litvin^{1*}, Dmitry B. Nikityuk², Yulia I. Laktionova³, Victoria E. Parshakova³,
Tatyana M. Brook¹, Elena V. Zharkikh³, Andrey V. Dunaev³

¹ Smolensk State University of Sports, Smolensk, Russia

² Federal State Budgetary Educational Institution of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia

³ Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia

ABSTRACT

Purpose of the study: The study of the reaction of the blood microcirculation system in the upper extremities during physical activity (PA) in short-track athletes of different skill levels.

Materials and methods: The study involved male short-track skaters: 5 athletes aged 14–16 years, with a sports qualification level of 3–2 ranks, 6 athletes aged 14–16 years, with a sports qualification level of 1 rank, and 6 athletes aged 16–18 years, with a sports qualification level Candidate Master of Sports (CMS). The young athletes performed a controlled anaerobic physical load on a cycle ergometer for 3 minutes at a pedal rotation rate of 60 revolutions per minute. The load was set at 3 % of body weight. For athletes with 3rd and 2nd ranks, the load was 1.3 ± 0.2 kg, for those with 1st rank, it was 1.6 ± 0.4 kg, and for Candidate Master of Sports, it was 1.8 ± 0.2 kg.

Blood microcirculation was assessed by laser Doppler flowmetry. The index of microcirculation (I_m), nutritive blood flow (M_{nutr}), and spectral components of the LDF signal were analyzed. Changes in the asymmetry coefficient of the parameters before and after PA were evaluated.

Results: Both before and after physical activity, I_m and M_{nutr} were higher in the right forearm. The coefficient of asymmetry for I_m and M_{nutr} decreased for all groups after physical activity, while the asymmetry in the amplitude of fluctuations in regulatory mechanisms increased as the rank of athletes increased, indicating the development of local mechanisms to support hemodynamic stability in the body as skill level increased. Maximum changes were noted for I_m , M_{nutr} , and myogenic oscillations amplitudes, indicating high vascular reactivity and effective redistribution of blood flow to nutritive channels to provide cells with oxygen and nutrients, particularly for Candidates Master of Sports, indicating better adaptation to physical activity.

Conclusion: Obtained data confirm the existence of functional asymmetry in microcirculation, which decreases under the influence of physical activity. Athletes with a higher level of training demonstrate better adaptive abilities. These results can be used to optimize training processes by taking into account functional asymmetries.

Keywords: blood microcirculation, physical activity, functional asymmetry, short track, laser Doppler flowmetry, adaptation, sports physiology

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

Funding: Y.I. Laktionova and E.V. Zharkikh thank the Russian Science Foundation for financial support (grant No. 25-25-00546).

For citation: Litvin F.B., Nikityuk D.B., Laktionova Y.I., Parshakova V.E., Brook T.M., Zharkikh E.V., Dunaev A.V. Features of the functioning of the microcirculatory bed in symmetrical areas of upper extremities in short-track athletes at different skill levels. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2025;15(3):22–33. (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.3.1>

Received: 07 April 2025

Accepted: 15 August 2025

Online first: 09 December 2025

Published: 29 December 2025

*Corresponding author

1. Введение

Выполнение интенсивных физических упражнений запускает каскад физиологических реакций в организме человека, в который вовлекаются все системы, в том числе и сердечно-сосудистая, обеспечивающая сохранность функционального резерва и улучшение приспособления организма к активным нагрузкам. Основополагающую роль в данных процессах играет микроциркуляторное звено системы кровообращения, которое обеспечивает непосредственный транспорт кислорода и питательных веществ к клеткам тканей и утилизацию продуктов их жизнедеятельности, что обуславливает её вовлеченность в адаптационные и патологические процессы. Отчасти изменения микроциркуляции крови (МЦК) при физической нагрузке (ФН) изучены у спортсменов в зависимости от вида спорта [1, 2, 3], уровня мастерства

[4, 5], пола и возраста [6]. В последнее время на повестку дня вынесены вопросы лево-правосторонней функциональной асимметрии в органах и системах организма [7–13]. С появлением портативных устройств, объединяющихся в распределенную систему и обеспечивающих беспроводную передачу данных [14–16], появилась возможность одновременной регистрации параметров микроциркуляции крови в нескольких (до 8) топографических участках тела человека. В единичных работах изучена парность в системе микроциркуляции крови у животных [17, 18], взрослых людей [8, 12] и детей [9]. Непосредственно у спортсменов проблема синхронного изучения МЦК парных органов, в том числе при воздействии ФН, остается недостаточно проработанной [9, 19, 20]. Изучение особенностей лево-правосторонней функциональной асимметрии в спортивной практике

имеет прикладное значение для научно обоснованного построения тренировочного процесса, повышения спортивного мастерства и достижения профессионального успеха. Особенно это актуально для индивидуальных видов спорта, таких как шорт-трек, фехтование, бокс, борьба и другие виды спорта. Однако данное направление может найти свое широкое практическое применение не только в спорте высоких достижений, но и в других сферах, сопряженных с экстремальными условиями для организма человека.

Целью данной работы явилось изучение реакции системы микроциркуляции крови в верхних конечностях при физической нагрузке у шорт-трековиков разного уровня мастерства.

2. Материалы и методы

Исследование выполнено с участием спортсменов мужского пола, разделенных по уровню мастерства на 3 группы: в первую группу были включены 5 спортсменов в возрасте 14–16 лет со 2-м и 3-м спортивными разрядами, во вторую — 6 спортсменов в возрасте 14–16 лет, имеющие 1-й спортивный разряд, третья группа состояла из 6 кандидатов в мастера спорта (КМС) в возрасте 16–18 лет. Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики и одобрены этическим комитетом при ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева» (протокол заседания № 31 от 27.07.2024 г.).

Состояние МЦК изучали методом лазерной допплеровской флюметрии (ЛДФ), который позволяет исследовать кровоток в микроциркуляторном русле *in vivo*. Метод основан на зондировании биоткани лазерным излучением и анализе вышедшего из ткани обратно отраженного света, частично рассеянного от движущихся эритроцитов [21, 22, 23, 24]. Отличительной особенностью метода ЛДФ является то, что с его помощью можно оценить работу механизмов регуляции кровотока, формирующих поперечные и продольные колебания микросудистого русла в определенных частотных диапазонах. Выделяют пять основных механизмов, а именно эндотелиальный (0,005–0,02 Гц), отражающий активность клеток эндотелия, в том числе по выделению вазодилатирующего вещества — оксида азота, нейрогенный (0,02–0,046 Гц), который показывает активность осцилляторного компонента симпатической адренергической регуляции артериол и артериоло-венуллярных анастомозов, миогенный (0,047–0,18 Гц), связанный с мышечным тонусом прекапилляров, регулирующих нутритивную составляющую кровотока, а также дыхательный (0,2–0,4 Гц) и сердечный (0,08–1,6 Гц), которые продуктируются дыханием и сердцебиением соответственно.

Для оценки состояния микроциркуляторного русла верхних конечностей спортсменов применяли 2 носимых лазерных доплеровских анализатора «ЛАЗМА ПФ» (ООО НПП «ЛАЗМА», Россия), позволяющих одновременно проводить запись сигнала ЛДФ на предплечье дорсально на 5 см выше лучезапястного сустава.

Несмотря на достоинства и перспективность, а также опыт применения данного метода в практической медицине, в спортивной физиологии технологии биомедицинской фотоники не интегрированы в методологию построения современной концепции по подготовке будущего чемпиона.

В работе выполнен анализ следующих параметров ЛДФ-граммы: среднее значение показателя микроциркуляции крови ПМ в перфузионных единицах (пф. ед.), нутритивный кровоток $M_{\text{нур}}$ (пф. ед.). Также был осуществлен вейвлет-анализ регистрируемых ЛДФ-сигналов с использованием математического аппарата, заложенного в программное обеспечение носимых мониторов ЛДФ. Оценивались амплитуды колебаний кровотока нейрогенного (A_n , пф. ед.), миогенного (A_m , пф. ед.), дыхательного (A_d , пф. ед.) и пульсового (A_c , пф. ед.) происхождения [24, 25] на каждом из этапов проведения исследования. Для количественной оценки влияния физических нагрузок на регистрируемые параметры рассчитывали их относительные изменения по формуле:

$$\Delta X_i = (X_{i(2)} - X_{i(1)}) / X_{i(1)} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где $X_{i(1)}$ — исходные значения каждого из исследуемых параметров (состояние 1), а $X_{i(2)}$ — их значения сразу после нагрузки (состояние 2). Степень выраженности функциональной асимметрии оценивали по величине коэффициента асимметрии [6]:

$$KA = X_{\text{imp}} / X_{\text{inv}}, \quad (2)$$

где KA — коэффициент асимметрии, X_{imp} — значение параметра, измеренное на правой конечности, X_{inv} — значение параметра, измеренное на левой конечности.

Для спортивной практики важное значение имеет анализ и оценка обменных процессов в верхних и нижних конечностях спортсмена, которые являются определяющими при мышечной работе в подавляющем большинстве видов спорта. Адаптационные возможности МЦК широко раскрываются с использованием функциональных нагрузочных проб [24], одной из которых является дозированная ФН [2, 20, 24]. Проба позволяет выявить потенциальные возможности обменного звена, определить границы физиологических сдвигов, выход за которые сопряжен с возникновением скрытых или явных нарушений микроциркуляции. Для изучения влияния мышечной работы на микроциркуляторное русло юные спортсмены выполняли дозированную ФН на велоэргометре продолжительностью 3 мин с частотой вращения педалей 60 оборотов в минуту. Величина нагрузки задавалась из расчета 3% от массы тела. Для спортсменов 2–3-го разряда нагрузка составила $1,3 \pm 0,2$ кг, для испытуемых с 1-м разрядом — $1,6 \pm 0,4$ кг и для кандидатов в мастера спорта — $1,8 \pm 0,2$ кг.

Запись ЛДФ-граммы проводили дважды: в течение 5 мин в состоянии покоя до ФН и в течение 5 мин после окончания ФН, начиная со 2-й минуты восстановления.

Статистическая обработка параметров микроциркуляции крови проводилась в программной среде «OriginPro 2021» (OriginLab Corporation, США). Для оценки достоверности наблюдаемых различий параметров использовался парный тест Уилкоксона. Достоверно значимыми различия параметров считались при $p < 0,05$. Данные представлены в следующих форматах, если не указано иного: среднее ± среднеквадратическое отклонение, медиана [квартиль 1; квартиль 3].

3. Результаты

Для каждого участника исследования выполнялась оценка основных антропометрических параметров, таких как рост, вес и возраст испытуемых. Результаты представлены в таблице 1.

Анализ параметров микроциркуляции крови шорттрековиков до и после дозированной ФН выявил существование асимметрии между правым и левым предплечьями спортсменов. Как показано на рис. 1 а, перфузия

(ПМ) в правой конечности имеет более высокие значения по сравнению с левой как до, так и после ФН.

Несмотря на общий рост показателя микроциркуляции крови после ФН, статистически значимые изменения обнаружены только у спортсменов 1-го разряда в правом предплечье, что может быть связано с малым количеством испытуемых в каждой группе. У КМС по сравнению с спортсменами 1-го разряда отмечается тенденция снижения показателей ПМ и $M_{\text{нутр}}$, что отражает закономерности повышения экономичности проявления физиологических функций по мере роста мастерства спортсменов [26]. Анализ изменений ПМ и $M_{\text{нутр}}$ без разделения спортсменов по уровню подготовки показал статистически значимый рост как общей интенсивности кровотока, так и ее нутритивной составляющей после ФН. Такая динамика указывает на активацию доставки кислорода и удаление метаболитов из тканей рабочих органов.

Сравнительный анализ изменений микроциркуляции крови в зависимости от уровня мастерства

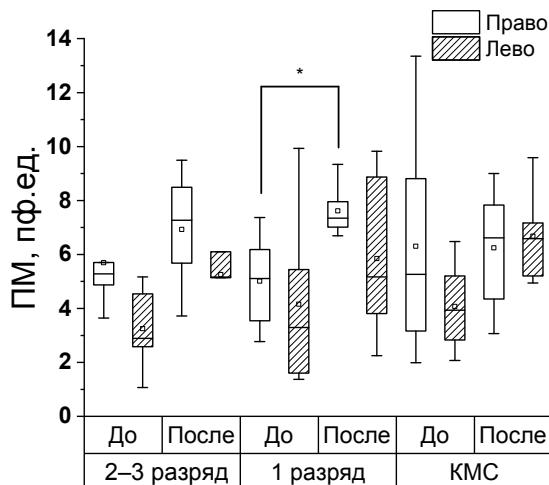
Таблица 1

Общие характеристики выборки испытуемых

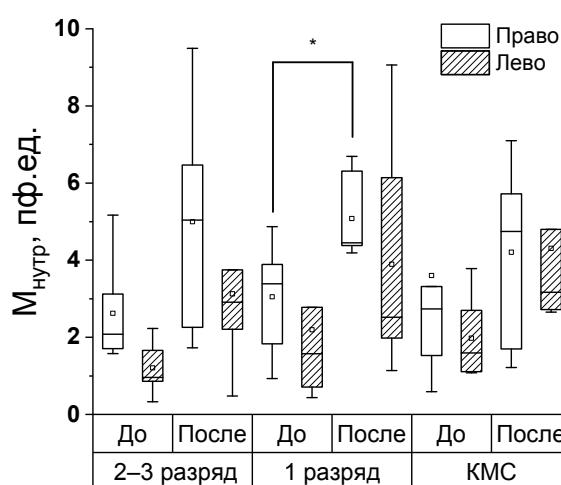
Table 1

General characteristics of the subjects sample

	2–3-й разряд	1-й разряд	KMC	Все испытуемые
Рост, м	165,5 ± 2,86	168,9 ± 2,91	174,4 ± 1,55	171,3 ± 3,03
Вес, кг	51,7 ± 1,43	55,3 ± 1,81	67,2 ± 2,34	57,0 ± 2,55
Возраст, лет	15,3 ± 1,22	15,6 ± 1,70	17,6 ± 1,47	16,8 ± 1,96
Тренировочный стаж, лет	5,7 ± 0,18	6,4 ± 0,32	8,8 ± 0,49	7,2 ± 0,53



а)



б)

Рис. 1. Значения показателя микроциркуляции крови (а) и нутритивного кровотока (б) до и после физической нагрузки для шорттрековиков разного уровня подготовки

Примечание: * — статистически значимые различия подтверждены парным тестом Уилкоксона ($p < 0,05$).

Fig. 1. Values of blood microcirculation (a) and nutritional blood flow (b) before and after physical activity for short-track athletes of different training levels

Note: * — statistically significant differences were confirmed by the paired Wilcoxon signed-rank test ($p < 0,05$).

спортсменов (табл. 2) показал, что у спортсменов 2–3-го разрядов прирост ПМ после ФН составил 19 % на левом, недоминантном предплечье, тогда как у спортсменов 1-го разряда относительное изменение тканевой перфузии

достигло 63 %, а у КМС — 119 %. На правом предплечье увеличение общей интенсивности кровотока не зависело от разряда и составило 44–56 %. Наибольший прирост нутритивного кровотока наблюдался у спортсменов 1-го

Таблица 2

Исходные значения и относительные изменения параметров микроциркуляции крови шорт-трековиков различного уровня мастерства при выполнении физической нагрузки

Table 2

Baseline values and relative changes in microcirculation parameters in young short-track athletes of different skill levels immediately after physical activity on the upper extremities

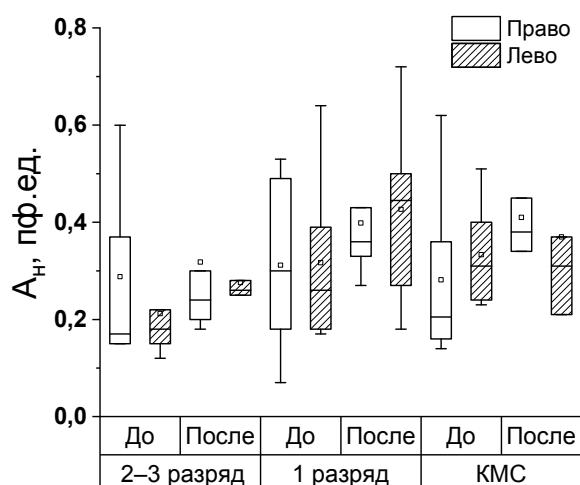
Параметры микроциркуляции	Правое предплечье			Левое предплечье		
	До ФН	После ФН	$\Delta X_i, \%$	До ФН	После ФН	$\Delta X_i, \%$
3–2-й спортивный разряд						
ПМ, пф. ед.	5,69 ± 1,99	6,93 ± 2,29	49 [-5; 56]	3,25 ± 1,63	5,25 ± 2,63	19 [18; 99]
$M_{\text{нутр}}$, пф. ед.	2,70 ± 1,51	5,00 ± 3,18	43 [-3; 204]	1,21 ± 0,74	3,13 ± 2,13	126 [45; 238]
A_n , пф. ед.	0,29 ± 0,20	0,32 ± 0,20	33 [-35; 76]	0,21 ± 0,11	0,28 ± 0,08	67 [-18; 117]
A_m , пф. ед.	0,29 ± 0,20	0,37 ± 0,11	40 [-15; 124]	0,20 ± 0,09	0,32 ± 0,06	100 [65; 113]
A_r , пф. ед.	0,26 ± 0,14	0,25 ± 0,03	15 [-25; 35]	0,27 ± 0,09	0,27 ± 0,06	5 [4; 7]
A_c , пф. ед.	0,31 ± 0,11	0,26 ± 0,06	8 [3; 16]	0,32 ± 0,02	0,32 ± 0,04	-3 [-6; 10]
1-й спортивный разряд						
ПМ, пф. ед.	5,01 ± 1,69	7,62 ± 0,96	56 [31; 94]	4,16 ± 3,24	5,85 ± 2,99	63 [44; 163]
$M_{\text{нутр}}$, пф. ед.	3,05 ± 1,43	5,08 ± 1,11	66 [23; 128]	2,20 ± 2,09	3,98 ± 3,02	121 [50; 263]
A_n , пф. ед.	0,31 ± 0,18	0,40 ± 0,13	29 [12; 112]	0,32 ± 0,18	0,43 ± 0,19	28 [-31; 85]
A_m , пф. ед.	0,37 ± 0,15	0,50 ± 0,14	48 [15; 74]	0,31 ± 0,12	0,50 ± 0,27	50 [37; 55]
A_r , пф. ед.	0,28 ± 0,16	0,33 ± 0,09	39 [-3; 68]	0,24 ± 0,03	0,32 ± 0,08	29 [11; 37]
A_c , пф. ед.	0,29 ± 0,09	0,34 ± 0,09	13 [-4; 54]	0,33 ± 0,04	0,33 ± 0,03	0 [-11; 0]
КМС						
ПМ, пф. ед.	6,31 ± 4,17	6,25 ± 2,23	44 [1; 53]	4,08 ± 1,71	6,68 ± 1,71	119 [-6; 241]
$M_{\text{нутр}}$, пф. ед.	2,58 ± 0,85	4,21 ± 2,30	57 [19; 98]	1,98 ± 1,06	4,31 ± 2,60	105 [35; 207]
A_n , пф. ед.	0,28 ± 0,18	0,41 ± 0,19	41 [21; 99]	0,33 ± 0,11	0,37 ± 0,22	-16 [-22; 43]
A_m , пф. ед.	0,32 ± 0,31	0,50 ± 0,33	102 [33; 121]	0,30 ± 0,11	0,43 ± 0,13	42 [22; 106]
A_r , пф. ед.	0,25 ± 0,09	0,38 ± 0,26	20 [14; 26]	0,24 ± 0,05	0,32 ± 0,07	22 [7; 71]
A_c , пф. ед.	0,30 ± 0,14	0,33 ± 0,12	12 [1; 22]	0,29 ± 0,07	0,36 ± 0,05	16 [7; 47]

Примечание: ПМ — показатель микроциркуляции; $M_{\text{нутр}}$ — нутритивный кровоток; A_n — амплитуда нейрогенных колебаний; A_m — амплитуда миогенных колебаний; A_d — амплитуда дыхательных колебаний; A_c — амплитуда пульсовых колебаний; ФН — физическая нагрузка; ΔX_i — различия показателя до и после ФН

Note: ПМ — microcirculation index; $M_{\text{нутр}}$ — nutritive blood flow; A_n — amplitude of neurogenic oscillations; A_m — amplitude of myogenic oscillations; A_d — amplitude of respiratory oscillations; A_c — amplitude of pulse oscillations; ФН — physical exercise; ΔX_i — differences in the indicator before and after physical exercise.

разряда в левом предплечье — 126%, а наименьший в левом предплечье спортсменов данной группы — 43%.

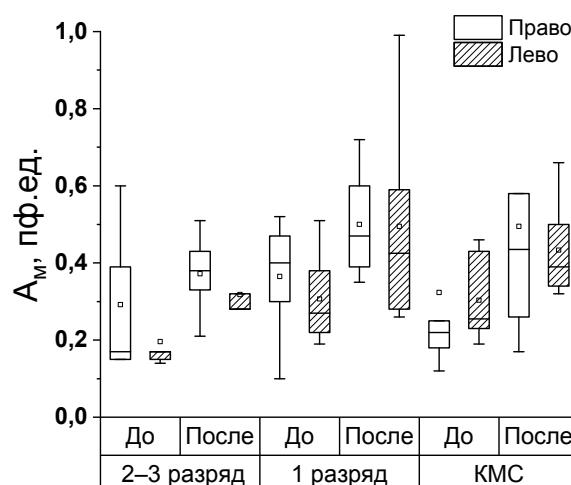
После мышечной работы снижается тонус микросудов, о чем свидетельствует повышение амплитуды нейрогенных и миогенных колебаний. В частности, увеличение амплитуды миогенных колебаний синхронизовано с ростом потребления кислорода тканями и обусловлено выбросом вазодилататора оксида азота. Физиологически это проявляется в экспрессии гена eNOS и способностью выполнять тяжелую физическую работу [27]. Наиболее выраженный прирост регистрируется в миогенном диапазоне, что отражает переход большего числа капилляров в активное состояние и способствует интенсификации снабжения клеток биоткани кислородом и питательными веществами [28, 29].



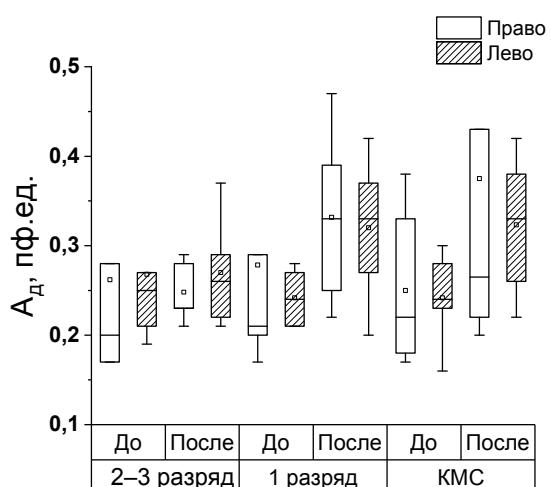
а)

Изменения дыхательных осцилляций после работы на велоэргометре наиболее выражены в группе с 1-м спортивным разрядом (20–22%) и менее выражены у спортсменов, имеющих 2–3-й разряды (15 и 5% для левой и правой области измерения), что является свидетельством повышения эффективности дыхания в ответ на физическую нагрузку у более опытных спортсменов, что также может оказывать влияние на увеличение ПМ после нагрузки [8, 10]. Несмотря на увеличение тканевой перфузии, динамика амплитуд колебаний пульсового механизма регуляции кровотока слабо выражена (-3...-16%), что может говорить об увеличении ПМ в большей степени за счет скоростной составляющей перфузии.

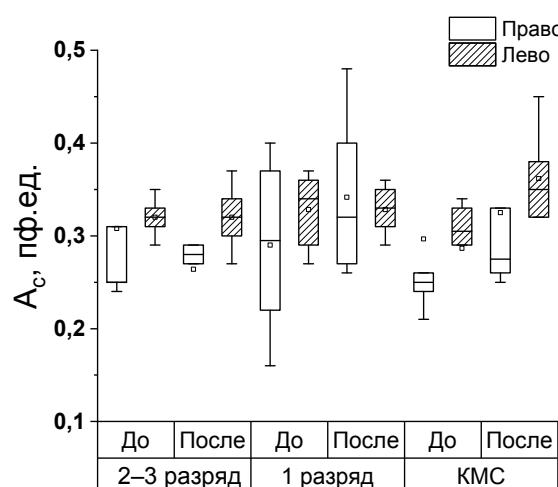
Особый интерес представляет сравнение 1-й и 2-й групп испытуемых, то есть спортсменов 2–3-го и 1-го



б)



в)



г)

Рис. 2. Значения амплитуд нейрогенных (а), миогенных (б), дыхательных (в) и сердечных (г) колебаний до и после физической нагрузки для шорт-трековиков разного уровня подготовки

Fig. 2. The values of the amplitudes of neurogenic (a), myogenic (б), respiratory (в), and cardiac (г) oscillations before and after physical activity for short-track athletes of different skill levels

разрядов соответственно, поскольку группы сопоставимы по возрасту, тогда как кандидаты в мастера спорта старше, что, в свою очередь, приводит к возникновению возрастных изменений в системе микроциркуляции крови и оказывает влияние на результаты исследований.

Таким образом, у испытуемых с более высоким уровнем мастерства после физической нагрузки в большей степени происходит активация периферического кровотока и его нутритивной составляющей за счет увеличения числа функционирующих капилляров, что наиболее ярко выражено в коже предплечья недоминантной руки и может стать критерием готовности спортсменов к соревнованиям.

Результаты оценки функциональной асимметрии (табл. 3) показали, что после ФН коэффициент асимметрии перфузии и нутритивного кровотока снижается во всех трех группах испытуемых. При этом наблюдается повышение КА по величинам амплитуд колебаний регуляции кровотока. Данные изменения могут отражать работу адаптивного механизма регуляции, цель которого заключается в повышении обеспечения клеток биоткани кислородом и питательными веществами после ФН, а его средства — региональные изменения тонусов сосудов и их колебательной активности с учетом имеющихся локальных потребностей биоткани, то есть данный механизм адаптации лучше развит у спортсменов более высокого спортивного разряда.

Таким образом, физическая нагрузка приводит к изменениям параметров микроциркуляции крови, однако характер этих изменений зависит от уровня спортивного мастерства. У спортсменов уровня КМС наблюдается

снижение коэффициента асимметрии ПМ, что в сочетании с увеличением КА амплитуд активных колебаний свидетельствует о более сбалансированном перераспределении кровотока и высокой эффективности локальных регуляторных механизмов. В то же время у спортсменов более низкой квалификации изменения коэффициента асимметрии менее выражены, что может указывать на недостаточную сформированность компенсаторных механизмов. Полученные результаты показывают высокий потенциал изменений периферического кровотока после физической нагрузки как индикатора адаптированности организма к нагрузкам данного уровня и демонстрируют важность учета функциональной асимметрии при индивидуализации тренировочных программ.

Полученные результаты также могут лечь в основу формирования персонифицированного подхода к подготовке не только спортсменов, но также людей других профессий, сопряженных с регуляторными физическими нагрузками, например в области военного, спасательного дела и космонавтики.

4. Обсуждение

Изучение функциональной асимметрии является одним из направлений фундаментальной физиологии [8]. Ранее наличие функциональной асимметрии микроциркуляторного русла выявлено в лицевой области [18], верхних и нижних конечностях [9, 10, 12, 13, 19]. Так, известна работа [8], где на мужчинах 50–55 лет показано, что в результате физической нагрузки изменения параметров кровотока более выражены в кожных покровах левой руки по сравнению с правой. Несмотря

Таблица 3

Значения коэффициентов функциональной асимметрии параметров микроциркуляции крови до и после дозированной физической нагрузки в зависимости от уровня мастерства

Table 3

The values of the coefficients of functional asymmetry of microcirculation parameters before and after dosed physical activity for short-track athletes of different training levels

Этап	Коэффициент асимметрии, отн. ед.					
	ПМ	M _{нутр}	A _н	A _м	A _д	A _с
2–3-й спортивный разряд						
До ФН	2,04 ± 0,85	2,60 ± 1,24	1,38 ± 0,77	1,55 ± 1,11	0,95 ± 0,21	0,96 ± 0,31
После ФН	1,85 ± 1,52	2,23 ± 1,61	1,09 ± 0,34	1,18 ± 0,33	0,96 ± 0,26	0,82 ± 0,13
1-й спортивный разряд						
До ФН	1,72 ± 0,95	1,96 ± 0,93	1,10 ± 0,66	1,22 ± 0,52	1,12 ± 0,53	0,88 ± 0,26
После ФН	1,66 ± 0,94	1,84 ± 1,16	1,17 ± 0,78	1,19 ± 0,56	1,08 ± 0,40	1,05 ± 0,30
КМС						
До ФН	1,64 ± 0,90	1,68 ± 0,88	0,93 ± 0,74	1,00 ± 0,63	1,11 ± 0,57	1,08 ± 0,46
После ФН	0,98 ± 0,42	1,07 ± 0,64	1,52 ± 1,11	1,16 ± 0,68	1,20 ± 0,74	0,92 ± 0,40

Примечание: ПМ — показатель микроциркуляции; Мнутр — нутритивный кровоток; Ан — амплитуда нейрогенных колебаний; Ам — амплитуда миогенных колебаний; Ад — амплитуда дыхательных колебаний; Ас — амплитуда пульсовых колебаний; ФН — физическая нагрузка.

Note: ПМ — microcirculation index; Мнутр — nutritive blood flow; Ан — amplitude of neurogenic oscillations; Ам — amplitude of myogenic oscillations; Ад — amplitude of respiratory oscillations; Ас — amplitude of pulse oscillations; ФН — physical exercise.

на большое количество работ по оценке микроциркуляции крови у спортсменов, особенно взрослого возраста [1, 5, 20], оценка функциональной асимметрии периферического кровотока и реакции микроциркуляторного русла на физическую нагрузку в зависимости от уровня мастерства спортсменов младше 18 лет проводится достаточно редко. Функционирование системы микроциркуляции направлено на обеспечение метаболических запросов скелетной мускулатуры. Поскольку у спортсменов разного уровня мастерства физиологические потребности различаются, то очевидно, что как характеристики микроциркуляторного русла парных органов, так и их реакции на физические нагрузки будут различаться [8, 11, 12]. При сравнительном анализе параметров микроциркуляции крови шорт-трековиков выявлена асимметрия между правым и левым предплечьями. Величина перфузии в правой конечности имеет более высокие значения по сравнению с левой как до, так и после ФН. Нутритивный кровоток демонстрирует аналогичную зависимость, что означает преимущественное движение крови по капиллярному пути в коже правого запястья у всех спортсменов независимо от уровня подготовки. В целом высокий уровень нутритивной составляющей перфузии является характерным для данной области измерения ввиду особенностей ангиоархитектоники, а именно малого количества артериоло-венуллярных анастомозов. Причиной описанной асимметрии может являться и то, что среди испытуемых преобладали правши. В работах [9, 17] показана возможная зависимость параметров микрокровотока от ведущей стороны тела человека, а именно более высокие значения периферического кровотока в правом запястье, в том числе у детей разного возраста. Анализ изменений ПМ и $M_{\text{нутр}}$ без разделения спортсменов по уровню подготовки показал статистически значимый рост как общей интенсивности кровотока, так и ее нутритивной составляющей после ФН. Такая динамика может указывать на активацию доставки кислорода и удаление метаболитов из биотканей. Полученные результаты позволяют предположить, что с повышением уровня спортивного мастерства у шорт-трековиков наблюдается более выраженный адаптационный потенциал периферического кровообращения к ФН, а именно рост кожной перфузии, который можно оценить при контроле периферического кровотока на не доминантной руке. Обнаруженные различия в микроциркуляции парных конечностей у спортсменов разного уровня мастерства являются дополнительным подтверждением формирования структурно-функциональных особенностей микроциркуляторного русла в парных органах, обеспечивающих адаптационную устойчивость организма к систематическим физическим нагрузкам. Показано, что именно перераспределение баланса между регуляторными влияниями различных компонент сосудистого тонуса в сторону роста амплитуд колебаний кровотока,

наиболее выраженного в миогенном диапазоне, играет определяющую роль в поддержании устойчивого функционирования системы МЦР. Усиление вазомоторной активности прекапиллярных сфинктеров способствует переходу большего числа капилляров в активное состояние и может быть отражением интенсификации снабжения клеток биоткани кислородом и питательными веществами [5, 20, 24]. После ФН в результате усиления общей перфузии и нутритивного кровотока на обеих конечностях величина КА снижается на фоне повышения КА в параметрах амплитуд колебаний механизмов регуляции кровотока. При этом показатель КА тем больше, чем выше уровень подготовки спортсменов. В частности, у спортсменов уровня КМС наблюдается снижение коэффициента асимметрии по ПМ, что в сочетании с увеличением КА амплитуд активных колебаний свидетельствует о более сбалансированном перераспределении кровотока и высокой эффективности локальных регуляторных механизмов. Полученные данные иллюстрируют специфичность регуляции микрокровотока парных органов, обусловленную наличием функциональной асимметрии. Результаты исследования могут быть использованы в спортивной практике для разработки методов персонализированных оценок достаточности метаболических потребностей с участием системы микроциркуляции и дифференцированных подходов к прогнозированию результативности в спорте.

5. Заключение

1. Проведенный анализ показал, что у шорт-трековиков до и после дозированной физической нагрузки наблюдаются синхронные изменения параметров микроциркуляции крови в симметричных областях верхних конечностей.

2. Исходно параметры микроциркуляции крови в правом предплечье превышают аналогичные параметры на левой конечности, что также сохраняется после физической нагрузки.

3. В ответ на физическую нагрузку функциональная асимметрия тканевой перфузии и её нутритивной составляющей снижается, что свидетельствует о перераспределении кровотока и активации компенсаторных механизмов.

4. Наиболее выраженные изменения после ФН зафиксированы для нутритивного кровотока и миогенного компонента регуляции, что подчеркивает значимость данных механизмов в адаптации микроциркуляторного русла к физической нагрузке.

5. У спортсменов более высокого уровня мастерства отмечается более выраженная адаптационная реакция микроциркуляции крови, что проявляется в большей стабилизации параметров после ФН путём адаптации микрогемодинамического гомеостаза к локальным потребностям биотканей организма.

6. Полученные результаты могут быть использованы в спортивной физиологии для оптимизации тренировочного процесса и учета функциональной асимметрии

Вклад авторов:

Литвин Федор Борисович — концепция и дизайн публикации, написание первой версии текста, редактирование текста, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования, общая организация и координация работы.

Никиток Дмитрий Борисович — заключительное одобрение варианта статьи для публикации.

Локтионова Юлия Игоревна — анализ и интерпретация данных, написание и редактирование текста публикации.

Паршакова Виктория Евгеньевна — анализ и интерпретация данных, написание текста публикации.

Брук Татьяна Михайловна — общая организация и координация работы, администрирование проекта.

Жарких Елена Валерьевна — анализ и интерпретация данных, написание и редактирование текста публикации.

Дунаев Андрей Валерьевич — редактирование текста, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования.

Литература

1. Брук Т.М., Литвин Ф.Б. Оценка реактивности системы микроциркуляции на физическую нагрузку при сочетанном применении природных биодобавок и НИЛИ у спортсменов с разными типами регуляции сердечного ритма. Наука и спорт: современные тенденции. 2023;11(2):6–14. <https://doi.org/10.36028/2308-8826-2023-11-2-6-14>

2. Кротова К.А., Литвин Ф.Б. Перспективы использования апипродукта «Билар» для повышения функциональных возможностей системы микрогемоциркуляции спортсменов. Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. 2024;10(3):79–91. <https://doi.org/10.29039/2413-1725-2024-10-3-79-91>

3. Lenasi H. Physical exercise and skin microcirculation. Periodicum biologorum. 2014;116(1):21–28.

4. Быков А.Т., Литвин Ф.Б., Баранов В.В., Жигало В.Я., Зезюля В.С. Оценка влияния молочной ферментированной сыворотки на морфофункциональный статус и работоспособность спортсменов при интенсивных физических нагрузках. Вопросы питания. 2016;85(3):111–119.

5. Литвин Ф.Б., Кротова К.А., Жигало В.Я., Калоша А.И. Сравнительный анализ микроциркуляторных реакций на физическую нагрузку у баскетболистов. Современные вопросы биомедицины. 2024;8(1):94–100. https://doi.org/10.24412/2588-0500-2024_08_01_9

6. Бабошина Н.В. Оценка микроциркуляции у младших школьников при проведении пробы с дозированной мышечной нагрузкой. Медицинский академический журнал. 2016;16(4):12–17. <https://doi.org/10.17816/MAJ16412-12>.

7. Frolov A., Loktionova Y., Zharkikh E., Sidorov V., Tankanag A., Dunaev A. Effects of Voluntary Changes in Minute Ventilation on Microvascular Skin Blood Flow. Journal of Science in Sport and Exercise. 2024;7(2):215–229. <https://doi.org/10.1007/s42978-023-00268-3>

8. Mezentseva L.V., Pertsov S.S. Synchronous changes in microcirculation parameters of the upper limbs in asymmetric physical loads. Human Physiology. 2020;46(6):671–676. <https://doi.org/10.1134/s036211972004009x>

при построении индивидуальных тренировочных программ, а также лесть в основу методик контроля функционального состояния человека в экстремальных условиях.

Authors contribution:

Fedor B. Litvin — concept and design of the publication, writing the first draft of the text, editing the text, final approval of the article, overall organisation and coordination of the work.

Dmitry B. Nikityuk — final approval of the draft article for publication.

Yulia I. Loktionova — analysing and interpreting data, writing and editing the text of the publication.

Victoria E. Parshakova — analysing and interpreting data, writing the text of the publication.

Tatyana M. Bruk — general organization and coordination of work, project administration.

Elena V. Zharkikh — analysing and interpreting data, writing and editing the text of the publication.

Andrey V. Dunaev — text editing, final approval of the article.

References

1. Bruk T.M., Litvin F.B. Assessment of the microcirculation system reactivity to physical load with the combined use of natural bio supplements and low-intensity laser radiation in athletes with different types of heart rate regulation. Science and Sports: Current Trends. 2023;11(2):6–14. (In Russ.). <https://doi.org/10.36028/2308-8826-2023-11-2-6-14>
2. Krotova K.A., Litvin F.B. Prospects of using the Bilar apiproduct to enhance the functionality of the athletes' microhemocirculation system. Scientific notes of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University Biology. Chemistry. 2024;10(3):79–91. (In Russ.). <https://doi.org/10.29039/2413-1725-2024-10-3-79-91>
3. Lenasi H. Physical exercise and skin microcirculation. Journal of Applied Physiology. 2003;94(5):2007–2014.
4. Bykov A.T., Litvin F.B., Baranov V.V., Zhigalo V.Ya., Zezyulya V.S. The influence of fermented dairy wheyon morphofunctional indices and physical training of sportsmen. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2016;85(3):111–119. (In Russ.).
5. Litvin F.B., Krotova K.A., Zhigalo V.Ya., Kalosha A.I. Comparative analysis of microcirculatory reactions to physical activity of basketball players. Modern Issues of Biomedicine. 2024;8(1):94–100. (In Russ.). https://doi.org/10.24412/2588-0500-2024_08_01_94
6. Baboshina N.V. Assessment of microcirculation in primary school students during a test with a dosed muscle load. Medical Academic Journal. 2016;16(4):12–17. (In Russ.). <https://doi.org/10.17816/MAJ16412-12>
7. Frolov A., Loktionova Y., Zharkikh E., Sidorov V., Tankanag A., Dunaev A. Effects of Voluntary Changes in Minute Ventilation on Microvascular Skin Blood Flow. Journal of Science in Sport and Exercise. 2024;7(2):215–229. <https://doi.org/10.1007/s42978-023-00268-3>
8. Mezentseva L.V., Pertsov S.S. Synchronous changes in microcirculation parameters of the upper limbs in asymmetric physical loads. Human Physiology. 2020;46(6):671–676. <https://doi.org/10.1134/s036211972004009x>

9. Козлов В.И., Сахаров В.Н., Гурова О.А., Сидоров В.В. Оценка состояния микроциркуляции у детей 6-7 лет по данным лазерной допплеровской флюметрии. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2021;20(3):46–53. <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2021-20-3-46-53>
10. Фролов А.В., Локтионова Ю.И., Жарких Е.В., Сидоров В.В., Крупакин А.И., Дунаев А.В. Исследование изменений кожной микроциркуляции крови при выполнении дыхательной техники хатха-йоги. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2021;20(4):33–44. <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2021-20-4-33-44>
11. Ермолаева С.А., Локтионова Ю.И., Дубасова Е.Г., Дунаев А.В., Фролов А.В. Исследование изменений кожной микроциркуляции крови при выполнении инверсионной позы йоги с помощью распределенной системы портативных анализаторов. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2024;23(4):67–77. <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2024-23-4-67-77>
12. Фролов А.В., Локтионова Ю.И., Жарких Е.В., Сидоров В.В., Танканаг А.В., Дунаев А.В. Реакция микроциркуляции крови в коже различных участков тела при выполнении дыхательных упражнений йоги. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2023;22(1):72–84. <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2023-22-1-72-84>
13. Паршакова В.Е., Жарких Е.В., Локтионова Ю.И., Коськин А.В., Дунаев А.В. Исследование физиологического разброса параметров микроциркуляторно-тканевых систем организма человека с помощью мультимодальных портативных анализаторов. Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2024;2(364):165–176.
14. Loktionova Yu.I., Zharkikh E.V., Parshakova V.E., Sidorov V.V., Dunaev A.V. Multimodal Optical Analyzers: Physiological Variability and Reproducibility of Measurements. J. Biophotonics. 2025;18(4):e202400527. <https://doi.org/10.1002/jbio.202400527>
15. Zherebtsov E.A., Zharkikh E.V., Loktionova Y.I., Zherebtsova A.A., Sidorov V.V., Rafailov E.U., Dunaev A.V. Wireless Dynamic Light Scattering Sensors Detect Microvascular Changes Associated With Ageing and Diabetes. IEEE Trans. Biomed. Eng. 2023;70(11):3073–3081. <https://doi.org/10.1109/tbme.2023.3275654>
16. Dunaev A. Wearable Devices for Multimodal Optical Diagnostics of Microcirculatory-Tissue Systems: Application Experience in the Clinic and Space. Journal of Biomedical Photonics & Engineering. 2023;9(2):1–10. <https://doi.org/10.18287/jbpe23.09.020201>
17. Mikhailichenko L.A., Mezentseva L.V. Correlation and spectral analysis of vascular tone regulator mechanisms in paired formations during postnatal ontogenesis in rats. Bull. Exp. Biol. Med. 2015;158(3):308–312. <https://doi.org/10.1007/s10517-015-2748-5>
18. Benedicic M., Bernjak A., Stefanovska A., Bosnjak R. Continuous wavelet transform of laser-Doppler signals from facial microcirculation reveals vasomotion asymmetry. Microvasc. Res. 2007;74(1):45–50. <https://doi.org/10.1016/j.mvr.2007.02.007>
19. Мезенцева Л.В., Дудник Е.Н., Никенина Е.В. Сравнительный анализ микроциркуляторных реакций на гипоксические воздействия у испытуемых мужского и женского пола. Физиология человека. 2022;48(2):71–78. <https://doi.org/10.31857/S0131164622020114>
20. Литвин Ф.Б., Становов В.В., Бойко Г.М., Пургина М.Г. Метаболические возможности микроциркуляторного русла у спортсменов в условиях применения биопродукта. Физическое воспитание и спортивная тренировка. 2021;4(38):104–111. <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2021-20-4-104-111>
9. Kozlov V.I., Sakharov V.N., Gurova O.A., Sidorov V.V. Laser doppler flowmetry assessment of microcirculation in children of 6–7 years old. Regional blood circulation and microcirculation. 2021;20(3):46–53. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2021-20-3-46-53>
10. Frolov A.V., Loktionova Yu.I., Zharkikh E.V., Sidorov V.V., Krupatkin A.I., Dunaev A.V. Investigation of changes in the skin blood microcirculation when performing the hatha yoga breathing technique. Regional blood circulation and microcirculation. 2021;20(4):33–44. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2021-20-4-33-44>
11. Ermolaeva S.A., Loktionova Yu.I., Dubasova E.G., Dunaev A.V., Frolov A.V. Assessment of cutaneous blood microcirculation changes while performing hatha yoga inverted pose using a distributed system of wearable analyzers. Regional blood circulation and microcirculation. 2024;23(4):67–77. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2024-23-4-67-77>
12. Frolov A.V., Loktionova Yu.I., Zharkikh E.V., Sidorov V.V., Tankanag A.V., Dunaev A.V. The reaction of blood microcirculation in the skin of various parts of the body after performing yoga breathing exercises. 2023;22(1):72–84. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2023-22-1-72-84>
13. Parshakova V.E., Zharkikh E.V., Loktionova Yu.I., Koskin A.V., Dunaev A.V. Study of physiologic variability of microcirculatory-tissue systems parameters of human organism using multimodal portable analyzers. Fundamental and Applied Problems of Technics and technology. 2024;2(364):165–176. (In Russ.).
14. Loktionova Yu.I., Zharkikh E.V., Parshakova V.E., Sidorov V.V., Dunaev A.V. Multimodal Optical Analyzers: Physiological Variability and Reproducibility of Measurements. J. Biophotonics. 2025;18(4):e202400527. <https://doi.org/10.1002/jbio.202400527>
15. Zherebtsov E.A., Zharkikh E.V., Loktionova Y.I., Zherebtsova A.A., Sidorov V.V., Rafailov E.U., Dunaev A.V. Wireless Dynamic Light Scattering Sensors Detect Microvascular Changes Associated With Ageing and Diabetes. IEEE Trans. Biomed. Eng. 2023;70(11):3073–3081. <https://doi.org/10.1109/tbme.2023.3275654>
16. Dunaev A. Wearable Devices for Multimodal Optical Diagnostics of Microcirculatory-Tissue Systems: Application Experience in the Clinic and Space. Journal of Biomedical Photonics & Engineering. 2023;9(2):1–10. <https://doi.org/10.18287/jbpe23.09.020201>
17. Mikhailichenko L.A., Mezentseva L.V. Correlation and spectral analysis of vascular tone regulator mechanisms in paired formations during postnatal ontogenesis in rats. Bull. Exp. Biol. Med. 2015;158(3):308–312. <https://doi.org/10.1007/s10517-015-2748-5>
18. Benedicic M., Bernjak A., Stefanovska A., Bosnjak R. Continuous wavelet transform of laser-Doppler signals from facial microcirculation reveals vasomotion asymmetry. Microvasc. Res. 2007;74(1):45–50. <https://doi.org/10.1016/j.mvr.2007.02.007>
19. Mezentseva L.V., Dudnik E.N., Nikenina E.V. Comparative analysis of microcirculatory reactions to hypoxic effects in male and female subjects. Human Physiology. 2022;48(2):71–78. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0131164622020114>
20. Litvin F.B., Stanovov V.V., Boyko G.M., Purygina M.G. Metabolic possibilities of microcirculator flow in athletes through the application of a bioproduct. Physical education and sports training. 2021;4(38):104–111. (In Russ.).

21. **Kralj L., Lenasi H.** Wavelet analysis of laser Doppler microcirculatory signals: Current applications and limitations. *Front Physiol.* 2023;13:1076445. doi:10.3389/fphys.2022.1076445
22. **Zafrani L., Payen D., Azoulay E., Ince C.** The microcirculation of the septic kidney. *Semin. Nephrol.* 2015;35(1):75–84. https://doi.org/10.1016/j.semephrol.2015.01.008
23. **Penzel T., Porta A., Stefanovska A., Wessel N.** Recent advances in physiological oscillations. *Physiol. Meas.* 2017;38(5):E1–E7. https://doi.org/10.1088/1361-6579/aa6780
24. **Дунаев А.В.** Мультимодальная оптическая диагностика микроциркуляторно-тканевых систем организма человека. Старый Оскол: ТНТ; 2022.
25. **Kvandal P., Stefanovska A., Veber M.** Regulation of human cutaneous circulation evaluated by laser Doppler flowmetry, iontophoresis, and spectral analysis: importance of nitric oxide and prostangladines. *Microvasc. Res.* 2003;65(3):160–171. https://doi.org/10.1016/s0026-2862(03)00006-2
26. **Wilmore J.H., Costill D.L.** Physiology of sport and exercise. Champaign, Illinois: Human Kinetics; 2004.
27. **Tsukada T., Yokoyama K., Arai T., Takemoto F., Hara S., Yamada A., Kawaguchi Y., Hosoya T., Igari J.** Evidence of association of the eNOS gene polymorphism with plasma NO metabolite levels in humans. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 1998;245(1):190–193. https://doi.org/10.1006/bbrc.1998.8267
28. **Prior B.M., Yang H.T., Terjung R.L.** What makes vessels grow with exercise training? *J. Appl. Physiol.* (1985). 2004;7(3):1119–1128. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00035.2004
29. **Zhu H., Binghong G.A.O.** The Study of Relationship Between Maximum Reserve Capacity of Microcirculatory Blood Perfusion and Functional Status of Man Rower During Six Weeks of Altitude Training. *J. Henan Normal Univ. Sci. Ed.* 2016;44(02):176–182. (In Chinese). https://doi.org/10.16366/j.cnki.1000-2367.2016.02.031
21. **Kralj L., Lenasi H.** Wavelet analysis of laser Doppler microcirculatory signals: Current applications and limitations. *Front Physiol.* 2023;13:1076445. doi:10.3389/fphys.2022.1076445
22. **Zafrani L., Payen D., Azoulay E., Ince C.** The microcirculation of the septic kidney. *Semin. Nephrol.* 2015;35(1):75–84. https://doi.org/10.1016/j.semephrol.2015.01.008
23. **Penzel T., Porta A., Stefanovska A., Wessel N.** Recent advances in physiological oscillations. *Physiol. Meas.* 2017;38(5):E1–E7. https://doi.org/10.1088/1361-6579/aa6780
24. **Dunaev A.V.** Multimodal Optical Diagnostics of Microcirculatory and Tissue Systems in the Human Body. Stary Oskol: TNT; 2022. (In Russ.).
25. **Kvandal P., Stefanovska A., Veber M.** Regulation of human cutaneous circulation evaluated by laser Doppler flowmetry, iontophoresis, and spectral analysis: importance of nitric oxide and prostangladines. *Microvasc. Res.* 2003;65(3):160–171. https://doi.org/10.1016/s0026-2862(03)00006-2
26. **Wilmore J.H., Costill D.L.** Physiology of sport and exercise. Champaign, Illinois: Human Kinetics; 2004.
27. **Tsukada T., Yokoyama K., Arai T., Takemoto F., Hara S., Yamada A., Kawaguchi Y., Hosoya T., Igari J.** Evidence of association of the eNOS gene polymorphism with plasma NO metabolite levels in humans. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 1998;245(1):190–193. https://doi.org/10.1006/bbrc.1998.8267
28. **Prior B.M., Yang H.T., Terjung R.L.** What makes vessels grow with exercise training? *J. Appl. Physiol.* (1985). 2004;7(3):1119–1128. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00035.2004
29. **Zhu H., Binghong G.A.O.** The Study of Relationship Between Maximum Reserve Capacity of Microcirculatory Blood Perfusion and Functional Status of Man Rower During Six Weeks of Altitude Training. *J. Henan Normal Univ. Sci. Ed.* 2016;44(02):176–182. (In Chinese). https://doi.org/10.16366/j.cnki.1000-2367.2016.02.031

Информация об авторах:

Литвин Федор Борисович, д.б.н., профессор кафедры спортивных дисциплин ФГБОУ ВПО «Смоленский государственный университет спорта» Минспорта России, Россия, 214018, г. Смоленск, пр. Гагарина, д. 23. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2281-8757> (bf-litvin@yandex.ru)

Никитюк Дмитрий Борисович, академик РАН, д.м.н., профессор, директор ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи», Россия, 109240, г. Москва, Устьинский проезд, д. 2/14. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2259-1222> (nikitjuk@ion.ru)

Локтионова Юлия Игоревна, аспирант кафедры «Приборостроение, метрология и сертификация», стажёр-исследователь научно-технологического центра биомедицинской фотоники ОГУ им. И.С. Тургенева, Россия, 302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6628-1285> (julya-loktionova@mail.ru)

Паршакова Виктория Евгеньевна, студент кафедры «Приборостроение, метрология и сертификация», лаборант научно-технологического центра биомедицинской фотоники ОГУ им. И.С. Тургенева, Россия, 302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9597-7364> (viktorya.parshak@yandex.ru)

Брук Татьяна Михайловна, д.б.н., проф., заведующая кафедрой биологических дисциплин ФГБОУ ВПО «Смоленский государственный университет спорта» Минспорта России, Россия, 214018, г. Смоленск, пр. Гагарина, д. 23. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1023-6642> (bruktmcenter@rambler.ru)

Жарких Елена Валерьевна, к.т.н., старший преподаватель кафедры «Приборостроение, метрология и сертификация», научный сотрудник научно-технологического центра биомедицинской фотоники ОГУ им. И.С. Тургенева, Россия, 302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5735-3366> (ev.zharkikh@gmail.ru)

Дунаев Андрей Валерьевич, д.т.н., профессор кафедры «Приборостроение, метрология и сертификация», ведущий научный сотрудник научно-технологического центра биомедицинской фотоники ОГУ им. И.С. Тургенева, Россия, 302026, г. Орел, ул. Комсомольская д. 95. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4431-6288> (dunaev@bmccenter.ru)

Information about the authors:

Fedor B. Litvin, D.Sc. (Biology), Professor of the Department of Sports Disciplines of the Smolensk State Academy of Physical Culture, Sports and Tourism. 23 Gagarin Ave., Smolensk, 214018, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2281-8757> (bf-litvin@yandex.ru)

Dmitry B. Nikityuk, Academician of the Russian Academy of Medical Sciences, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, Director of the Federal State Budgetary Educational Institution of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 2/14 Ustinsky Proezd, Moscow, 109240, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2259-1222> (nikitjuk@ion.ru)

Yulia I. Loktionova, Postgraduate student of the Department «Instrument Engineering, Metrology and Certification», Research Assistant of Research & Development Center of Biomedical Photonics, Orel State University named after I.S. Turgenev, 95 Komsomolskaya str., Orel, 302026, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6628-1285> (julya-loktonova@mail.ru)

Victoria E. Parshakova, Student of the Department «Instrument Engineering, Metrology and Certification», Laboratory Assistant of Research & Development Center of Biomedical Photonics, Orel State University named after I.S. Turgenev, 95 Komsomolskaya str., Orel, 302026, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9597-7364> (viktorya.parshak@yandex.ru)

Tatyana M. Brook, D.Sc. (Biology), Prof, Head of the Department of Biological Disciplines of the Smolensk State Academy of Physical Culture, Sport and Tourism. 23 Gagarin Ave., Smolensk, 214018, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1023-6642> (bruktmcenter@rambler.ru)

Elena V. Zharkikh, Senior lecturer of the Department «Instrument Engineering, Metrology and Certification», Researcher of Research & Development Center of Biomedical Photonics, Orel State University named after I.S. Turgenev, 95 Komsomolskaya str., Orel, 302026, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5735-3366> (ev.zharkikh@gmail.ru)

Andrey V. Dunaev, D.Sc. (Tech.), Professor of the Department «Instrument Engineering, Metrology and Certification», Leading researcher of Research & Development Center of Biomedical Photonics, Orel State University named after I.S. Turgenev, 95 Komsomolskaya str., Orel, 302026, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4431-6288> (dunaev@bmccenter.ru)

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.3.7>

УДК: 796.015.52:612.349:612.65-055.2

Тип статьи: Оригинальная статья / Original research



Resistance training significantly increases insulin-like growth factor-1 levels in women with a sedentary lifestyle: A randomized controlled trial

Ayubi Novadri^{1,*}, Wibawa Junian Cahyanto², Vega Maret Sceisarriya², Procopio B. Dafun Jr.³

¹ Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

² STKIP PGRI Trenggalek, Trenggalek, Indonesia

³ Mariano Marcos State University, Batac, Philippines

ABSTRACT

Purpose of the study: To determine the effects of physical exercise resistance training and aerobic exercise on Insulin-Like Growth Factor-1 (IGF-1) levels in women with a sedentary lifestyle.

Methods: Thirty-three female respondents with sedentary lifestyle were randomly selected and divided into three groups: resistance training group ($n = 11$), aerobic training group ($n = 11$), and control group ($n = 11$). Study participants were between 18 and 26 years old. Data collection took place over the course of two days, beginning with the collection of information regarding the characteristics of the subjects. Before the exercise, the subjects had their blood drawn as pre-test data. The subjects were then instructed to warm up. Then, the subjects performed physical exercises according to their group. After the exercise intervention, blood samples were taken as post-test data.

Results: The data showed that training significantly increased IGF-1 levels in resistance training group ($p = 0.012$).

Conclusion: acute resistance exercise has the potential to raise IGF-1 levels. Growth hormone's effects are mediated by IGF-1, which is also essential for controlling somatic growth and organ development, including brain. Resistance training can be recommended as an alternative exercise for people with a sedentary lifestyle to improve cognitive function.

Keywords: Sedentary; Resistance Training; Physical Exercise; IGF-1

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interest.

Acknowledgment: The Republic of Indonesia's Ministry of Higher Education, Science, and Technology provided financial assistance for this study under contract number 128/C3/DT.05.00/PL/2025.

For citation: Ayubi N., Wibawa J.C., Sceisarriya V.M., Dafun Jr. P.B. Resistance training significantly increases insulin-like growth factor-1 levels in women with a sedentary lifestyle: A randomized controlled trial. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2025;15(3):34–43. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.3.7>

Received: 08 October 2025

Accepted 30 November 2025

Online first: 27 December 2025

Published: 29 December 2025

*Corresponding author

Силовые тренировки значительно повышают уровень инсулиноподобного фактора роста-1 у женщин, ведущих сидячий образ жизни: рандомизированное контролируемое исследование

**Аюби Новадри^{1,*}, Вибава Джунисан Кахъянто², Вега Марета Сцесаррия²,
Прокопио Б. Дафун-младший³**

¹ Университет Негери Сурабая, Сурабая, Индонезия

² STKIP PGRI Trenggalek, Тренгалек, Индонезия

³ Государственный университет Мариано Маркос, Батак, Филиппины

АННОТАЦИЯ

Цель исследования: определить влияние силовых тренировок и аэробных упражнений на уровень инсулиноподобного фактора роста-1 (ИФР-1) у женщин, ведущих сидячий образ жизни.

Материалы и методы: Тридцать три женщины, ведущие сидячий образ жизни, были случайным образом разделены на три группы: группа силовых тренировок ($n = 11$), группа аэробных тренировок ($n = 11$) и контрольная группа ($n = 11$). Участницы исследования были в возрасте от 18 до 26 лет. Сбор данных проводился в течение двух дней начиная со сбора информации о характеристиках испытуемых. Перед началом упражнений у испытуемых взяли кровь для предварительного анализа. Затем испытуемым было предложено размяться. После этого испытуемые выполняли физические упражнения в соответствии с их группой. После завершения упражнений были взяты образцы крови для повторного анализа.

Результаты: Данные показали, что уровень ИФР-1 был значимо повышен в группе силовых тренировок ($p = 0,012$).

Вывод: интенсивные силовые упражнения могут повысить уровень ИФР-1. Действие гормона роста опосредуется ИФР-1, который также необходим для контроля соматического роста и развития органов, включая мозг. Силовые тренировки можно рекомендовать в качестве альтернативных упражнений для людей, ведущих сидячий образ жизни, с целью улучшения когнитивных функций.

Ключевые слова: малоподвижный образ жизни; силовые тренировки; физические упражнения; ИФР-1

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности: Министерство высшего образования, науки и технологий Республики Индонезия предоставило финансовую помощь для проведения данного исследования в соответствии с контрактом № 128/C3/DT.05.00/PL/2025.

Для цитирования: Аюби Н., Кахъянто В.Дж., Сцесаррия В.М., Дафун-младший П.Б. Силовые тренировки значительно повышают уровень инсулиноподобного фактора роста-1 у женщин, ведущих сидячий образ жизни: рандомизированное контролируемое исследование. Спортивная медицина: наука и практика. 2025;15(3):34–43. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.3.7>

Поступила в редакцию: 08.10.2025

Принята к публикации: 30.11.2025

Online first: 27.12.2025

Опубликована: 29.12.2025

*Автор, ответственный за переписку

1. Introduction

Intensive physical exercise has a positive impact on improving health and is one of the most important elements for healthy aging, while sedentary behavior, lack of physical activity, and physical exercise are considered triggers for various health disorders that have an impact on the risk of developing diseases [1]. The incidence of people with chronic illnesses will rise as a result of this sedentary behavior [2]. The objectives of medical interventions, however, are increasingly seen to include more than simply preventing and treating physical or mental illness; they should help people achieve or maintain resilience, good health, and a high quality and quantity of life [3]. Young people often struggle with sedentary behavior and physical inactivity, particularly college students. The shift to college life frequently entails more social and academic obligations, which frequently result in less regular exercise. Both the physical and neurocognitive

levels of health are significantly impacted by this sedentary lifestyle [4].

Working memory, executive and inhibitory functions, spatial learning, language and vocabulary understanding, processing speed, and language and reading decoding are all components of the complex system that is cognitive [5]. It is believed that associative connections between various cerebral cortex regions produce this [6]. Connectivity is a very dynamic process since inhibitory and stimulatory inputs can either increase or decrease synaptic activity. The degree of physical exercise has a significant impact on executive functions, a group of higher-order cognitive functions, such as cognitive flexibility and working memory, and inhibitory control [7]. Self-control, goal-oriented conduct, and academic performance all depend on these processes. Existing research findings indicate the detrimental effects of low levels of physical activity on cognitive function. On the other hand,

it has been demonstrated that regular exercise enhances cognitive performance [7]. In several organ systems, IGF-1 primarily regulates cell growth, metabolism, proliferation, and apoptosis. Therefore, the effects of IGF-1 include giving adults anabolic properties and encouraging the growth of newborns and youngsters [8].

Consistent exercise is a method to optimize human potential throughout life, but there are many others well-known strategy to lessen physical and cognitive deterioration as well as the psychological and social difficulties that come with growing older [3]. IGF-1 has been identified as one of the major mediators in the connection between brain function and physical activity. A neurotrophic and neuroprotective hormone, IGF-1 plays a role in neuronal survival, neurogenesis, and synaptic plasticity [9]. There is increasing evidence that IGF-1 levels are correlated with cognitive ability, despite the fact that they are not typically employed in clinical cognitive examinations. This is especially noticeable in areas linked to the hippocampus and prefrontal cortex, which are crucial for executive function. For instance, both young adults and the elderly have shown improved performance on tests of processing speed, memory, and attention when peripheral IGF-1 concentrations are higher [10].

Additionally, this experimental study has demonstrated that physical activity causes peripheral tissues to express and release IGF-1. This circulating IGF-1 can improve brain plasticity by overcoming the blood-brain barrier [11]. Even in communities of young people where cognitive impairment is not clinically evident, this mechanistic link lends credence to the use of IGF-1 as a biomarker of cognitive health and physical activity efficacy [5]. In this regard, it is indisputable that athletics and exercise are excellent countermeasures for reaching this challenging objective. However, it is also evident that there is a deficiency in physical exercise can hasten aging and the deterioration of physiological processes, particularly in cases of chronic illness [12]. Furthermore, skeletal muscle atrophy brought on by inactivity can impair Alzheimer's disease patients' cognitive abilities [13], nonetheless, resistance training can improve the physiological structure and function of the skeletal muscles [14].

Resistance exercise is widely recognized for its potential to improve athletic performance, its applicability to certain tasks, and its capacity to evaluate physical fitness. Notably, IGF-1 is a 70 amino acid peptide that shares 50 % sequence homology with insulin and 70 % homology with IGF-1 [15]. IGF-1's capacity to attach to the insulin receptor is justified by its comparable structure [16]. Resistance training is currently recommended for the prevention of cognitive impairment as a non-pharmacological therapy [17]. Although several randomized controlled trials (RCTs) have shown that resistance training can improve and delay behavior and cognition in Alzheimer's disease, most trials have focused on the effects of resistance training on brain structure and function, including cerebrovascular function and cerebral blood flow perfusion, brain structure, synaptic development, and neurotrophic factors, to elucidate the mechanisms by which resistance

training improves cognitive function in Alzheimer's disease patients [18]. However, there is still limited information regarding which types of exercise, aerobic or resistance training, are more effective in increasing IGF-1 levels. Research on this topic is still limited. It is important to understand which exercises are effective in increasing IGF-1 levels. Therefore, the purpose of this study was to determine which types of exercise are most effective in acutely increasing IGF-1 levels in women with a sedentary lifestyle.

Research Methods

Study Design

Thirty-three female respondents were randomly selected and divided into three groups: resistance training (RT) group ($n = 11$), aerobic training (AT) group ($n = 11$), and control (CO) group ($n = 11$). The RT group underwent weight training according to a program determined by the researcher, and the AT group performed aerobic exercise on a treadmill according to a predetermined program, while the control group did nothing. Details of the exercise program will be further explained in the exercise intervention below.

Subjects

The Malang State Polytechnic of Health's ethical committee accepted this study, which was carried out in compliance with the Declaration of Helsinki. This study involved thirty-three healthy women (the subjects' characteristics are shown in Table 1). The researchers created inclusion and exclusion criteria to assess if volunteers met the study requirements. Subjects had to be between the ages of 18 and 26, have a normal body mass index (BMI), lead a sedentary lifestyle, do not smoke, have no history of cancer, cardiovascular disease, or musculoskeletal disorders, do not use dietary or ergogenic supplements, and be willing to participate in the study. According to the short form of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ), a sedentary lifestyle is defined as a physical activity level of less than 600 MET minutes per week [19]. Additionally, respondents were not required to engage in regular exercise. Participants under the age of eighteen were not permitted to participate in this study. Our study additionally eliminated respondents with hypertension who had abnormal blood pressure before exercise (systolic blood pressure ≥ 130 mmHg and/or diastolic blood pressure ≥ 85 mmHg). Subjects were also excluded if they were taking nonsteroidal anti-inflammatory medicines (NSAIDs).

Pregnancy, starting a particular diet, using medication, and not wanting to continue the recommended exercise intervention (not attending all of the sessions) were all reasons for exclusion. A formal consent form was read and signed by each chosen participant. The study's thirty-three female volunteers were split up into three groups: eleven for resistance training (RT), eleven for aerobic training (AT), and eleven for control (CO). The study was conducted at a Fitness Center in Tulungagung City, East Java Province. Additionally, all participants were guided by certified professional fitness trainers during the exercise intervention.

Research Instruments

The following instruments we used include blood pressure, height, and weight measurements, data collection sheets, stationery, blood drawing equipment, treadmills, and gym equipment used for weight training.

Procedure

The data collection procedure in this study consisted of several steps. Subjects underwent a screening process before beginning the study. This approach was based on specific parameters that allowed information to be included or excluded from the analysis. Furthermore, they gave their informed agreement to take part in the research after being explained the research procedures. Out of the trial participants, three groups were chosen at random and split into treatment groups receiving resistance training and aerobic training interventions and a control group receiving no intervention.

Data collection was conducted over two days, beginning with information on the subjects' characteristics. Before the investigation, the subjects were not allowed to eat anything. Subjects were told to follow a typical diet and sleep schedule the day before the research. They were then instructed to warm up before exercising. Afterward, they engaged in physical activity, consisting combining moderate-intensity aerobic exercise and resistance training.

Before exercise, 3cc of blood was drawn as pretest data, and after exercise, 3cc of blood was drawn as post-test data. After that, the blood samples were centrifuged to separate the serum. After the centrifuge was completed, the blood serum was taken for laboratory analysis to examine IGF-1 expression. This laboratory analysis was carried out at the Physiology Science Laboratory Installation, Faculty of Medicine, University of Brawijaya, Malang. The method for examining IGF-1 expression used the ELISA (Enzyme-linked immunosorbent assay) method with Human IGF-1 reagents. Lastly, as a measure of responsibility, following the data review, the researchers prepared a written report of the research results.

Exercise Intervention

Resistance Training (RT) consists of group training sessions where participants receive instruction on exercise techniques and have their performance evaluated by trained professional trainers. Each training session lasts 60 minutes and is delivered acutely. A 10-minute warm-up, 40 minutes of core training, and a 10-minute cool-down precede the workout. Targeting both the upper and lower body, the 40-minute strength training session consists of three sets of ten exercises, such as the seated row, shoulder press, chest press, lateral pull-down, abdominal crunch, leg press, leg extension, triceps pushdown, and seated bicep curl. Each resistance exercise is carried out in compliance with the National Strength and Conditioning Association's criteria, which have been applied in earlier research [20]. Each exercise involved 8–10 repetitions in 3 sets, with 5–10 minutes of recovery between sets. The intensity of the exercise was 75–80 % of

1RM. Participants were assessed using seated leg presses and upper and lower body bicep curls to determine their 1RM. Participants were placed with their knees bent at a 90-degree angle following their leg press warm-up. After applying a conservative load to the machine, participants were told to completely extend their knees and repeat the process until they became tired. The weight was raised for sitting bicep curl participants in a range of 100 degrees, from full extension to fatigue. Due to the participants' inexperience and potential for harm, 1RM was calculated for each participant using a formula rather than being measured directly Brzycki, 1993: $1RM = (\text{Total weight lifted (kg})/(102.78 - (002.78 \times \text{number of repetitions}))$.

Aerobic exercise (AE) consists of brisk walking on a treadmill at a speed of 5–6 km/h for 30 minutes. The intensity of the exercise is based on the maximum heart rate (HRmax) estimated for each participant using the following formula: $HRmax = 208 - (0.7 \times \text{age})$ [22]. The intensity of the exercise starts at 65 % of HRmax and gradually increases to 75 % of HRmax during one training session.

The control group (CO) was asked to just sit and lie down at the designated research location. The only activities allowed were playing with cell phones, sitting, and walking to the bathroom in the designated area. Participants in this group were allowed to play with their cell phones and communicate with their groupmates to overcome boredom while waiting in line to have their blood drawn.

2. Statistical analysis

Following data collection, statistical analysis was performed using SPSS software. The data was subjected to a descriptive analysis in order to ascertain the mean and standard error. As a normalcy test, the Shapiro-Wilk test was also employed in this study. To determine if the data were normally distributed, a difference test was developed using the paired *t*-test methodology. The data was examined using the Wilcoxon signed-rank test, however the results showed differently.

3. Ethics

With registration number DP.04.03/F.XXI.30/00841/2025, we received ethical approval from the Malang Health Polytechnic Ethics Committee prior to data collection.

4. Results

This section presents statistics and information regarding the general description of the participants in Table 1. The characteristics of each group can be understood in detail from these statistics. Data are presented as mean \pm standard deviation. There were no significant differences ($p > 0.05$) between the resistance training, aerobic training, and control groups based on the *t*-test results of this study.

Based on the normality test in Table 2, the IGF-1 data for all groups were normally distributed ($p > 0.05$). Therefore, the next test performed was a paired-samples *t*-test.

The results of the IGF-1 analysis between pre-test and post-test in each group are presented in Figure 2.

CONSORT flowchart

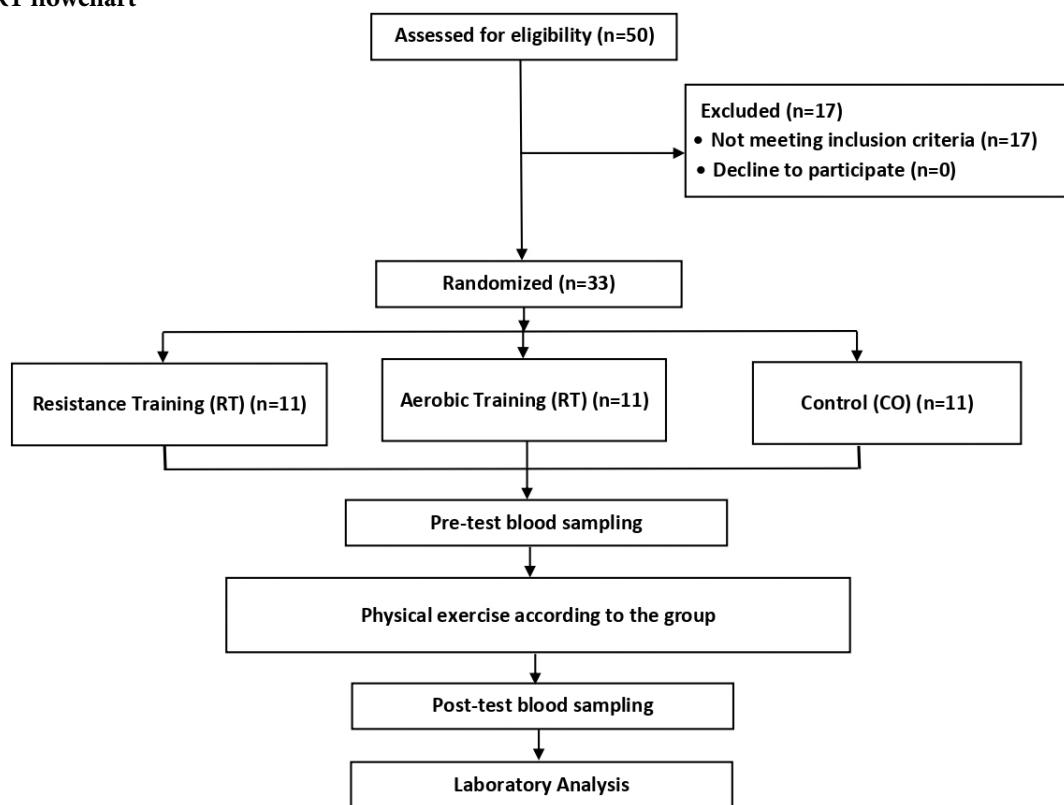


Fig. 1. The CONSORT flowchart
Рис.1. Блок-схема CONSORT

Table 1

Characteristics of research subjects

Таблица 1

Характеристики участников исследования

Data	Group	N	Mean ± SD	p-value
Age (y)	RT	11	20.18 ± 0.75	0.509
	AT	11	20.55 ± 2.16	
	CO	11	21.00 ± 1.67	
Height (cm)	RT	11	157.64 ± 4.15	0.510
	AT	11	155.00 ± 4.17	
	CO	11	156.91 ± 7.36	
Weight (kg)	RT	11	56.91 ± 6.64	0.325
	AT	11	54.36 ± 7.94	
	CO	11	52.27 ± 6.73	
BMI (kg/m ²)	RT	11	22.89 ± 2.45	0.386
	AT	11	22.59 ± 2.88	
	CO	11	21.32 ± 3.00	
Systolic (mmHg)	RT	11	115.73 ± 15.40	0.745
	AT	11	116.27 ± 8.41	
	CO	11	112.27 ± 14.67	
Diastolic (mmHg)	RT	11	77.36 ± 9.52	0.645
	AT	11	74.09 ± 10.26	
	CO	11	74.00 ± 8.71	

Table 2

Normality test results

Таблица 2

Результаты теста нормальности

Data	Group	Shapiro-Wilk	
		N	p-value
IGF-1	RT (Pre-test)	11	0.165
	RT (Post-test)		0.792
	AT (Pre-test)	11	0.256
	AT (Post-test)		0.801
	CO (Pre-test)	11	0.631
	CO (Post-test)		0.450

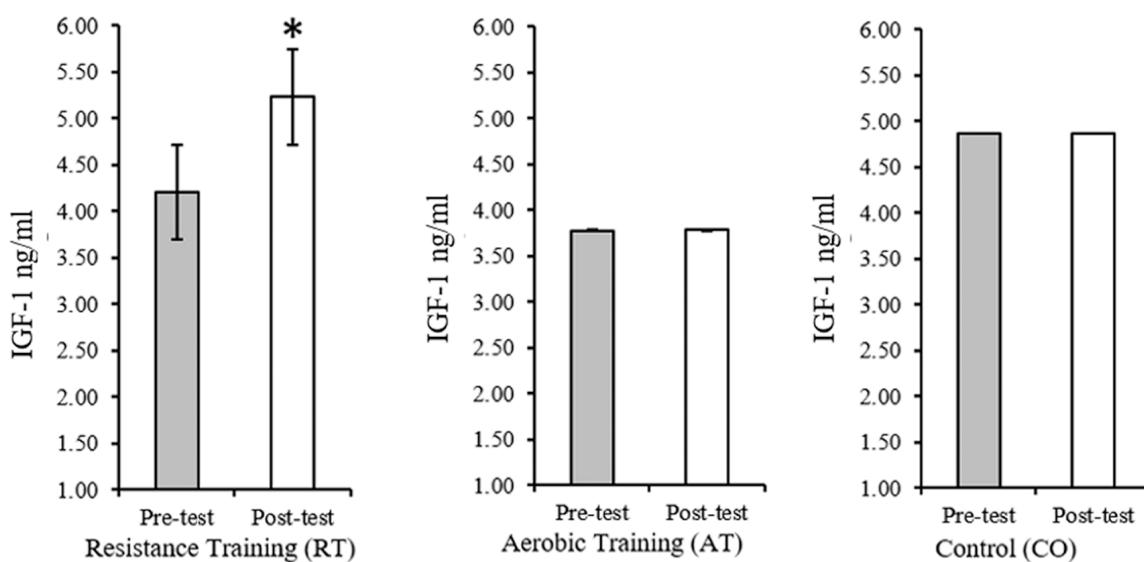


Fig. 2. Results of IGF-1 (ng/ml)

Рис. 2. Измерения ИФР-1 (нг/мл)

Table 3

Analysis of IGF-1 changes (ng/ml)

Таблица 3

Анализ изменений ИФР-1 (нг/мл)

Data	Group	Paired-Samples t-Test	
		Mean \pm SD	p-value
IGF-1	RT (Pre-test)	4.21 \pm 1.30	*0.012
	RT (Post-test)	5.23 \pm 1.29	
	AT (Pre-test)	3.78 \pm 1.10	0.975
	AT (Post-test)	3.79 \pm 1.44	
	CO (Pre-test)	4.86 \pm 0.74	0.987
	CO (Post-test)	4.86 \pm 0.65	

Figure 2 shows that the RT group given the resistance training intervention significantly increased IGF-1 levels in women with a sedentary lifestyle ($*p < 0.05$).

Table 3 shows the results of the paired-samples *t*-test. Data are presented as mean \pm standard deviation.

Information:

The group (AT) with aerobic exercise intervention and the control group (CO) did not show any significant difference between the pretest and posttest ($p > 0.05$), while the group (RT) with endurance exercise intervention showed a significant increase in IGF-1 levels between the pretest and posttest ($*p < 0.05$).

5. Discussion

This study sought to ascertain how acute strength training and aerobic exercise affected the rise in IGF-1 levels. The findings of this study indicate that resistance training acutely increases IGF-1 levels in inactive women ($p < 0.05$). Previous findings from resistance training in women performed three times a week for eight weeks support the findings of this study, which showed significant increases in IGF-1 levels [23]. IGF-1 levels were shown to increase significantly through resistance training three times a week for 16 weeks, according to findings from another study in women [24]. As shown by a previous study conducted on participants who received a twice-weekly physical exercise intervention for eight weeks, the findings showed that IGF-1 levels in the physical exercise intervention group increased, according to the data. However, this data compared three different forms of exercise: combination, aerobic, and strength training. An unexpected result was that the combination exercise group had the highest IGF-1 levels. This is interesting to study further to determine the best type of exercise to increase IGF-1 levels [25].

The results of this investigation, which demonstrate that weight training increases IGF-1 expression in comparison to aerobic exercise, are corroborated by the findings of other investigations [26]. As a result, this study discovered that the type of activity conducted affected the amount of IGF-1 expressed. Increased IGF-1 expression was also shown in another study that used resistance training interventions with 60-minute sessions for 12 weeks, three times a week [27]. This further supports the idea that resistance exercise is good for raising IGF-1. Being healthy and free of underlying medical issues is another factor that contributes to high IGF-1 levels. Research comparing the levels of IGF-1 in individuals with and without dementia revealed that the latter had higher amounts of the protein [28]. Research from Pierce et al., 2020 additionally verified that IGF-1 expression was markedly elevated by resistance exercise. We can therefore draw the conclusion that resistance training raises IGF-1 levels.

6. Molecular Mechanisms of Resistance Training Increase IGF-1 Levels

The best non-pharmacological method for enhancing health and averting disease is physical activity. Engaging in physical activity lowers the chance of brain illnesses as well as metabolic, cardiovascular, and chronic diseases. Physical

exercise provides evidence that it can trigger improvements neuroplastic pathways and cognitive performance in numerous research [30]. Some diseases and their incidence rates include neurodegenerative diseases like Parkinson's and Alzheimer's, depression, schizophrenia, and addiction [31]. Researchers are still debating the exact mechanism by which exercise causes an elevation in IGF-1. Clear important information about intricate chemical events that take place within cells during exercise. The amount of ATP needed during exercise rises as activity does. The body uses physical exercise to handle oxidative and nitrosative stress, which are important procedures that produce and accumulate reactive nitrogen species (RNS) and reactive oxygen species (ROS). These systems are essential for cellular signaling, regulation, and balance maintenance [32]. As a physiological reaction, ROS will cause adenosine monophosphate-activated protein kinase (AMPK) to become active [33]. AMPK, an intracellular sensor that regulates ATP consumption, is the primary regulator of skeletal muscle metabolism [34].

The IGF-1/PI3K/Akt/mTOR signaling pathway can be efficiently activated by both resistance training and aerobic endurance training, which raises mTOR, IGF-1, and IGF-1R levels as well as PI3K and Akt activity [35]. Exercise has been shown to raise IGF-1 levels, according to a prior systematic review [36]. Insulin-like growth factor-1 (IGF-1) regulates cell survival, differentiation, and proliferation, all of which are essential for reversing organ failure brought on by illness [37]. Along with controlling skeletal muscle metabolism and regeneration, IGF-1 has also been connected to the development of muscular mass and strength [38]. Irisin, a myokine released from skeletal muscle during exercise, has been shown in recent decades to improve brain function. Heart function, energy expenditure, neuronal differentiation, proliferation, and neurobehavior are all impacted by central irisin. Its possible neurotrophic role is suggested by the stimulation of hippocampus genes linked to learning, memory, and neuroprotection by elevated peripheral irisin levels [39]. Irisin may mediate the health benefits of physical activity, according to certain theories. Strength and endurance exercise increases the expression of the fibronectin type III domain-containing protein 5 (FNDC5) gene in skeletal muscle, which raises peripheral irisin levels [40]. Brain-derived neurotrophic factor (BDNF) and other neuroprotective genes are expressed more frequently in the hippocampus is correlated with FNDC5 overexpression in the liver, which dramatically raises peripheral irisin levels [41]. This implies that peripheral FNDC5 overexpression might raise hippocampal BDNF expression, which could improve memory and learning through the BDNF pathway [41].

Neurotransmitters including IGF-1, BDNF, and irisin are produced by muscles during resistance exercise may also be able in order to communicate with the brain and influence brain function, according to recent data [42]. By lowering inflammation and improving physiological function and muscle strength, resistance training enhances cognitive function. Various studies Mcleod et al., 2024 and Van Vossel et al., 2024 when compared to no training, it has been shown

that resistance exercise increases muscle mass, strength, and physical function [45,46]. Additionally, it has been demonstrated that IGF-1 levels are elevated by weight training and facilitates its absorption into the brain, which in turn increases angiogenesis and neurogenesis [45]. The aforementioned results are mostly in line with other research demonstrating the value of resistance exercise in raising adult IGF-1 levels [46], and the rise in IGF-1 following exercise is caused by elevated growth hormone (GH) levels. Increased blood lactate levels during high-resistance exercise cause the brain to produce more growth hormone, which in turn causes an increase in IGF-1 secretion [46].

IGF-1 may play a major role in neurogenesis because of its beneficial effect on BDNF levels. This somewhat supports the conclusion above as well. GH can also improve IGF-1-mediated muscle adaptations and finish its biosynthesis [47], as a result, elevated GH during exercise may have some effect on the body's IGF-1 levels. Lastly, during exercise, estrogen may also have an impact on the release of hormones like growth hormone [48]. Strengthening muscles may cause more irisin to be released, raising BDNF and IGF-1 levels. This mechanism enhances insulin sensitivity, encourages the creation of new neurons, and lessens oxidative stress [49]. Accordingly, it has been demonstrated that resistance exercise causes a considerable increase in IGF-1.

Author Contributions

Ayubi Novadri — conceptualization, methodology, data collection and interpretation, writing, project administration, and formal analysis.

Wibawa Junian Cahyanto — methodology, data collection and interpretation, writing, and visualization.

Sceisarriya Vega Mareta — data collection and interpretation, visualization, and formal analysis.

Dafun Jr. Procopio B. — methodology, editing, and visualization.

Список литературы / References

1. Fried L.P., Cohen A.A., Xue Q.L., Walston J., Bandeen-Roche K., Varadhan R. The physical frailty syndrome as a transition from homeostatic symphony to cacophony. *Nat. Aging.* 2021;1(1):36–46. <https://doi.org/10.1038/s43587-020-00017-z>
2. Doody P., Lord J.M., Greig C.A., Whittaker A.C. Frailty: Pathophysiology, Theoretical and Operational Definition(s), Impact, Prevalence, Management and Prevention, in an Increasingly Economically Developed and Ageing World. *Gerontology.* 2023;69(8):927–945. <https://doi.org/10.1159/000528561>
3. Izquierdo M., de Souto Barreto P., Arai H., Bischoff-Ferrari H.A., Cadore E.L., Cesari M., et al. Global consensus on optimal exercise recommendations for enhancing healthy longevity in older adults (ICFSR). *J. Nutr. Heal. Aging.* 2025;29(1):100401. <https://doi.org/10.1016/j.jnha.2024.100401>
4. Guthold R., Stevens G.A., Riley L.M., Bull F.C. Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1·9 million participants. *Lancet Glob. Heal.* 2018;6(10):e1077–e1086. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(18\)30357-7](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(18)30357-7)
5. Autio J., Stenbäck V., Gagnon D.D., Leppäläluoto J., Herzig K.H. (Neuro) peptides, physical activity, and cognition. *J. Clin. Med.* 2020;9(8):1–25. <https://doi.org/10.3390/jcm9082592>
6. Bota M., Sporns O., Swanson L.W. Architecture of the cerebral cortical association connectome underlying cognition. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 2015;112(16):E2093–E2101. <https://doi.org/10.1073/pnas.1504394112>
7. Kujach S., Olek R.A., Byun K., Suwabe K., Sitek E.J., Ziemann E., Laskowski R., Soya H. Acute Sprint Interval Exercise Increases Both Cognitive Functions and Peripheral Neurotrophic Factors in Humans: The Possible Involvement of Lactate. *Front. Neurosci.* 2020;13:1455. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.01455>
8. Ye G., Xiao Z., Luo Z., Huang X., Abdelrahim M.E.A., Huang W. Resistance training effect on serum insulin-like growth factor 1 in the serum: a meta-analysis. *Aging Male.* 2021;23(5):1471–1479. <https://doi.org/10.1080/13685538.2020.1801622>
9. de Alcantara Borba D., da Silva Alves E., Rosa J.P.P., Facundo L.A., Costa C.M.A., Silva A.C., Narciso F.V., Silva A., de Melo M.T. Can IGF-1 serum levels really be changed by acute physical exercise? A systematic review and meta-analysis. *J. Phys. Act. Heal.* 2020;17(5):575–584. <https://doi.org/10.1123/jpah.2019-0453>

7. Strength and Limitations

The strength of this study is that we used a randomized controlled trial, the most reliable scientific method, which eliminates the possibility of ambiguous cause-and-effect relationships. Furthermore, we discuss the limitations of our study, including the small sample size. We acknowledge that a larger sample size would provide a better understanding of the results. This is indeed a limitation of our study. Furthermore, our intervention focused only on resistance training and aerobic exercise; perhaps in the future, we could analyze the effects of combining exercise with other types of exercise, such as resistance training. Furthermore, our age justification focused only on those aged 18 to 26. Future studies could examine how exercise increases IGF-1 levels in those aged 30 and older or approaching old age. Furthermore, it would be important to examine how exercise affects people with cognitive impairment. This would allow for a more concrete understanding of how exercise impacts cognitive decline in these patients.

8. Conclusion

Resistance training has been shown to significantly increase IGF-1 levels in inactive women. An alternative form of exercise that can improve cognitive performance is resistance training, which has been shown to increase IGF-1 levels.

Вклад авторов

Аюби Новадри — концептуализация, методология, сбор и интерпретация данных, написание текста, администрирование проекта и формальный анализ.

Вибава Джуниан Кахьянто — методология, сбор и интерпретация данных, написание текста и визуализация.

Bera Mapeta Сцесаррия — сбор и интерпретация данных, визуализация и формальный анализ.

Прокопио Б. Дафун-младший — методология, редактирование и визуализация.

10. **Zhang Y., Zhang B., Gan L., Ke L., Fu Y., Di Q., Ma X.** Effects of online bodyweight high-intensity interval training intervention and health education on the mental health and cognition of sedentary young females. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2021;18(1):302. <https://doi.org/10.3390/ijerph18010302>
11. **Wilke J., Mohr L., Yuki G., Bhundoo A.K., Jiménez-Pavón D., Laiño F., et al.** Train at home, but not alone: a randomised controlled multicentre trial assessing the effects of live-streamed tele-exercise during COVID-19-related lockdowns. *Br. J. Sports Med.* 2022;56(12):667–675. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2021-104994>
12. **Vazquez-Guajardo M., Rivas D., Duque G.** Exercise as a Therapeutic Tool in Age-Related Frailty and Cardiovascular Disease: Challenges and Strategies. *Can. J. Cardiol.* 2024;40(8):1458–1467. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2024.01.005>
13. **Liu C., Wong P.Y., Chow S.K.H., Cheung W.H., Wong R.M.Y.** Does the regulation of skeletal muscle influence cognitive function? A scoping review of pre-clinical evidence. *J. Orthop. Transl.* 2023;38:76–83. <https://doi.org/10.1016/j.jot.2022.10.001>
14. **Rahmati M., Shariatzadeh Joneydi M., Koyanagi A., Yang G., Ji B., Won Lee S., et al.** Resistance training restores skeletal muscle atrophy and satellite cell content in an animal model of Alzheimer's disease. *Sci. Rep.* 2023;13(1): 2535. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29406-1>
15. **Shalaby M.N., Fadl M.A.** Relative indicators and predicative ability of some biological variables on cardiac neural activity for volleyball players. *Syst. Rev. Pharm.* 2020;11(9):834–840. <https://doi.org/10.31838/srp.2020.9.119>
16. **Shalaby M.N., Hussien Sh., Sakoury M.M.A., Atiaa M.A.M., Antar G.M.A.** The Impact of Antioxidants in Blood Pressure and Free Radicals of Athletes. *Indian J. Forensic Med. Toxicol.* 2021;15(2):4420–4430. <https://doi.org/10.37506/ijfmt.v15i2.15062>
17. **Bangsbo J., Blackwell J., Boraxbekk C.J., Caserotti P., Dela F., Evans A.B., et al.** Copenhagen Consensus statement 2019: Physical activity and ageing. *Br. J. Sports Med.* 2019;53(14):856–858. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-100451>
18. **Cho S.Y., Roh H.T.** Effects of Exercise Training on Neurotrophic Factors and Blood–Brain Barrier Permeability in Young-Old and Old-Old Women. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2022;19(24):16896. <https://doi.org/10.3390/ijerph192416896>
19. **Moghaddam M.H.B., Aghdam F.B., Jafarabadi M.A., Allahverdipour H., Nikookheslat S.D., Safarpour S.** The Iranian version of International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) in Iran: Content and construct validity, factor structure, internal consistency and stability. *World Appl. Sci. J.* 2012;18(8):1073–1080. <https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2012.18.08.754>
20. **Amanat S., Sinaei E., Panji M., Mohammadpor Hodki R., Bagheri-Hosseinabadi Z., Asadimehr H., Fararouei M., Dianatinasab A.** A Randomized Controlled Trial on the Effects of 12 Weeks of Aerobic, Resistance, and Combined Exercises Training on the Serum Levels of Nesfatin-1, Irisin-1 and HOMA-IR. *Front. Physiol.* 2020;11: 562895. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.562895>
21. **Brzycki M.** Strength Testing—Predicting a One-Rep Max from Reps-to-Fatigue. *J. Phys. Educ. Recreat. Danc.* 1993;64(1):88–90. <https://doi.org/10.1080/07303084.1993.10606684>
22. **Tanaka H., Monahan K.D., Seals D.R.** Age-predicted maximal heart rate revisited. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2001;37(1):153–156. [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(00\)01054-8](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(00)01054-8)
23. **Arazi H., Khanmohammadi A., Asadi A., Haff G.G.** The effect of resistance training set configuration on strength, power, and hormonal adaptation in female volleyball players. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2018;43(2):154–164. <https://doi.org/10.1139/apnm-2017-0327>
24. **Nunes P.R.P., Barcelos L.C., Oliveira A.A., Furlanetto R. Jr., Martins F.M., Resende E.A.M.R., Orsatti F.L.** Muscular Strength Adaptations and Hormonal Responses After Two Different Multiple-Set Protocols of Resistance Training in Postmenopausal Women. *J. Strength Cond. Res.* 2019;33(5):1276–1285. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000001788>
25. **Chen H.T., Chung Y.C., Chen Y.J., Ho S.Y., Wu H.J.** Effects of Different Types of Exercise on Body Composition, Muscle Strength, and IGF-1 in the Elderly with Sarcopenic Obesity. *J. Am. Geriatr. Soc.* 2017;65(4):827–832. <https://doi.org/10.1111/jgs.14722>
26. **Li B., Feng L., Wu X., Cai M., Yu J.J., Tian Z.** Effects of different modes of exercise on skeletal muscle mass and function and IGF-1 signaling during early aging in mice. *J. Exp. Biol.* 2022;225(21): jeb244650. <https://doi.org/10.1242/jeb.244650>
27. **Son W.M., Pekas E.J., Park S.Y.** Twelve weeks of resistance band exercise improves age-associated hormonal decline, blood pressure, and body composition in postmenopausal women with stage 1 hypertension: a randomized clinical trial. *Menopause.* 2020;27(2):199–207. <https://doi.org/10.1097/GME.0000000000001444>
28. **Stein A.M., da Silva T.M.V., Coelho F.G.M., Rueda A.V., Camarini R., Galduróz R.F.S.** Acute exercise increases circulating IGF-1 in Alzheimer's disease patients, but not in older adults without dementia. *Behav. Brain Res.* 2020;396:112903. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2020.112903>
29. **Pierce J.R., Martin B.J., Rarick K.R., Alemany J.A., Staab J.S., Kraemer W.J., Hymer W.C., Nindl B.C.** Growth Hormone and Insulin-like Growth Factor-I Molecular Weight Isoform Responses to Resistance Exercise Are Sex-Dependent. *Front. Endocrinol. (Lausanne).* 2020;11:571. <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.00571>
30. **Voss M.W., Nagamatsu L.S., Liu-Ambrose T., Kramer A.F.** Exercise, brain, and cognition across the life span. *J. Appl. Physiol.* 2011;111(5):1505–1513. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00210.2011>
31. **Xu L., Liu R., Qin Y., Wang T.** Brain metabolism in Alzheimer's disease: biological mechanisms of exercise. *Transl. Neurodegener.* 2023;12(1):33. <https://doi.org/10.1186/s40035-023-00364-y>
32. **Toledo I.C.A.** Clinical, cellular and molecular approaches to oxidative stress in athletes' bodies: a systematic and integrative review. *Int. J. Nutrology.* 2023;16(1). <https://doi.org/10.54448/ijn23106>
33. **Lindsay R.T., Rhodes C.J.** Reactive Oxygen Species (ROS) in Metabolic Disease-Don't Shoot the Metabolic Messenger. *Int. J. Mol. Sci.* 2025;26(6):2622. <https://doi.org/10.3390/ijms26062622>
34. **Prabowo S.A., Wibawa J.C., Hamdani H., Indriarsa N., Ardha M.A.A., Hidayat T., Subagio I., Barata I., Lobo J., Ayubi N.** Increased adenosine monophosphate-activated protein kinase activity in mice with physical exercise intervention: a systematic review. *Retos.* 2024;68:377–387. <https://doi.org/10.47197/retos.v68.115136>
35. **Bao C., Yang Z., Li Q., Cai Q., Li H., Shu B.** Aerobic Endurance Exercise Ameliorates Renal Vascular Sclerosis in Aged Mice by Regulating PI3K/AKT/mTOR Signaling Pathway. *DNA Cell Biol.* 2020;39(2):310–320. <https://doi.org/10.1089/dna.2019.4966>
36. **Ayubi N., Wibawa J.C., Aljunaid M., Dafun P.B., Ming J.W.** The Role of Insulin-Like Growth Factor (IGF-1) Signaling During Physical Exercise: A Systematic Review. *Al-Kindy Coll. Med. J.* 2024;20(3):163–167. <https://doi.org/10.47723/frgdrz94>

37. Ahmad S.S., Ahmad K., Lee E.J., Lee Y.H., Choi I. Implications of Insulin-Like Growth Factor-1 in Skeletal Muscle and Various Diseases. *Cells.* 2020;9(8):1773. <https://doi.org/10.3390/cells9081773>
38. Yoshida T., Delafontaine P. Mechanisms of IGF-1-Mediated Regulation of Skeletal Muscle Hypertrophy and Atrophy. *Cells.* 2020;9(9):1970. <https://doi.org/10.3390/cells9091970>
39. Zhang J., Zhang W. Can irisin be a linker between physical activity and brain function? *Biomol. Concepts.* 2016;7(4):253–258. <https://doi.org/10.1515/bmc-2016-0012>
40. Tiano J.P., Springer D.A., Rane S.G. SMAD3 negatively regulates serum irisin and skeletal muscle FNDC5 and peroxisome proliferator-activated receptor γ coactivator 1-α (PGC-1α) during exercise. *J. Biol. Chem.* 2015;290(12):7671–7684. <https://doi.org/10.1074/jbc.M114.617399>
41. Wrann C.D., White J.P., Salogiannis J., Laznik-Bogoslavski D., Wu J., Ma D., Lin J.D., Greenberg M.E., Spiegelman B.M. Exercise induces hippocampal BDNF through a PGC-1α/FNDC5 pathway. *Cell Metab.* 2013;18(5):649–659. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2013.09.008>
42. Zuo C., Yin Y., Zheng Z., Mu R., Liang Y., Wang S., Ye C. Unlocking the full potential of resistance training: a comparative analysis of low- and high-intensity effects on neurotrophic growth factors and homocysteine. *Discov. Appl. Sci.* 2025;7(2):108. <https://doi.org/10.1007/s42452-025-06521-4>
43. Mcleod J.C., Currier B.S., Lowisz C.V., Phillips S.M. The influence of resistance exercise training prescription variables on skeletal muscle mass, strength, and physical function in healthy adults: An umbrella review. *J. Sport Heal. Sci.* 2024;13(1):47–60. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2023.06.005>
- Information about the authors:**
- Ayubi Novadri***, 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/0000-0002-5196-6636> (novadriayubi@unesa.ac.id)
- Wibawa Junian Cahyanto**, M.Kes., Lecturer, Department of Physical Education, Health and Recreation, STKIP PGRI Trenggalek, Jl. Supriyadi str., 22, Trenggalek, Jawa Timur, 66319, Indonesia. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2597-5350> (juniancahyanto96@stkipgritenggalek.ac.id)
- Vega Marea Sceisarriya**, M.Ed., Lecturer, Department of Physical Education, Health and Recreation, STKIP PGRI Trenggalek, Jl. Supriyadi str., 22, Trenggalek, Jawa Timur, 66319, Indonesia. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8792-6408> (vegamarea@gmail.com)
- Procopio B. Dafun Jr.**, M.Ed., Lecturer, Department of Physical Education, Mariano Marcos State University Quiling str., 16, Batac, Ilocos Norte, 2906, Philippines. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4249-6126> (pbdfun@mmsu.edu.ph)

Информация об авторах:

Аюби Новадри*, доктор, преподаватель и научный сотрудник кафедры физического воспитания, здравоохранения и отдыха, Университет Негери Сурабая, Jl. Лиди Ветан, Джава Тимур, Сурабая, 60213, Индонезия. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5196-6636> (novadriayubi@unesa.ac.id)

Вибава Джуниан Кахьянто, М.Кес., преподаватель кафедры физического воспитания, здравоохранения и отдыха, STKIP PGRI Тренгальек, младший. ул. Суприяди, 22, Тренгальек, Джава Тимур, 66319, Индонезия. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2597-5350> (juniancahyanto96@stkipgritenggalek.ac.id)

Вера Марета Сцеисаррия, магистр педагогических наук, преподаватель кафедры физического воспитания, здравоохранения и отдыха, STKIP PGRI Тренгальек, младший. ул. Суприяди, 22, Тренгальек, Джава Тимур, 66319, Индонезия. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8792-6408> (vegamarea@gmail.com)

Прокопио Б. Дафун младший, магистр педагогических наук, преподаватель кафедры физического воспитания, Государственный университет Мариано Маркоса, ул. Куилинг, 16, Батак, Северный Илокос, 2906, Филиппины. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4249-6126> (pbdfun@mmsu.edu.ph)

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.3.6>

УДК: 616.831-006.2-001.48-053.2+796

Тип статьи: Клинический случай / Clinical Cases



Случай разрыва арахноидальной кисты головного мозга у ребенка в результате спортивной травмы

И.И. Ларькин^{1*}, В.И. Ларькин¹, Р.П. Коваль², В.В. Мишкин¹, Т.А. Морозова¹¹ ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России, Омск, Россия² БУЗОО «Городская детская клиническая больница № 3», Омск, Россия

РЕЗЮМЕ

Вопрос допуска к занятиям спортом и соревнованиям детей с аномалиями развития центральной нервной системы (ЦНС) сохраняет актуальность в наше время. В части случаев решение о допуске принимают врачи общей практики, не владеющие информацией о специфике того или другого вида спорта. Часто аномалии мозга не имеют специфической клинической картины и случайно выявляются при выполнении магнитно-резонансной томографии (МРТ) или компьютерной томографии (КТ) головного мозга либо осложняют течение травмы. Арахноидальные кисты (АК) встречаются в 1 % всех МРТ (КТ) исследований. Одним из возможных осложнений, связанных с наличием АК, может быть ее разрыв при получении травмы головы или падении. Вопрос критериев допуска детей с АК к занятиям спортом и соревнованиям до настоящего времени не решен, что является особенно актуальным для видов спорта с повышенным риском получения травм головы. Необычность представленного случая состоит в том, что пациент принимал участие в соревнованиях, имея кровоизлияние в арахноидальную кисту, при этом окружающие не увидели признаков неблагополучия.

Цель исследования: представление клинического случая необычного разрыва АК у юного боксера вследствие травмы головы.**Материалы и методы.** Описан случай необычного разрыва АК после травмы головы, полученной на соревнованиях. Представлены клинические данные и результаты лучевых методов исследования.**Заключение.** Данный случай иллюстрирует целесообразность более полного обследования молодых спортсменов перед и в ходе соревнований, особенно в видах спорта, связанных с повышенной травмоопасностью, с включением в обследование МРТ (КТ) головного мозга, и выработку четких критериев для допуска и не допуска к занятиям и состязаниям.**Ключевые слова:** черепно-мозговая травма, арахноидальная киста, спортивная травма**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**Для цитирования:** Ларькин И.И., Ларькин В.И., Коваль Р.П., Мишкин В.В., Морозова Т.А. Случай разрыва арахноидальной кисты головного мозга у ребенка в результате спортивной травмы. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2025;15(3):44–51. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.3.6>**Поступила в редакцию:** 17.06.2025**Принята к публикации:** 05.11.2025**Online first:** 26.12.2025**Опубликована:** 29.12.2025*** Автор, ответственный за переписку**

Case arachnoid cyst rupture of the brain in a child as a result of a sports injury

Igor I. Larkin^{1,*}, Valery I. Larkin¹, Ruslan P. Koval², Vladislav V. Mishkin¹, Tatyana A. Morozova¹

¹Omsk State Medical University, Omsk, Russia

²Regional Pediatric Clinical Hospital №3, Omsk, Russia

ABSTRACT

The issue of admission to sports and competitions for children with CNS developmental abnormalities remains relevant in our time. In some cases, general practitioners who do not know the «specifics» of a particular sport make the decision on admission. Brain abnormalities often do not have a specific clinical picture and are detected “accidentally” during an MRI (CT) scan of the brain, or complicate the course of injury. Arachnoid cysts (AK) occur in 1% of all MRI (CT) examinations. One of the possible complications of the clinical course of AK may be its rupture during a head injury or fall. The development of criteria for the admission of children to sports and competitions has not yet been resolved, especially for sports with increased risk of injury.

The purpose of the study: presentation of a clinical case of an unusual rupture of the AK in a young boxer due to a head injury.

Materials and methods: a case of an unusual rupture of the AK after a head injury sustained at a competition is described. The results of clinical and radiation studies are presented.

Conclusion: This case illustrates the expediency of a more complete examination of young athletes before and during competitions, especially in sports associated with “increased” injury risk, with the inclusion of MRI (CT) of the brain in the examination, and the development of clear criteria for admission and non-admission to classes and competitions.

Keywords: traumatic brain injury, arachnoid cyst, children, sports injury

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

For citation: Larkin I.I., Larkin V.I., Koval R.P., Mishkin V.V., Morozova T.A. Case arachnoid cyst rupture of the brain in a child as a result of a sports injury. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2025;15(3):44–51. (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.3.6>

Received: 17 June 2025

Accepted: 5 November 2025

Online first: 26 December 2025

Published: 29 December 2025

*Corresponding author

1. Введение

В научной литературе до сих пор отсутствуют точные данные о частоте пороков и аномалий головного мозга. Так, аномалия Арнольда — Киари встречается у 1 из 100 детей, гипоплазия (аплазия) мозолистого тела — у 1–7 человек на 10 000 населения. Арахноидальные кисты (АК) занимают около 1% всех объемных внутричерепных образований [1, 2]. Наиболее частыми их локализациями являются средняя и задняя черепные ямки (45,8 и 25% соответственно). Почти в четверти случаев эти кисты локализуются в нескольких долях. При этом среди оперированных детей в 90% случаев эти кисты локализуются в височной доле (90%). Чаще всего в отношении АК используется классификация, предложенная Галасси, и ее модификации [3, 4]. Достаточно часто АК протекает бессимптомно и является случайной находкой при проведении нейросонографии или МРТ [5]. Одним из возможных осложнений клинического течения АК может быть разрыв кисты [6, 7]. Перед врачами общей практики часто становится вопрос о допуске спортсменов с наличием аномалий развития головного мозга к соревнованиям и занятиям, что является трудной медицинской и юридической задачей.

Цель исследования: представление клинического случая необычного разрыва АК у юного боксера вследствие травмы головы.

2. Материалы и методы

В представленном клиническом случае описан необычный разрыв АК после травмы головы, полученной на соревнованиях.

Пациент А., 12 лет, 20.10.2024 г. поступил в реанимационное отделение БУЗОО ГДКБ № 3 г. Омска по неотложной помощи. Пострадавший был доставлен санавиацией из одной из районных больниц после получения травмы на соревнованиях по боксу, которые продолжались несколько дней. После окончания очередного боя спортсмен потерял сознание, и у него возник генерализованный судорожный пароксизм.

При поступлении в реанимационное отделение пострадавший находился в сопоре, оценка по шкале Глазго составляла 8 баллов. Рост 165 см, вес 50 кг. Индекс массы тела 18,37. Со стороны внутренних органов — без особенностей. Неврологический статус: менингиальные знаки отсутствовали, глазные щели $D = S$, зрачки $S = D$. Фотореакция была живой, за предметами не следил, иногда открывал глаза, кратковременно фиксируя взор. Глазные яблоки были плавающими, лицо симметрично, язык не мог показать из-за тяжести состояния. Сухожильные рефлексы $D = S$, симптом Бабинского отрицательный с двух сторон. По данным мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) головы при поступлении (рис. 1) признаков костно-травматической



Рис. 1. МСКТ головы пациента при поступлении. В веществе левой височной доли очаг повышенной плотности (58 ед. Н), размером 5 × 5 мм, окруженный зоной пониженной плотности (27–30 ед. Н) 35 × 35 мм, без четких контуров. В субарахноидальном пространстве левого полушария содержимое повышенной плотности (45–57 ед. Н). Срединные структуры мозга смещены на 1,5 мм вправо. Выявленная изоденсная зона трактовалась как зона ушиба (стрелка)

Fig. 1. The result of CT examination of patient A upon admission. There is a focus of increased density in the substance of the left temporal lobe (58 units H), 5 × 5 mm in size, surrounded by a low-density zone (27–30 units H) 35 × 35 mm, without clear contours. In the subarachnoid space of the left hemisphere, the contents are of increased density (45–57 units). The median structures of the brain are shifted 1.5 mm to the right. The identified «isodense» zone was interpreted bruise zone (arrow)

патологии не было, имелись очаги контузии с геморрагическим пропитыванием в веществе левой височной доли, субарахноидальное кровоизлияние в левом полушарии с преимущественной локализацией в теменной доле, смещение срединных структур головного мозга слева направо до 1,5 мм.

Учитывая результаты клинико-инструментального обследования, у пациента были диагностированы закрытая черепно-мозговая травма, ушиб головного мозга с формированием контузионного очага с геморрагическим пропитыванием в левой височной области, субарахноидальное кровоизлияние.

В течение четырех дней после госпитализации отмечалась положительная динамика в виде регресса общемозгового синдрома. 24.10.2024 г. после перевода в неврологическое отделение с сохраняющимися

признаками умеренного оглушения (оценка по шкале Глазго — 13 баллов), нарушением ориентации в месте и времени было отмечено ухудшение состояния, которое проявилось в углублении нарушения уровня сознания до глубокого оглушения (оценка по шкале Глазго — 10 баллов) и нарастании общемозгового синдрома, урежении частоты сердечных сокращений до 48–52 в минуту. Команды выполнял с трудом, отмечалась сонливость, менингиальные знаки отсутствовали. Глазные щели D = S, зрачки S = D. Фотореакция оставалась живой, отмечался горизонтальный нистагм. Лицо было симметричным, язык по центру. Сухожильные рефлексы D = S, брюшные рефлексы равные, симптом Бабинского отрицательный, парезов не было. В связи с ухудшением состояния повторно выполнена МСКТ головы (рис. 2), при интерпретации данных которого

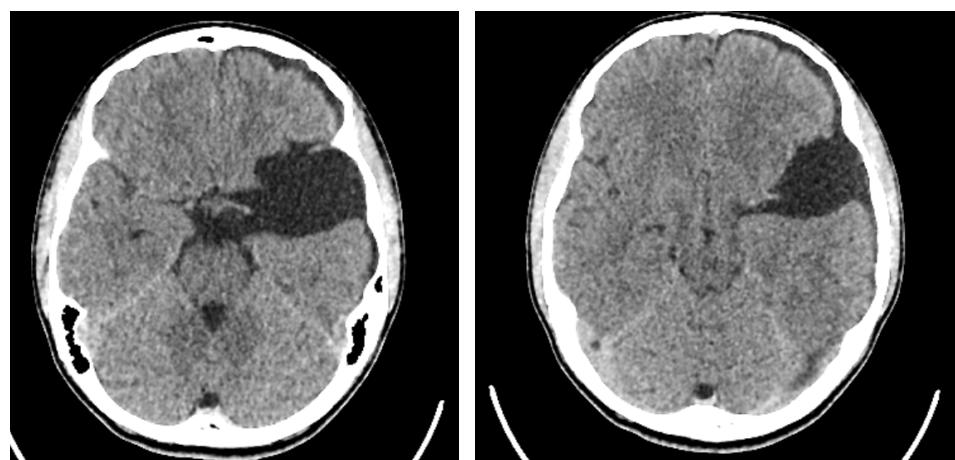


Рис. 2. Повторное МСКТ головы пациента на 4-е сутки после полученной черепно-мозговой травмы. Выявлены признаки разрыва АК с формированием субдуральной гидромы, смещением срединных структур до 5 мм

Fig. 2. The result of repeated CT examination of patient A on the 4th day after the traumatic brain injury. Signs of rupture of the AC with the formation of subdural hydroma, displacement of median structures up to 5 mm were revealed

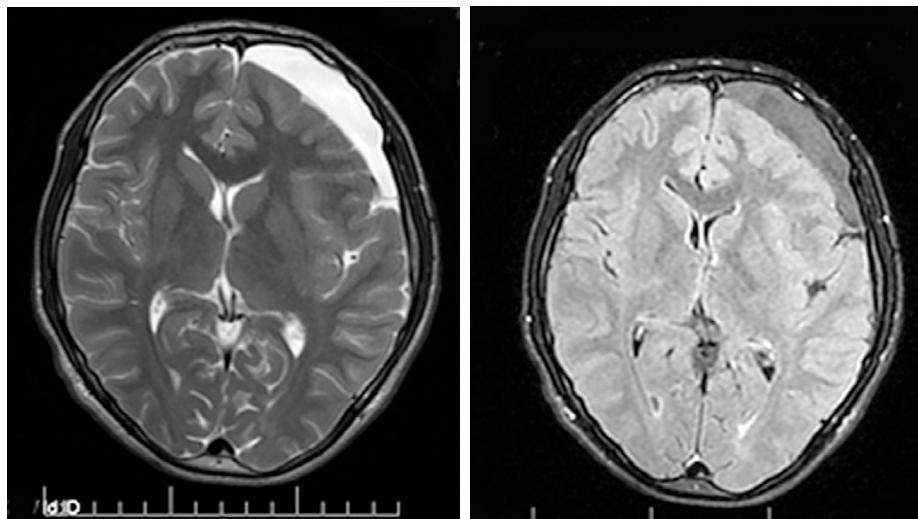


Рис. 3. МРТ головы пациента через 3 недели после оперативного вмешательства: АК не визуализируется, но сохраняется скопление жидкости в субарахноидальном пространстве

Fig. 3. The result of MPT examination of patient A. 3 weeks after surgery. AK is not visualized, but the subarachnoid component remains

была выявлена арахноидальная киста (по классификации Галасси — 3-й тип) с разрывом в субдуральное пространство и нарастание дислокации срединных структур мозга. При первичном исследовании АК не была распознана, это связано с тем, что кровь на 10–14-е сутки приобретает плотность, схожую с плотностью мозга (изоденсная фаза) и диагностика кровоизлияния в эти сроки затруднена. Результаты исследования свидетельствуют о том, что кровоизлияние в АК произошло до соревнования.

Учитывая клиническую картину и данные клинико-инструментального обследования, пациенту в экстренном порядке было выполнено оперативное лечение: наложение трефинационного отверстия, лаваж, наружное дренирование кисты. Послеоперационный период протекал без осложнений, дренаж был удален на 10-е сутки. В послеоперационном периоде отмечался регресс общемозговых симптомов. При выполнении повторной МСКТ головы отмечено субдуральное скопление ликвора в субдуральном пространстве (рис. 3). Пациент жалоб не предъявлял, очаговой неврологической симптоматики не было. При осмотре глазного дна отсутствовали признаки внутричерепной гипертензии. Родители от повторного дренирования отказались. Пациент отпущен домой с рекомендацией дальнейшего наблюдения в поликлинике по месту жительства.

В июле 2025 г. пациент госпитализирован для повторного обследования. Жалоб при поступлении не предъявляет. Со стороны внутренних органов — без патологии. Неврологический статус: сознание ясное, по шкале ком Глазго — 15 баллов. Менингиальных знаков нет. Глазные щели $S = D$, зрачки $S = D$, реакция на свет живая, движение глазных яблок в полном объеме. Лицо симметрично. Легкая девиация языка влево. Тонус мышц физиологический. Парезов нет, сила мышц — 5 баллов. Сухожильные рефлексы $S = D$. Патологических знаков нет. Нарушений

чувствительности не выявлено. Координационные пробы выполняет уверенно. В левой височной области послеоперационный рубец окрепший, без признаков воспаления. Проведено МРТ-исследование.

Осмотрен нейроофтальмологом: признаков внутричерепной гипертензии на глазном дне не обнаружено. С учетом отсутствия очаговых симптомов, а также признаков внутричерепной гипертензии проведен курс консервативной терапии. Выписан в удовлетворительном состоянии на амбулаторное лечение.

Детям, перенесшим тяжелую черепно-мозговую травму, не рекомендуют занятие спортом и физкультурой в течение 12 месяцев, решение о допуске к занятиям будет принято коллегиально, после дополнительного дообследования с учетом возможной динамики, а также настроя юного спортсмена и его родителей.

3. Обсуждение

Диагностика АК при своевременном применении методов нейровизуализации в настоящее время не представляет сложностей. По данным Massimi et al., при проведении скрининговой нейросонографии АК выявлялась на первом году жизни у 20,8 % детей без каких-либо жалоб. В более старшем возрасте в 69,4 % случаев у пациентов с АК отмечались различные жалобы, что послужило причиной проведения МРТ, у 30,6 % АК оказались случайной находкой. При этом 9,7 % детей обследовались по причине травмы головы [5].

По данным Ochi et al. (1996), риск разрыва АК составляет 0,04 % и возрастает от 10 до 55 % у пациентов, у которых АК локализуется в боковой щели мозга [5, 8].

Большая склонность к разрывам отмечается в детском возрасте. Разрыв АК может произойти в результате удара кисты об ипсолатеральное крыло клиновидной кости или в результате травматической силы, действующей на кисту из-за истонченной височной кости.

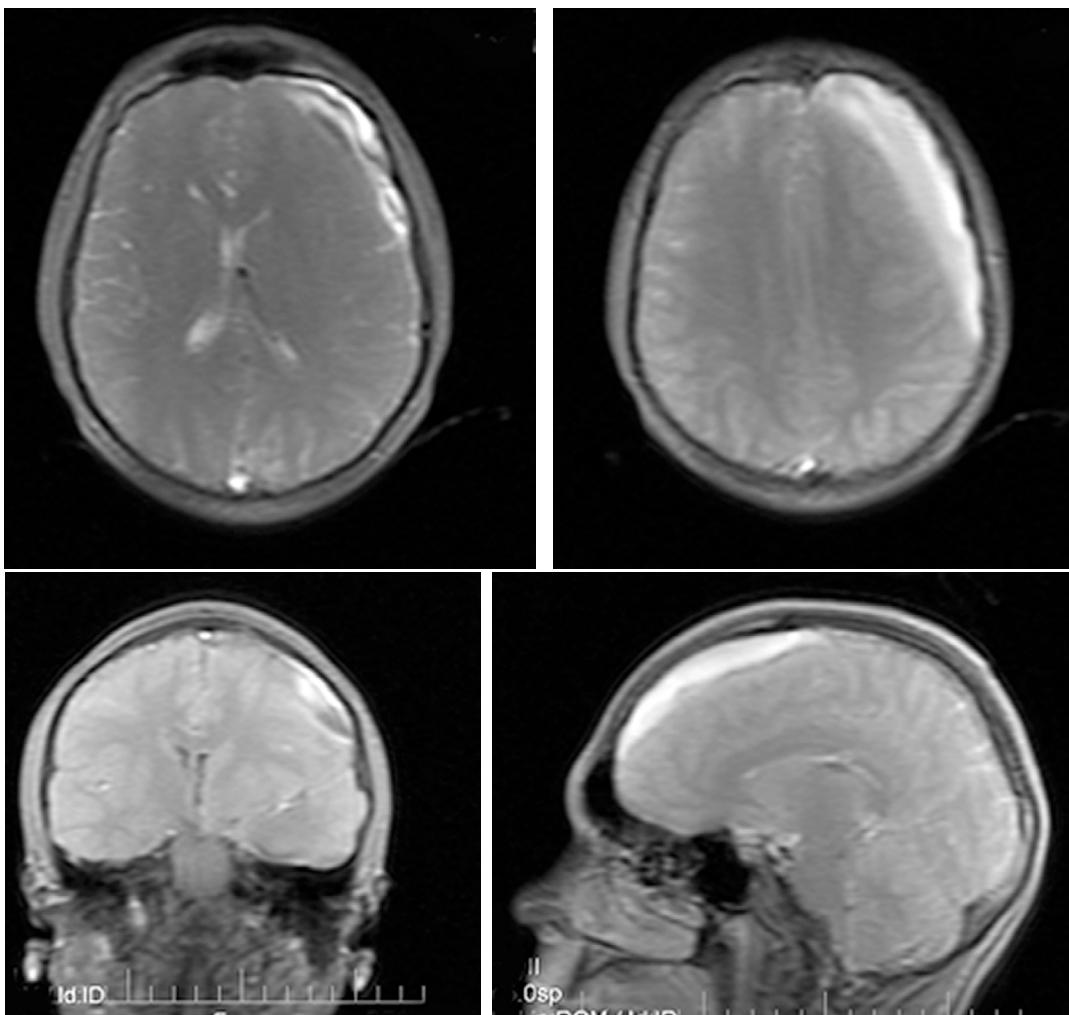


Рис. 4. Результат МРТ-исследования (8 месяцев после травмы). МРТ-признаки субдурального скопления левой лобно-теменной области, сообщающегося с арахноидальной кистой полюса височной доли левого полушария, гипоплазии вещества полюса левой височной доли, дислокации срединных структур.

Fig. 4. MRI results (8 months post-injury). MRI reveals a subdural mass in the left frontoparietal region communicating with an arachnoid cyst in the left temporal lobe pole, hypoplasia of the left temporal lobe pole, and dislocations among structures.

Источниками кровотечения могут быть мостовидные вены, пересекающие наружную и внутреннюю поверхности кисты, дополнительные аномальные сосуды либо сосуды в месте сращения АК и твердой мозговой оболочки. Часто травма возникает в результате занятий спортом (падение, удар в голову). В единичных случаях могут возникнуть сложности с распознаванием причин кровоизлияния. В нашем случае трудности объясняются изоденсной фазой кровоизлияния вследствие относительно позднего обращения в стационар.

Результаты исследований показывают, что кисты Галасси типа II (24,5 %) и типа III (16 %) чаще подвергаются разрыву, чем кисты Галасси типа I (10 %), АК более 5 см в диаметре имеют более высокий риск разрыва [8, 9].

К нетравматическим причинам относятся кашель, выполнение физических упражнений. Описаны случаи спонтанного разрыва. Среди всех возрастных групп пик риска разрыва приходится на 10–19 лет; однако разрывы продолжают происходить на протяжении всей взрослой

жизни, хотя и с тенденцией к уменьшению с возрастом. Часто АК выявляются случайно у детей при МРТ-исследовании. В литературе чаще представлено описание отдельных клинических случаев или небольших серий наблюдений. Три группы исследователей представили анализ более 30 случаев разрывов АК [3, 10, 11]. В большинстве случаев пациентов с разрывами АК лечили оперативно (83,6 %) — проводился лаваж и дренирование АК.

Консервативное лечение имеет временный эффект и, как правило, в сроки до 2 месяцев у пациентов нарастают клинические признаки, связанные с АК [12, 13, 14]. В относительно редких случаях после травмы отмечалось исчезновение АК, что связывают с возможностью фенестрации кисты в субарахноидальные цистерны или дренированием в субдуральное пространство [15]. Наибольшую вероятность к исчезнованию или уменьшению АК после травмы имеют кисты по классификации Галасси I и II [4].

В настоящее время большинство исследователей сходится во мнении, что АК, протекающие бессимптомно, не требуют оперативного лечения, в том числе и у пациентов, занимающихся спортом [16, 17, 18]. Хирургическому лечению подвергаются АК, обладающие масс-эффектом, — компримирующие прилежащие структуры мозга. Приоритет за эндоскопическими методами лечения, направленными на внутреннее дренирование АК и снижение давления внутри АК. В доступной литературе отсутствуют сведения о кровоизлияниях в АК после хирургического лечения. Однако проведенные эндоскопические операции снижают, но не исключают полностью вероятность кровоизлияния в связи с неустранимостью потенциальных источников кровотечения. Метод хирургического лечения АК с кровоизлиянием в настоящее время достаточно разработан, все специалисты согласны с этапным лечением: на первом этапе проводится наружное дренирование до санации ликвора, на втором при необходимости выполняется эндоскопическое дренирование АК.

По мнению Hall S. (2019), пациентов, занимающихся спортом, и их родителей, необходимо правильно информировать о возможном риске разрыва АК и наблюдать по специальным протоколам, адаптированным к характеристикам и возрасту пациентов [19]. Участие этой подгруппы пациентов в занятиях спортом остается дискуссионным, поскольку некоторые авторы советуют ограничить его из-за предрасположенности спортсменов к травмам [3]. Пациенты с выявленными АК должны наблюдаться неврологами и при необходимости — нейрохирургами.

4. Заключение

Представленный клинический случай интересен по нескольким причинам: аномалия развития головного мозга выявлена только после травмы и были трудности с ее обнаружением. При первичном КТ АК не была выявлена, так как она была заполнена кровью (изоденсная

Вклад авторов:

Ларькин И.И. — концепция, написание первой версии текста, анализ литературных данных.

Ларькин В.И. — концепция, написание, редактирование текста.

Коваль Р.П. — курация пациента в БУЗОО ГДКБ № 3.

Мишкун В.В. — курация пациента, написание первой версии текста.

Морозова Т.А. — сбор и анализ литературных данных.

Список литературы / Referens

1. Tamburrini G., Del Fabbro M., Di Rocco C. Sylvian fissure arachnoid cysts: a survey on their diagnostic workout and practical management. *Childs Nerv. Syst.* 2008;24(5):593–604. <https://doi.org/10.1007/s00381-008-0585-9>
2. Young-II R., Hee-Jung C., Eun-Sook S., Kon-Hee L., Baik-Lin E., Sang-Ook N., Won-Seop K., So-Hee E., Young-Ok K.

фаза, когда кровь меняет свои свойства и не всегда выявляется на КТ; данная фаза соответствует 10–14-му дню после полученной травмы). Это означает, что спортсмен вышел на ринг, имея кровоизлияние в АК, которое не было распознано, что объясняется анатомофункциональными особенностями и значительными компенсаторными возможностями в детском возрасте. Ухудшение состояния и нарастание неврологической симптоматики на 4-е сутки связано с нарастанием клиники отека мозга и расширением режима пациента. Имеются объективные сложности при оценке степени тяжести такой травмы, сроков лечения и ограничении дальнейших занятий спортом. Есть ли возможность избежать подобных травм? Считаем рациональным обязательное проведение МРТ-исследования головного мозга молодым спортсменам, занимающимся травмоопасными видами спорта. Решение о допуске к соревнованиям (в случае обнаружении АК) должно приниматься коллегиально, с привлечением всех заинтересованных сторон (врачей, родителей, тренера), это позволит уменьшить субъективизм при выносе решения (врачи-клиницисты не всегда имеют необходимые знания о специфике тренировок и соревновательного процесса). Важная часть юридическая — родители должны понимать опасность получения повторной травмы, что должно оформляться соответствующим образом. В более широком смысле было бы желательно иметь рекомендации (по типу имеющихся в настоящее время клинических), в которых были бы отражены противопоказания для каждого вида спорта. Разработка такого вида рекомендаций предполагает привлечение широкого круга специалистов, что позволит принимать более взвешенные решения о допуске и недопуске к занятиям спортом.

Мы считаем, опираясь на представленный случай, клинический опыт и данные литературы, что необходимо запретить на занятия травмоопасными видами спорта детям с АК более 5 см в диаметре по классификации Галасси II и III тип.

Authors' contributions:

Igor I. Larkin — concept, writing of the first draft, analysis of literary data.

Valery I. Larkin — concept, writing, editing of the text.

Ruslan P. Koval — patient management.

Vladislav V. Mishkin — patient management, writing of the first version of the text.

Tatyana A. Morozova — collection and analysis of literary data.

The Role of Neuroimaging in Children and Adolescents With Recurrent Headaches. *Headache.* 2011;51(3):403–408. <https://doi.org/10.1111/j.1526-4610.2011.01845.x>

3. Amelot A., Beccaria K., Blauwblomme T., Bourgeois M., Paternoster G., Cuny M.L., Zerah M., Sainte-Rose C., Puget S. Microsurgical, endoscopic, and shunt management of pediatric tempo-rosylvian arachnoid cysts: a comparative study. *J. Neurosurg. Pediatr.* 2019;23(6):749–757. <https://doi.org/10.3171/2018.12.PEDS18484>

4. Tomita T., Kwasnicki A.M., McGuire L.S., Dipatri A.J. Temporal sylvian fissure arachnoid cyst in children: treatment outcome following microsurgical cyst fenestration with special emphasis on cyst reduction and subdural collection. *Childs Nerv. Syst.* 2023;39(1):127–139. <https://doi.org/10.1007/s00381-022-05719-w>

5. Massimi L., Bianchi F., Benato A., Frassanito P., Tamburini G. Ruptured Sylvian arachnoid cysts: an update on a real problem. *Child Nerv. Syst.* 2023;39(1):93–119. <https://doi.org/10.1007/s00381-022-05685-3>

6. Ларькин В.И., Ларькин И.И., Долженко Д.А., Новокшонов А.В. Лечение арахноидальных кист, осложненных кровоизлиянием вследствие черепно-мозговой травмы. *Политеатра. 2020;(4):30–34.* [Larkin V.I., Larkin I.I., Dolzhenko D.A., Novokshonov A.V. Treatment of arachnoid cysts complicated by hemorrhage due to traumatic. *Polytrauma. 2020;(4):30–34.* (In Russ.)].

7. Лившиц М.И., Чмутин Г.Е., Смолянкина Е.И., Левов А.В., Чигибаев М.Ж. Клинический случай формирования острой субдуральной гигромы на фоне спонтанного разрыва арахноидальной кисты сильвиевой щели у ребёнка. *Детская хирургия. 2021;25(1S):50.* [Livshits M.I., Chmutin G.E., Smolyankina E.I., Levov A.V., Chigibaev M.Zh. A clinical case of the formation of acute subdural hygroma on the background of spontaneous rupture of the arachnoid cyst of the Sylvian fissure in a child. *Russian Journal of Pediatric Surgery. 2021;25(1S):50.* (In Russ.)].

8. Wester K. Intracranial arachnoid cysts – do they impair mental functions? *J. Neurol.* 2008;255(8):1113–1120. <https://doi.org/10.1007/s00415-008-0011-y>

9. Eustace S., Toland J., Stack J. CT and MRI of arachnoid cyst with complicating intracystic and subdural haemorrhage. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 1992;16(6):995–997. <https://doi.org/10.1097/00004728-199211000-00034>

10. Mao X., Xu L., Liu W., Hao S., Liu B. Local skull thinning is one of risks for the ruptured arachnoid cysts with chronic subdural hematoma in adults: thirty-two clinical reports. *J. Craniofac. Surg.* 2022;33(2):102–105. <https://doi.org/10.1097/SCS.00000000000007957>

11. Sprung C., Armbruster B., Koeppen D., Cabraja M. Arachnoid cysts of the middle cranial fossa accompanied by subdural effusions—experience with 60 consecutive cases. *Acta Neurochir. (Wien).* 2011;153(1):75–84. <https://doi.org/10.1007/s00701-010-0820-5>

Информация об авторах:

Ларькин Игорь Иванович*, д.м.н., доцент, профессор кафедры неврологии и нейрохирургии с курсом ДПО ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России, Россия, Омск, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9872-9881>, SPIN-код: 1099-9439 (larkinomsk@mail.ru)

Ларькин Валерий Иванович, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой неврологии и нейрохирургии с курсом ДПО ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России, Россия, Омск, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6856-5062>, SPIN-код: 1853-5643

Коваль Руслан Павлович, к.м.н., заведующий отделением детской нейрохирургии БУЗОО «Городская детская клиническая больница № 3», Россия, Омск, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3576-6618>

Мишкин Владислав Васильевич, к.м.н., доцент кафедры неврологии и нейрохирургии с курсом ДПО ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России, Россия, Омск, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5034-3357>

Морозова Татьяна Аркадьевна, к.м.н., доцент кафедры неврологии и нейрохирургии с курсом ДПО ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России, Россия, Омск, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7011-6080>, SPIN-код: 5273-5957

Information about the authors:

Igor I. Larkin*, M.D., Dr. Sci. (Medicine), Associate Professor, Professor of the Department of Neurology and Neurosurgery with a course in Advanced Medical Education at Omsk State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Omsk, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9872-9881>, SPIN code: 1099-9439 (larkinomsk@mail.ru)

Valery I. Larkin, M.D., Dr. Sci. (Medicine), Professor, Head of the Department of Neurology and Neurosurgery with a course of advanced medical Training at Omsk State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Omsk, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6856-5062>, SPIN code: 1853-5643

Ruslan P. Koval, Ph.D., (Medicine), Head of the Department of Pediatric Neurosurgery, City Children's Clinical Hospital No. 3, Omsk, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3576-6618>

Vladislav V. Mishkin, Ph.D., (Medicine), Associate Professor of the Department of Neurology and Neurosurgery with a course in Advanced Medical Education, Omsk State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, Omsk, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5034-3357>

Tatyana A. Morozova, Ph.D., (Medicine), Associate Professor of the Department of Neurology and Neurosurgery with a course in Advanced Medical Education at Omsk State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Omsk, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7011-6080>, SPIN code: 5273-5957

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.3.3>

УДК: 796.062

Тип статьи: Оригинальная статья / Original research



Организация научно-методического обеспечения подготовки спортсменов в США

T.B. Долматова*, Е.С. Акиншев

ФГБУ «Федеральный научный центр физической культуры и спорта» (ВНИИФК), Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: анализ институциональной структуры научно-методического обеспечения (НМО) подготовки спортсменов в США на примере деятельности основных организаций в области спортивной науки.

Материалы и методы: систематизация данных, структурный и сравнительный анализ материалов, документов, годовых и финансовых отчетов национальных общественных организаций, ответственных за НМО спорта в США.

Результаты. В ходе проведенного поиска систематизирована информация о действующих организациях в сфере научного обеспечения подготовки спортсменов в США, выявлены основные направления деятельности и подходы к финансированию программ научного обеспечения подготовки спортсменов. Установлено, что Национальный олимпийский и паралимпийский комитет США, а также Институт спортивной науки Национальной ассоциации студенческого спорта выступают ключевыми организациями в области НМО подготовки высококвалифицированных спортсменов. В то же время Международная ассоциация спортивных наук и Американский колледж спортивной медицины не занимаются спортивной наукой и научным обеспечением спорта, преимущественно осуществляя коммерческую образовательную деятельность по подготовке и повышению квалификации тренеров и фитнес-инструкторов, тогда как Ассоциация «SHAPE America» также не занимается научной поддержкой спорта высших достижений, уделяя основное внимание массовому спорту и физическому воспитанию, разрабатывая стандарты для учителей и обеспечивая пропаганду физической активности, ориентированной на общественное здравоохранение. Университеты также вовлечены в сферу научного обеспечения спорта в США, однако их разрозненное участие не способствует формированию единой базы научных знаний в сфере НМО подготовки спортсменов.

Заключение. В ходе анализа определены основные направления деятельности организаций в сфере научного обеспечения спорта в США, показана их функциональная роль в НМО подготовки высококвалифицированных спортсменов и внедрении научных разработок в процесс спортивной подготовки.

Ключевые слова: научное обеспечение, спортивная наука, спорт высших достижений, Национальный олимпийский и паралимпийский комитет США

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУ ФНЦ ВНИИФК № 777-00001-25-00 (код темы № 001-23/3).

Для цитирования: Долматова Т.В., Акиншев Е.С. Организация научно-методического обеспечения подготовки спортсменов в США. Спортивная медицина: наука и практика. 2025;15(3):52–61. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.3.3>

Поступила в редакцию: 04.10.25

Принята к публикации: 14.10.25

Online first: 19.12.2025

Опубликована: 29.12.2025

*Автор, ответственный за переписку

Organisation of scientific support to athletes in the United States of America

Tamara V. Dolmatova*, Evgeniy S. Akinshev

Federal Science Center of Physical Culture and Sport (VNIIFK), Moscow, Russia

ABSTRACT

Purpose of the study: to analyse the institutional structure of scientific and methodological support (SMS) for the training of athletes in the United States, based on the activities of major organisations in the field of sports science.

Methods: systematisation of data, structural and comparative analysis of materials, documents, annual and financial reports of national public organisations responsible for SMS in the United States.

Results. The search systematised information on existing organisations in the field of scientific support for athlete training in the United States and identified the main areas of activity and approaches to financing scientific support programmes for athlete training.

It was established that the US National Olympic and Paralympic Committees, as well as the NCAA Institute of Sports Science, are key organisations in the field of scientific support for elite athletes. Furthermore, the International Association of Sports Sciences and the American College of Sports Medicine are not involved in sports science and scientific support for sports, predominantly conducting commercial educational activity in the professional training and development of coaches and fitness instructors. Neither SHAPE America (formerly NASPE) is engaged in scientific support for elite sport — their focus is school and community physical education, teacher standards, and public health-oriented promotion of physical activity, rather than athlete training. Universities are also involved in the field of scientific support for sport in the United States, however their fragmented participation does not contribute to the formation of a unified base of scientific knowledge in the field of SMS training for athletes.

Conclusion. The analysis identified the main areas of activity of organizations in the field of scientific support for sport in the United States and demonstrated their functional role in the training of highly skilled athletes and the implementation of scientific developments in the process of sports training.

Keywords: scientific support, sports science, high-performance sport, United States Olympic and Paralympic Committee

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

Funding: The work was performed within the framework of the state assignment of the Federal State Budgetary Institution FNC VNIIFK No. 777-00001-25-00 (topic code No. 001-23/3).

For citation: Dolmatova T.V., Akinshev E.S. Organisation of scientific support to athletes in the United States of America. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2025;15(3):52–61. (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.3.3>

Received: 04 October 2025

Accepted: 14 October 2025

Online first: 19 December 2025

Published: 29 December 2025

*Corresponding author

1. Введение

Вопросы специфики американской модели регулирования в сфере спорта традиционно широко обсуждаются отечественными учеными (И. В. Понкин, А. А. Соловьев, В. Н. Платонов, С. Б. Репкини др.) в контексте развития как сферы массового спорта, так и спорта высших достижений [1–4]. Между тем значительно меньшее количество работ посвящено изучению научного обеспечения спорта в Соединенных Штатах Америки (США), что представляется актуальным направлением исследования, особенно в преддверии подготовки и проведения в этой стране в 2028 году Игр XXXIV Олимпиады. Аспекты научно-методического обеспечения (НМО) подготовки спортсменов в зарубежных странах, в т. ч. и в США, рассматривались в работах А. Г. Абаялина, Т. Г. Фомиченко, В. Н. Платонова, Т. В. Долматовой, А. В. Зубковой и др. [5–9]. Отдельные аспекты развития спорта в США изучались в работах зарубежных авторов (H. Fullagar, A. McCall, F. Impellizzeri, T. Favero, M. Green, B. Houlihan, E. Sparverio, H. Spencer, J. Scott, R. Woods и др.) [10–14]. Вместе с тем до настоящего времени

в отечественной научной литературе сохраняется дефицит исследований, о системе научного обеспечения спорта в США, а также деятельности ключевых организаций, обеспечивающих научное сопровождение подготовки американских элитных спортсменов и содействующих развитию спортивной науки.

В первую очередь это связано с тем, что в США отсутствует профильный орган власти (министрство, агентство, управление), ответственный за развитие сферы физической активности и спорта в рамках федерального правительства [15]. Отсутствие государственного подхода к развитию системы научного обеспечения во многом компенсируется деятельностью ряда национальных общественных организаций (в том числе коммерческих), а также университетов, которые заполняют данный пробел в части как реализации программ НМО подготовки спортсменов, так и выполнении других услуг по развитию сферы спорта (например, по подготовке тренерских кадров). Кроме того, следует отметить, что для обозначения научно-методического сопровождения процесса подготовки спортсменов в США

принято использовать термин «научное обеспечение» (scientific support). Однако ввиду того что в отечественной науке принято употреблять устоявшееся понятие «научно-методическое обеспечение (НМО)», в тексте данной статьи мы будем использовать оба указанных термина.

Целью настоящего исследования является анализ институциональной структуры научного обеспечения спорта в США на примере деятельности Национального олимпийского и паралимпийского комитета (НОПК) США, Института спортивной науки при Национальной ассоциации студенческого спорта, Ассоциации «SHAPE America», Международной ассоциации спортивных наук и Американского колледжа спортивной медицины, а также университетов США.

2. Материалы и методы исследования

В рамках данной статьи применялся институциональный подход к исследованию системы организаций, задействованных в развитии спортивной науки в США, с использованием метода структурного анализа и обобщения. Анализ проводился на основе изучения официальных документов, программ, отчетов и материалов с официальных сайтов НОПК США, Института спортивной науки при Национальной ассоциации студенческого спорта США, Ассоциации «SHAPE America» и иных организаций в США.

3. Результаты исследования и их обсуждение

В отличие от ряда других стран (Великобритании, Канады, Китая, Германии, Франции, Японии), в которых научным обеспечением подготовки спортсменов занимаются центральные государственные учреждения в виде научных институтов (Китай, Франция, ФРГ, Япония) или даже сети подобных научных учреждений (Великобритания, Канада), получающие государственное финансирование, развитие спортивной науки в США обеспечивается за счет частных источников без поддержки средств из федерального бюджета [8]. Научным обеспечением подготовки спортсменов в США занимается непосредственно Национальный олимпийский и паралимпийский комитет США, а также Институт спортивной науки, созданный при Национальной ассоциации студенческого спорта США. В стране также действуют профильные исследовательские лаборатории, тестирующие уровень подготовленности спортсменов при университетах, а также общественные организации — Ассоциация «SHAPE America», Международная ассоциация в области спортивных наук и Американский колледж спортивной медицины. Однако, несмотря на заявленные названия, две последние структуры нельзя отнести к организациям в области спортивной науки — обе организации преимущественно занимаются коммерческой деятельностью в виде организации и проведения разнообразных программ повышения квалификации, предназначенных для инструкторов и тренеров

по спорту и фитнес-тренеров [6]. Вместе с тем деятельность данных организаций будет также рассмотрена в данной статье в целях формирования общего видения в части реализации научного обеспечения в спорте США.

Национальный олимпийский и паралимпийский комитет США

Национальный олимпийский и паралимпийский комитет США (НОПК США) наряду с другими аспектами спорта высших достижений курирует развитие спортивной науки и научного обеспечения спорта в стране, а также предоставляет ведущим американским тренерам и спортсменам специализированные, прикладные научные и технологические решения. Специалисты в области спортивного питания, физиологии, силовой и физической подготовки, психологии и инновационных технологий работают в рамках Отдела спортивных достижений НОПК США (The USOPC's sport performance division) и тесно взаимодействуют с национальными спортивными федерациями, предлагая комплексные программы поддержки подготовки спортсменов. Для участия в данных программах федерации обязаны разработать план спортивных достижений: чем подробнее план, тем выше шансы на доступ к программам, ресурсам и услугам НОПК США. Необходимо отметить, что виды спорта разделены на пять категорий — за каждую отвечает специализированная команда экспертов отдела спортивных достижений. Данный подход обеспечивает обмен опытом между специалистами различных видов спорта и повышает эффективность программ, а также шансы на международный успех.

Так, например, команда специалистов по спортивному питанию использует научные данные с целью повышения результативности и укрепления здоровья спортсменов, разрабатывает индивидуальные рекомендации по питанию, гидратации и восстановлению, сопровождает сборные команды и взаимодействует с психологами, тренерами и медицинскими специалистами для комплексной поддержки. Команда специалистов по спортивной физиологии анализирует влияние нагрузок на кардиореспираторные, метаболические и опорно-двигательные показатели, проводит тестирование и индивидуальные тренировки и предоставляет тренерам рекомендации для корректировки планов. Специалисты по силовой и физической подготовке разрабатывают научные протоколы с учетом вида спорта и индивидуальных потребностей, закрепляют за каждым спортсменом ответственного специалиста для профилактики травм и контроля эффективности и совместно с тренерами формируют программы развития силы, скорости и гибкости. Психологическая служба обеспечивает поддержку психического здоровья и когнитивной работоспособности, при этом психологи доступны спортсменам круглосуточно, как в онлайн-формате, так и очно. Команда специалистов в области спортивных

технологий предоставляет данные, аналитику и образовательные услуги федерациям, тренерам и спортсменам, чтобы помочь им принимать взвешенные решения о корректировке тренировочного и соревновательного процесса с целью повышения результативности [16].

Ввиду того что спорт высших достижений в США не получает прямой государственной поддержки, в 2017 г. с целью внедрения передовых технологических решений по инициативе НОПК США был создан специальный фонд «Технологии и инновации в спорте». Его соучредителями выступили НОПК США и венчурные инвесторы Марк Стивенс (Mark Stevens) и Джейф Янг (Geoff Yang). Целью этого фонда являлась поддержка проектов для подготовки к Олимпийским и Паралимпийским играм 2020 и 2022 гг., а также к последующим Олимпийским играм [17]. Фонд работает с широким спектром технологий, включая искусственный интеллект, машинное обучение, интеллектуальный анализ данных, радарные технологии, а также занимается совершенствованием тренировочных планов, основанных на мониторинге состояния здоровья и медицинских показателей. Помимо прочего Фонд финансирует научные исследования и различные стартапы: в 2023 г. для этих целей Фонд выделил федерациям 721 тысячу долларов [18]. Тем не менее актуальные данные о деятельности Фонда после 2023 г. не представлены в открытом доступе.

Научно-исследовательская деятельность НОПК США также ведется на базе двух национальных олимпийских и паралимпийских центров подготовки — в городах Колорадо-Спрингс и Лейк-Плэсид.

Олимпийский и паралимпийский центр спортивной подготовки в Колорадо-Спрингс

Олимпийский и паралимпийский центр спортивной подготовки в Колорадо-Спрингс (далее — Центр), открытый в 1978 г., представляет собой тренировочную базу мирового уровня по подготовке сборных команд США по летним и зимним видам спорта. В среднем каждый год на базе Центра проводится 500 учебно-тренировочных сборов с участием около 15 000 спортсменов [19]. Центр располагает многопрофильными залами, стадионами, водным центром с 50-и 25-метровыми бассейнами, лыжными трассами, велодромом, крытым тиром и специализированными площадками, где установлено передовое оборудование для силовых и функциональных тренировок и технической подготовки спортсменов, а также их технической, тактической и психологической подготовки. В этом Центре на регулярной основе ведется подготовка спортсменов по боксу, велоспорту (олимпийскому и паралимпийскому), фигурному катанию, легкой атлетике и другим видам спорта.

В лаборатории повышения результативности спортсменов Центра (The Athlete Performance Zone) физиологи работают со спортсменами и тренерами сборной команды США. Спортсменам доступна «антигравитационные»

беговые дорожки для реабилитации и профилактики перетренированности и центр высотных тренировок с моделирование высот до 7300 метров, контролем температур (от -20 до +38 °C) и относительной влажности (от 5 до 100 %), что позволяет проводить гипоксические тренировки и обеспечивать предварительную акклиматизацию спортсменов к климатическим условиям места проведения предстоящих соревнований [20].

Центр действует клиника спортивной медицины, в которой работают высококвалифицированные врачи, физиотерапевты, мануальные терапевты и спортивные массажисты. Клиника оснащена оборудованием для проведения ультразвуковых исследований и функциональной диагностики, выполнения магнитно-резонансной томографии и двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии, 3D-анализа движений, реабилитационными тренажерами и тензометрическими платформами. Дополнительные возможности клиники включают кабинеты осмотра, отделения антропометрии и восстановления, гидротерапии и др. [21]. В Центре также функционируют научная лаборатория и исследовательские отделы, которые занимаются изучением физиологических, биомеханических и психологических аспектов спортивной подготовки, хронобиологической и климатогеографической адаптации, мотивации, стрессоустойчивости, психофизиологии питания и планированием перелетов спортсменов. Центр активно внедряет аналитические платформы для мониторинга состояния спортсменов в режиме реального времени и системы анализа движений, которые позволяют отслеживать прогресс подготовки спортсменов и корректировать тренировочные планы.

Олимпийский центр спортивной подготовки в Лейк-Плэсиде

Олимпийский и Паралимпийский тренировочный центр в Лейк-Плэсиде (штат Нью-Йорк) был открыт в 1982 г. с использованием инфраструктуры, оставшейся после зимних Олимпийских игр 1932 и 1980 гг. В составе Центра есть два ледовых комплекса, трамплины для прыжков на лыжах, горнолыжные трассы, комплекс для фристайла, велодром, водный центр и многопрофильные залы. Эти объекты при этом находятся в ведении Олимпийского регионального управления штата Нью-Йорк, а сотрудники Центра отвечают за техническое обслуживание, безопасность и настройку оборудования в соответствии с требованиями НОПК США [22]. В Центре ведется подготовка по зимним видам спорта, в том числе по биатлону, бобслею и скелетону, фигурному катанию, хоккею, санному спорту, горным лыжам, сноуборду и конькобежному спорту, а также проводятся сборы по ряду летних видов спорта. В Лейк-Плэсиде действует укомплектованная современным высокотехнологичным оборудованием клиника спортивной медицины, где со спортсменами работают врачи, физиотерапевты, мануальные терапевты, спортивные психологи

и массажисты. Примечательно, что в периоды высокой нагрузки для проведения обследований спортсменов привлекаются волонтеры из числа медицинских работников. Центр также обеспечивает комплексную подготовку высококвалифицированных спортсменов с учетом специфики видов спорта и индивидуальных потребностей с целью повышения результативности подготовки спортсменов [23]. Следует отметить, что информация о финансировании деятельности Отдела спортивных достижений НОПК США и двух Олимпийских центров спортивной подготовки в финансовых отчетах не указана, однако известно, что НОПК США не получает государственного финансирования, формируя свой бюджет за счет средств, направляемых от спонсоров, пожертвований, отчислений от продажи прав на телетрансляции спортивных соревнований и членских взносов.

Национальная ассоциация студенческого спорта США (National Collegiate Athletic Association, NCAA)

Помимо НОПК США научным обеспечением подготовки спортсменов в США занимается Институт спортивной науки (Sport Science Institute), который функционирует в структуре Национальной ассоциации студенческого спорта США (National Collegiate Athletic Association, NCAA). Институт спортивной науки был основан в 2013 г., и его основная задача — содействие физическому и ментальному развитию студентов-спортсменов и молодежи в целом, улучшение их здоровья и самочувствия, повышение условий безопасности во время занятий спортом, а также распространение лучших практик научного обеспечения в студенческом спорте. Институт организует и проводит исследования в области физической подготовки, спортивной медицины, психологии, питания и качества сна в учебных заведениях, а также занимается сбором и анализом данных о физическом и психическом здоровье студентов-спортсменов. По итогам исследований предлагаются научно обоснованные рекомендации для спортсменов, тренеров, администраторов и других специалистов, участвующих в процессе спортивной подготовки. Институт также разрабатывает рекомендации и методические ресурсы по поддержке как физического, так и ментального здоровья учащихся-спортсменов [24]. Отдельное внимание уделяется борьбе с допингом и употреблением психоактивных веществ. Совместно с Национальным центром по борьбе с допингом Институт реализует круглогодичные программы тестирования: на проведение допинг-тестов и превентивных мероприятий ежегодно направляется более 5 миллионов долларов [25].

Одним из основных направлений деятельности Института является проведение исследований в области кардиологии и предотвращения риска внезапной остановки сердца у студентов-спортсменов. Специалисты Института сотрудничают с медицинскими организациями в области исследований, обучения и обмена

практиками с целью продвижения мер по укреплению сердечно-сосудистой системы у студентов-спортсменов [26]. Совместно с медицинскими экспертами специалисты Института разработали Межотраслевые рекомендации (The Interassociation Recommendations: Preventing Catastrophic Injury and Death in Collegiate Athletes), одобренные 13 внешними научными и медицинскими организациями. Данные рекомендации охватывают перечень мер в случае возникновения чрезвычайных ситуаций в процессе реализации программ спортивной подготовки [27].

Институт является ключевой организацией в проведении исследований долгосрочных и краткосрочных эффектов, происходящих в результате сотрясений мозга у студентов-спортсменов [28], а также проводит исследования, предоставляет ресурсы для повышения осведомленности и сотрудничает с более чем десятком медицинских ассоциаций США, публикуя полученные рекомендации в справочнике по спортивной медицине (NCAA Sports Medicine Handbook), руководстве для менеджера, ответственного по вопросам здравоохранения в спорте (Athletics Health Care Administrator Handbook), рекомендациях по охране психического здоровья, рекомендациях по оказанию кардиологической помощи и других документах [29–30].

В разработке данных документов и информационно-образовательных ресурсов Институт сотрудничает с членами ассоциации, экспертами и исследователями и Национальным центром исследований тяжелых спортивных травм, который на постоянной основе обеспечивает мониторинг случаев получения тяжелых травм и заболеваний, связанных с участием студентов-спортсменов в организованных спортивных мероприятиях в США на уровне спортивных команд колледжей и университетов, входящих в ассоциацию. На протяжении уже более 30 лет Институт является национальным лидером в области сбора и мониторинга данных о статистике спортивных травм в студенческом спорте США [31].

В части организации научно-исследовательской деятельности Институт преимущественно занимается анализом и сбором данных, а также разработкой рекомендаций и информационных ресурсов. Важно отметить, что учреждение, будучи структурным подразделением, получает финансирование из средств Национальной ассоциации студенческого спорта США, которая в свою очередь финансируется преимущественно за счет средств спонсоров, пожертвований и отчислений от продажи прав на телетрансляции национальных студенческих чемпионатов. Конкретный объем финансирования, выделяемый на деятельность Института как структурного подразделения Национальной ассоциации студенческого спорта США, не приводится, однако известно, что доход Ассоциации в 2017 г. составил 1,1 миллиарда долларов, а в 2024 г. — почти 1,4 миллиарда долларов [32].

Ассоциация «SHAPE America»

Одной из общественных организаций, действующих в сфере научного обеспечения, является Ассоциация «SHAPE America». Данная организация включает в себя целый ряд общественных спортивных организаций, одной из которых является Национальная ассоциация спорта и физического воспитания (NASPE).

Национальная ассоциация спорта и физического воспитания, была создана с целью проведения комплексных исследований по сопровождению спортивной подготовки американских спортсменов и изначально находилась в составе Американского альянса здоровья, физического воспитания, рекреации и танцев, отвечая за разработку национальных стандартов по физическому воспитанию, стандартов подготовки учителей и руководств по спортивно-образовательной деятельности, (например, «Moving into the Future: National Standards for Physical Education»), которые использовались как основной ориентир в США [33].

В 2013 г. Американский альянс здоровья, физического воспитания, рекреации и танцев сменил название и был реструктурирован — организация стала действовать под названием «SHAPE America» (Society of Health and Physical Educators), в результате чего Национальная ассоциация спорта и физического воспитания перестала существовать как самостоятельная структура, а ее функции и публикации были интегрированы в «SHAPE America» в качестве одной из организаций-членов. Ассоциация «SHAPE America» продолжает развитие и распространение стандартов, практик и методических материалов в области физического воспитания и физической активности, а также поддерживает и продвигает научные исследования по вопросам физической активности, педагогики, эпидемиологии физической активности и смежных дисциплин. Так, в составе «SHAPE America» действует Исследовательский совет (Research Council), который отвечает за координацию исследовательских инициатив и программ, которые проводятся преимущественно в сфере физической активности и массового спорта [34].

Кроме того, «SHAPE America» является издателем ряда профильных журналов и периодических изданий, предназначенных для распространения как практических, так и научных материалов. Одним из них является «Журнал по вопросам физического воспитания, рекреации и танцев» (Journal of Physical Education, Recreation&Dance) — рецензируемый научный журнал и основное отраслевое издание организации [35]. Еще одно издание — «Ежеквартальный журнал исследований в области физической активности и спорта» (Research Quarterly for Exercise and Sport) — также научный журнал, публикующий результаты исследований в области двигательной активности, физиологии и педагогики [36]. При этом в целом отмечается, что результаты деятельности данной Ассоциации вносят вклад преимущественно в сферу физической активности и массового

спорта и не имеют существенного влияния на практику развития спорта высших достижений в США [9].

Международная ассоциация спортивных наук (International Sports Sciences Association (ISSA))

Среди других общественных организаций следует отметить Международную ассоциацию спортивных наук. Несмотря на отсылку в своем названии на спортивные науки, ассоциация не занимается проведением научных исследований в спорте, а реализует различные образовательные программы в сфере спорта и, будучи коммерческой организацией, играет ведущую роль в подготовке кадров для спортивной отрасли в США. Ассоциация была основана в 1988 г., и ее главной задачей является обучение и сертификация персональных тренеров, инструкторов по групповым программам, тренеров по силовой подготовке, диетологов, нутрициологов и других специалистов. При этом обучение доступно специалистам как из США, так и других стран [37].

Ассоциация ставит целью приобщить к здоровому образу жизни 100 миллионов человек к 2030 г. Достижение столь амбициозной цели связывается с реализацией обучения и сертификации специалистов не только в США, но и других стран мира. В настоящее время организация предлагает более 50 программ сертификации. По данным организации, она подготовила и сертифицировала почти 500 тысяч тренеров из 176 стран [38]. Кроме того, Ассоциация предлагает разнообразные образовательные курсы для фитнес-инструкторов, среди них: «фитнес-инструктор», «старший фитнес-инструктор», «инструктор по пауэрлифтингу» и так далее. Помимо обучающих курсов организация реализует программы сертификации для персональных тренеров, инструкторов по групповым программам, специалистов по силовым тренировкам, диетологов и так далее.

Обучающие программы проводятся преимущественно в онлайн-формате, а их стоимость различается в зависимости от направления. Например, стоимость обучения по 200-часовой программе «инструктор по йоге» составляет почти 1200 долларов за 12 месяцев обучения, стоимость обучения по программе «инструктор по кикбоксингу» — 320 долларов за 12 месяцев обучения, а по программе «специалист по лечебной физкультуре» — 950 долларов за 12 месяцев обучения по состоянию на 2025 г. При этом ассоциация предоставляет скидки при покупке нескольких программ и выдает сертификат по окончании и сдаче итогового экзамена [39].

Международная ассоциация спортивных наук развивает партнерство с рядом организаций и коммерческих компаний, например с Ассоциацией здоровья и фитнеса (Health and Fitness Association), которая объединяет фитнес-клубы, фитнес-студии и клубы здоровья по всему миру, с Альянсом специалистов по йоге (Yoga Alliance) — ведущей организацией по стандартизации и сертификации в области йоги, а также Национальным советом экспертов по фитнесу (National Board of Fitness

Examiners, NBFE) и Калифорнийской ассоциацией частных высших учебных заведений (California Association of Private Postsecondary Schools, CAPPS). В целом ассоциация сотрудничает с фитнес-клубами, которые готовы помочь выпускникам ассоциации в трудоустройстве и построении профессиональной карьеры в сфере фитнеса. Международная ассоциация спортивных наук является частной компанией и не публикует подробные финансовые отчеты. Однако известно, что доход организации в 2024 г. составил 154 тысяч долларов, а основным источником дохода являются средства, поступающие от продажи образовательных программ [40].

Американский колледж спортивной медицины (American College of Sports Medicine, ACSM)

В качестве еще одной организации в области спортивных наук следует отметить Американский колледж спортивной медицины. Так же как и предыдущая рассмотренная организация, Американский колледж спортивной медицины — коммерческая организация, реализующая программы повышения квалификации и сертификации для специалистов в области спорта и фитнеса, а также программы повышения квалификация и сертификации в области медицины для медицинских работников. Организация основана в 1954 г. и имеет 11 региональных отделений [41]. Членство в колледже организовано по трем уровням. В 2025–2026 гг. стоимость членства для студентов составляет 30 долларов, для участников программ аспирантуры и ординатуры — 160 долларов, а стоимость профессионального членства — 260 долларов. Члены получают доступ к научным журналам, издаваемым Американским колледжем спортивной медицины, ежемесячной рассылке, профессиональному контенту и скидкам на программы подготовки.

Американский колледж спортивной медицины предлагает образовательные программы для специалистов по лечебной физкультуре, фитнес-тренеров и медицинских работников. Обучение проводится в онлайн-формате, при этом итоговый экзамен можно сдать как очно в центре тестирования, так и онлайн. Стоимость прохождения курсов также варьируется: например, «сертифицированный инструктор по групповым занятиям» — 310 долларов для членов и 410 долларов для тех, кто не является членом; «сертифицированный специалист по лечебной физкультуре» — 350 долларов для членов и 460 долларов для остальных. Стоимость повторной сертификации составляет 205 долларов для членов и 235 долларов для тех, кто не имеет членства [42].

Помимо обучающих курсов Американский колледж спортивной медицины занимается издательской деятельностью и в настоящее время выпускает 6 научных журналов, в которых публикуются результаты исследований, отчеты о научно-исследовательских работах и другие практические материалы, основанные на полученных научных данных. Среди издаваемых журналов

можно отметить такие весьма высокорейтинговые журналы, как «Medicine and Science in Sports and Exercise», «Exercise, Sport & Movement», «Current Sports Medicine Reports» и «Exercise and Sport Sciences Reviews» [43].

Американский колледж спортивной медицины также издает научные руководства, среди которых наиболее известным можно считать «Руководство Американского колледжа спортивной медицины по тестированию и назначению физических упражнений» (ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription), впервые опубликованное в 1975 г. и с тех пор многократно переизданное. Данное руководство содержит научно обоснованные стандарты по тестированию и назначению физических упражнений для кандидатов на сертификацию, специалистов и студентов. В настоящее время опубликовано 12-е издание данного руководства. Кроме печатной продукции колледж публикует презентации и мультимедийные материалы по различным аспектам спортивной медицины и занятий физической активностью. Вместе с тем, как показал анализ материалов официального веб-сайта организации, она не занимается проведением научных исследований в области физической активности и спорта, а ведет преимущественно коммерческую деятельность в виде проведения образовательных курсов по повышению квалификации в области фитнеса, физической активности, лечебной физкультуры и спортивной медицины, реализуя также и издательскую деятельность.

Основные источники дохода колледжа — доход от образовательных программ и проведения тематических семинаров и конференций, членские взносы, доход от организации иных мероприятий и спонсорские средства. По итогам 2024 г. чистый операционный доход организации составил 527 тысяч долларов [44].

Университеты США

В отличие от выше рассмотренных организаций вклад в развитие науки о спорте вносят университеты США, на базе которых действуют не только студенческие спортивные клубы, но и научные лаборатории, занимающиеся в том числе научным обеспечением подготовки спортсменов.

Так, в Стэнфордском университете функционирует Лаборатория исследований работоспособности человека (Human Performance Laboratory), в которой проводятся междисциплинарные исследования по биомеханике, физиологии, реабилитации спортсменов [45]. В Гарвардском университете работает Отдел спортивной медицины университета (Harvard University Health Services — Sports Medicine), где команда врачей и спортивных тренеров обеспечивает медицинскую поддержку и реализует мероприятия по профилактике травм у студентов-спортсменов [46]. В Университете Вирджинии за спортивную медицину и научное сопровождение подготовки спортсменов отвечает профильный Департамент спортивной медицины, а также

Департамент кинезиологии и специализированные лаборатории. Например, в нем функционирует лаборатория травм и двигательной активности спортсмена (EASIL) с оборудованием для исследования движения и мышечной активности студентов-спортсменов [47].

В целом более 600 исследовательских центров и лабораторий университетов США реализуют исследования по различным вопросам, связанным с ведением здорового образа жизни, здорового питания, двигательной активности, в том числе в целях достижения высоких спортивных результатов у спортсменов, предотвращения спортивных травм и реабилитации. На проведение данных исследований часто выделяются государственные гранты из бюджетов органов власти в сфере образования штатов и муниципалитетов. И хотя результаты данных исследований требуют тщательной адаптации к процессу спортивной подготовки, особенно спортсменов высокой квалификации, тем не менее они могут использоваться в практике спорта высших достижений [9].

4. Заключение

На основе проведенного анализа можно сделать вывод о том, что научным обеспечением спорта в США главным образом занимается НОПК США, включая его олимпийские центры подготовки, которые оснащены современным высокотехнологичным оборудованием,

Вклад авторов:

Долматова Тамара Владимировна — автор статьи, сбор и перевод материалов, анализ, редактирование.

Акиншев Евгений Сергеевич — автор статьи, сбор и перевод материалов, анализ, редактирование.

Литература / References

- Понкин И.В., Соловьев А.А., Понкина А.И. Первые законодательные акты о спорте в зарубежных государствах. Теория и практика физической культуры. 2014;(5):35–38. [Ponkin I.V., Solov'ev A.A., Ponkina A.I. First Sport-Related Acts in Foreign States. Theory and Practice of Physical Culture. 2014;(5):35–38. (In Russ.)].
 - Репкин С.Б. Организационно-экономические аспекты развития спорта в США. Вестник Полоцкого государственного университета. Серия Д. Экономические и юридические науки. 2015;(6):15–23. [Repkin S.B. Organizational and economic aspects of the development of sport in the United States. Vestnik Polockogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya D. Ekonomicheskie i yuridicheskie nauki. 2015;(6):15–23. (In Russ.)].
 - Соловьев А.А. Российский и зарубежный опыт систематизации законодательства о спорте. Москва: Ваш полиграфический партнер; 2011. [Solov'ev A.A. Russian and foreign experience in systematizing sports legislation. Moscow: Vash poligraficheskii partner Publ.; 2011. (In Russ.)].
 - Долматова Т.В. Государственное управление в сфере физической культуры и массового спорта в США. Москва; 2020. [Dolmatova T.V. State management of physical culture and mass sports in the United States. Moscow; 2020. (In Russ.)].
 - Долматова Т.В., Зубкова А.В. Основные тенденции регулирования в сфере физической активности и спорта за рубежом: на. 2021;21(1):108–116. [Dolmatova T.V., Zubkova A.V. Key trends in regulating physical activity and public sport: analysis of successful foreign practice. Human. Sport. Medicine. 2021;21(1):108–116. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.14529/hsm210114>
 - Долматова Т.В., Зубкова А.В., Акиншев Е.С., Баряев А.А. Сравнительный анализ моделей научного обеспечения в спорте за рубежом. Теория и практика физической культуры. 2021;(8):83–85. [Dolmatova T.V., Zubkova A.V., Selezneva E.A., Kuznetsova E.V., Baryayev A.A. Foreign sports research models: comparative analysis. Theory and Practice of Physical Culture. 2021;(8):56–58].
 - Зубкова А.В., Абаян А.Г., Долматова Т.В., Фомиченко Т.Г., Шестаков М.П. Зарубежный опыт организации научно-методического обеспечения спортсменов высокой квалификации. Теория и практика физической культуры. 2021;(1):76–78. [Zubkova A.V., Abalyan A.G., Dolmatova T.V., Fomichenko T.G., Shestakov M.P. Theoretical and practical support service for sports elite: foreign experience. Theory and Practice of Physical Culture. 2021;(1):33–35].
 - Долматова Т.В., Зубкова А.В., Кузнецова Е.В., Акиншев Е.С., Слуцкий Г.А. Научное обеспечение спорта за рубежом: анализ деятельности организаций в области спортивной науки. Москва: ФГБУ ФНЦ ВНИИФК; 2021. [Dolmatova T.V., Zubkova A.V., Kuznetsova E.V., Akinshev E.S., Slutskii G.A. Research support of international sports: analysis of organizations'

а также имеют в своем составе клиники спортивной медицины и лаборатории, что позволяет обеспечивать комплексную подготовку членов национальных сборных команд США. Преимуществом данной модели является возможность обеспечивать научное сопровождение высококвалифицированных спортсменов непосредственно в местах проведения их спортивной подготовки, корректируя тренировочные программы в зависимости от полученных результатов тестирования спортсменов.

Институт спортивной науки при Национальной ассоциации студенческого спорта США также занимается организацией и проведением научных исследований, однако следует отметить, что его деятельность охватывает только спортсменов, являющихся членами Национальной ассоциации студенческого спорта. Другие рассмотренные организации — Ассоциация «SHAPE America», Международная ассоциация спортивных наук и Американский колледж спортивной медицины — не участвуют в научном обеспечении подготовки американских спортсменов, ведя преимущественно коммерческую деятельность в виде организации программ повышения квалификации и сертификации специалистов в сфере спорта, фитнеса и спортивной медицины для работы в спортивных организациях и фитнес-клубов не только в США, но и за рубежом.

Authors' contributions:

Tamara V. Dolmatova — main author, collecting materials, provision of research, translating, formulating conclusions.

Evgeniy S. Akshev — author, collecting materials, provision of research, translating, formulating conclusions.

анализ ведущих зарубежных практик. Человек. Спорт. Медицина. 2021;21(1):108–116. [Dolmatova T.V., Zubkova A.V. Key trends in regulating physical activity and public sport: analysis of successful foreign practice. Human. Sport. Medicine. 2021;21(1):108–116. (In Russ)]. <https://doi.org/10.14529/hsm210114>

6. Долматова Т.В., Зубкова А.В., Акиншев Е.С., Баряев А.А. Сравнительный анализ моделей научного обеспечения в спорте за рубежом. Теория и практика физической культуры. 2021;(8):83–85. [Dolmatova T.V., Zubkova A.V., Selezneva E.A., Kuznetsova E.V., Baryev A.A. Foreign sports research models: comparative analysis. Theory and Practice of Physical Culture. 2021;(8):56–58].

7. Зубкова А.В., Абаян А.Г., Долматова Т.В., Фомишенко Т.Г., Шестаков М.П. Зарубежный опыт организации научно-методического обеспечения спортсменов высокой квалификации. Теория и практика физической культуры. 2021;(1):76–78. [Zubkova A.V., Abalyan A.G., Dolmatova T.V., Fomichenko T.G., Shestakov M.P. Theoretical and practical support service for sports elite: foreign experience. Theory and Practice of Physical Culture. 2021;(1):33–35].

8. Долматова Т.В., Зубкова А.В. Кузнецова Е.В., Акиншев Е.С., Слуцкий Г.А. Научное обеспечение спорта за рубежом: анализ деятельности организаций в области спортивной науки. Москва: ФГБУ ФНЦ ВНИИФК; 2021. [Dolmatova T.V., Zubkova A.V., Kuznetsova E.V., Akinshev E.S., Slutskii G.A. Research support of international sports: analysis of organizations' activities in the field of sports science. Moscow: FGBU FNC VNIIFK; 2021.]

activities in the field of sports science. Moscow: FSC VNIIFK; 2021. (In Russ.).]

9. Бубка С.Н., Булатова М.М., Есентаев Т.К., Коваленко Н.П., Павленко Ю.А., Платонов В.Н., Томашевский В.В. Менеджмент подготовки спортсменов к Олимпийским играм. Москва: Спорт; 2019. [Bubka S.N., Bulatova M.M., Esentaev T.K., Kovalenko N.P., Pavlenko Yu.A., Platonov V.N., Tomashhevskii V.V. Management of athletes' preparation for the Olympic Games. Moscow: Sport Publ.; 2019. (In Russ.)].

10. Fullagar H., McCall A., Impellizzeri F. M., Favero T. The Translation of Sport Science Research to the Field: A Current Opinion and Overview on the Perceptions of Practitioners, Researchers and Coaches. Sports Medicine. 2019;49(6):1817–1824. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01139-0>

11. Green M., Houlihan B. Elite Sport Development: Policy learning and Political Priorities. NY: Routledge; 2005. <https://doi.org/10.4324/9780203022245>

12. Sparverio E., Chalip I., Green C. United States. In: Houlihan B., Green M. (eds). Comparative Elite Sport Development: systems, structures and public policy. 1st ed. Oxford; 2008, pp. 242–271. <https://doi.org/10.4324/9781003213529-21>

13. Harris S.J., Jedlicka S.R. The Governance of Sport in the USA. In: Sport Business in the United States. NY: Routledge; 2020, pp. 24–49. <https://doi.org/10.4324/9781003058625-2>

14. Woods R.B. Social Issues in Sport. 3rd ed. Human Kinetics; 2015.

15. Долматова Т.В., Зубкова А.В. Государственное управление в сфере физической активности и спорта в США на региональном уровне: опыт Калифорнии. Теория и практика физической культуры. 2025;(8):92–95. [Dolmatova T.V., Zubkova A.V. Public administration of physical activity and sports in the usa at the regional level: California's experience. Theory and Practice of Physical Culture. 2025;(8):92–95. (In Russ.)].

16. United States Olympic & Paralympic Committee. High Performance Programs [internet]. Available at: <https://www.usopc.org/high-performance-programs> (accessed 02 September 2025).

17. United States Olympic & Paralympic Committee. Forbes: USOC creates Technology and Innovation Fund to aid in preparation for Tokyo Games [internet]. Available at: <https://www.usopc.org/us-olympic-and-paralympic-foundation/news/2019/february/19/forbes-usoc-creates-technology-fund-to-aid-in-preparation-for-tokyo> (accessed 03 September 2025).

18. United States Olympic & Paralympic Committee. 2023 Impact Report [internet]. Available at: <https://www.usopc.org/2023-impact-report> (accessed 03 September 2025).

19. United States Olympic & Paralympic Committee. Colorado Springs Olympic & Paralympic Training Center [internet]. Available at: <https://www.usopc.org/training-centers/colorado-springs> (accessed 03 September 2025).

20. United States Olympic & Paralympic Committee. Technology [internet]. Available at: <https://www.usopc.org/high-performance-programs/physiology> (accessed 08 September 2025).

21. United States Olympic & Paralympic Committee. Sports Medicine. Available at: <https://www.usopc.org/sportsmedicine> (accessed 08 September 2025).

22. United States Olympic & Paralympic Committee. Lake Placid Olympic & Paralympic Training Center [internet]. Available at: <https://www.usopc.org/lake-placid-olympic-paralympic-training-center> (accessed 08 September 2025).

23. United States Olympic & Paralympic Committee. Sport Venues [internet]. Available at: <https://www.usopc.org/lp-sport-venues> (accessed 09 September 2025).

24. NCAA. About the Sport Science Institute [internet]. Available at: <https://www.ncaa.org/sports/2016/8/23/about-the-ssi.aspx> (access 09 September 2025).

25. NCAA. Mental and Physical Health [internet]. Available at: <https://www.ncaa.org/sports/2024/4/22/mental-and-physical-health.aspx> (accessed 09 September 2025).

26. NCAA. Doping and Substance Misuse [internet]. Available at: <https://www.ncaa.org/sports/2021/2/10/sport-science-institute-doping-and-substance-abuse.aspx> (accessed 10 September 2025).

27. NCAA. Cardiac Health [internet]. Available at: <https://www.ncaa.org/sports/2021/2/10/sport-science-institute-cardiac-health.aspx> (accessed 10 September 2025).

28. NCAA. Preventing Catastrophic Injury and Death in Collegiate Athletes [internet]. Available at: <https://www.ncaa.org/sports/2019/7/11/preventing-catastrophic-injury-and-death-in-collegiate-athletes.aspx> (accessed 10 September 2025).

29. NCAA. Athletics Health Care Administrator Handbook [internet]. Available at: https://ncaacg.s3.amazonaws.com/ssi/ahca/SSI_AHCAHandbook.pdf (accessed 10 September 2025).

30. NCAA. Education and Policy [internet]. Available at: <https://www.ncaa.org/sports/2024/4/23/education-and-policy.aspx> (accessed 10 September 2025).

31. NCAA. Data-Driven Decisions [internet]. Available at: <https://www.ncaa.org/sports/2021/2/10/sport-science-institute-datdriven-decisions.aspx> (accessed 10 September 2025).

32. NCAA. Financial Statements 2023-2024 [internet]. Available at: https://ncaacg.s3.amazonaws.com/ncaa/finance/2023-24NCAAFIN_FinancialStatement.pdf (accessed 10 September 2025).

33. National Physical Education Standards Educator Kit [internet]. SHAPE America; 2024. Available at: https://t2t.org/wp-content/uploads/2024/04/National_Physical_Education_Standards.pdf (accessed 12 September 2025).

34. SHAPE America. SHAPE America Research Council [internet]. Available at: https://www.shapeamerica.org/MemberPortal/about/leaders/Research_Council.aspx (accessed 12 September 2025).

35. SHAPE America. About JOPERD: Journal of Physical Education, Recreation and Dance [internet]. Available at: https://www.shapeamerica.org/MemberPortal/publications/journals/joperd/about_joperd_journal.aspx (accessed 12 September 2025).

36. SHAPE America. About RQES: Research Quarterly for Exercise and Sport [internet]. Available at: https://www.shapeamerica.org/publications/journals/rques/about_rques_journal.aspx (accessed 12 September 2025).

37. ISSA. About the International Sports Sciences Association (ISSA) [internet]. Available at: <https://www.issaonline.com/company> (accessed 12 September 2025).

38. ISSA. ISSA Acquisition of Empowered Educations Health Coach Institute and Functional Nutrition Alliance [internet]. Available at: <https://www.issaonline.com/blog/post/issa-acquisition-of-empowered-educations-health-coach-institute-and-functional-nutrition-alliance> (accessed 12 September 2025).

39. ISSA. ISSA Certification Tracks for Every Fitness Professional [internet]. Available at: <https://www.issaonline.com/certification/course-comparison> (accessed 12 September 2025).

40. Issa International Ltd [internet]. Available at: <https://projects.propublica.org/nonprofits/organizations/581993703>

41. ACSM. ACSM Regional Chapters [internet]. Available at: <https://acsm.org/membership/regional-chapters/> (accessed 15 September 2025).

42. ACSM. Get Certified [internet]. Available at: <https://acsm.org/certification/get-certified/> (accessed 15 September 2025).

43. ACSM. ACSM Journals [internet]. Available at: <https://acsm.org/education-resources/journals/> (accessed 15 September 2025).
44. ACSM. 2025 ACSM. Annual Report [internet]. Available at: <https://acsm.org/about/archive/annual-report-2025/> (accessed 15 September 2025).
45. Stanford Medicine. Human Performance Laboratory [internet]. Available at: <https://med.stanford.edu/ortho/humanperformance.html> (accessed 15 September 2025).
46. Harvard University Health Services. Sports Medicine [internet]. Available at: <https://huhs.harvard.edu/get-care/sports-medicine> (accessed 15 September 2025).
47. UVA School of Education and Human Development. Exercise and Sport Injury Laboratory [internet]. Available at: <https://education.virginia.edu/research-initiatives/research-centers-labs/research-labs/exercise-and-sport-injury-laboratory> (accessed 15 September 2025).

Информация об авторах:

Долматова Тамара Владимировна*, к. полит. н., ведущий научный сотрудник, лаборатория исследования проблем государственного управления системой физической культуры и спорта Национального центра спорта, ФГБУ Федеральный научный центр физической культуры и спорта (ВНИИФК), Россия, 105005, Москва, Елизаветинский переулок, д. 10, стр. 1. dolmatova.t.v@vniifk.ru

Акиншев Евгений Сергеевич, ведущий специалист, лаборатория исследования проблем государственного управления системой физической культуры и спорта Национального центра спорта, ФГБУ Федеральный научный центр физической культуры и спорта (ВНИИФК), Россия, 105005, Москва, Елизаветинский переулок, д. 10, стр. 1. Akinshev.e.s@vniifk.ru

Information about the authors:

Tamara V. Dolmatova*, PhD in Political Sciences, Leading researcher, Laboratory for Researching Problems of Public Administration in Physical Culture and Sports, National Sports Centre, Federal Science Center of Physical Culture and Sport (VNIIFK), Russia, 105005, Moscow, Elizavetinsky Lane, 10, bldg 1. dolmatova.t.v@vniifk.ru

Evgeniy S. Akinshev, Leading specialist, National Sports Centre, Laboratory for Researching Problems of Public Administration in Physical Culture and Sports, Federal Science Center of Physical Culture and Sport (VNIIFK), Russia, 105005, Moscow, Elizavetinsky Lane, 10, bldg 1. Akinshev.e.s@vniifk.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.3.5>

УДК: 001.92

Тип статьи: Оригинальная статья / Original research



Анализ публикационной активности ученых в области спортивной медицины, аффилированных с российскими научно-исследовательскими и медицинскими учреждениями

Е.С. Капралова^{1,2}, Д.С. Баранова², А.С. Островская²*

¹ ФГБУ «Национальный центр спортивной медицины» Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия

² Лаборатория спорта высших достижений, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Анализ публикационной активности российских ученых в области спортивной медицины актуален в связи с требованиями различных ведущих научных и образовательных организаций к научометрическим показателям, ключевыми из которых являются индекс Хирша, количество публикаций и цитирований в ведущих базах данных.

Целью проведенного исследования была оценка научной продуктивности ученых, аффилированных с российскими научными, медицинскими и образовательными организациями, в которых могут работать сотрудники, чьей потенциальной сферой интереса является спортивная медицина. Для этого в базе данных Scopus были изучены научометрические показатели авторов журнала «Спортивная медицина: наука и практика», преподавателей профильных кафедр высших учебных заведений (вузов) и врачей спортивных команд, выступающих в профессиональных спортивных лигах. На основании анализа был сформирован рейтинг 50 ученых с наиболее высоким индексом Хирша. При этом только 7 из них специализируются на спортивной медицине. Лидером среди вузов был Сеченовский Университет (6 ученых), один ученый представил вуз Санкт-Петербурга (ПСПбГМУ им. акад. И. П. Павлова). Индекс Хирша этих исследователей находился в диапазоне от 7 до 12, а у трех он составлял более 10. Проведенный анализ публикационной активности показал, что количество российских ученых в области спортивной медицины с индексом Хирша и числом цитирований в международных базах данных, соответствующими мировым стандартам, остается сравнительно небольшим.

Ключевые слова: публикационная активность, индекс Хирша, Scopus, российские исследователи, российские ученые, спортивная медицина

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Капралова Е.С., Баранова Д.С., Островская А.С. Анализ публикационной активности ученых в области спортивной медицины, аффилированных с российскими научно-исследовательскими и медицинскими учреждениями. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2025;15(3):62–70. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.3.5>

Поступила в редакцию: 07.10.2025

Принята к публикации: 20.10.2025

Online first: 26.12.2025

Опубликована: 29.12.2025

* Автор, ответственный за переписку

Analysis of the publication activity of specialists in the field of sports medicine affiliated with Russian research and medical institutions

Elizaveta S. Kapralova^{1,2*}, Daria S. Baranova², Anastasia S. Ostrovskaya²

¹ National Center of Sports Medicine of Federal Biological Agency, Moscow, Russia

² High Performance Sports Laboratory, Moscow, Russia

ABSTRACT

The analysis of the publication activity of Russian specialists in sports medicine is relevant due to the requirements of various leading scientific and educational organizations regarding scientometric indicators, key among which are the Hirsch index, the number of publications, and citations in leading databases.

The purpose of the conducted study was to assess the scientific productivity of researchers affiliated with Russian scientific, medical, and educational institutions where employees potentially interested in sports medicine may work. For this, scientometric indicators of authors of the journal "Sports Medicine: Science and Practice," faculty members of specialized departments in higher education institutions (universities), and doctors of sports teams competing in professional sports leagues were studied in the Scopus database.

Based on the analysis, a ranking of the top 50 specialists with the highest Hirsch index was formed. The leader among universities was Sechenov University (6 specialists), one specialist from the university of St. Petersburg (Pavlov University). The Hirsch index of these researchers ranged from 7 to 12, with three of them having an index of more than 10. The conducted analysis of publication activity showed that the number of Russian specialists in the field of sports medicine with a Hirsch index and citation count in international databases meeting global standards remains comparatively small.

Keywords: publication activity, Hirsch index, Scopus, Russian researchers, Russian scientists, sports medicine

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

For citation: Kapralova E.S., Baranova D.S., Ostrovskaya A.S. Analysis of the publication activity of specialists in the field of sports medicine affiliated with Russian research and medical institutions. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2025;15(3):62–70. (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2025.3.5>

Received: 07 October 2025

Accepted: 20 October 2025

Online first: 26 December 2025

Published: 29 December 2025

* Corresponding author

1. Введение

XXI век можно уверенно назвать веком доказательной медицины, и исследователи, работающие в самых разных научных сферах, получают основной поток информации из оригинальных статей и обзоров, опубликованных в различных журналах, количество которых каждый год растет [1]. Так, только в одной из крупнейших баз данных Pubmed число опубликованных статей превышает 30 миллионов, а в крупнейшей российской базе данных «Российский индекс научного цитирования» включено более 12 миллионов статей, опубликованных в более чем 6000 журналах [2, 3]. При этом далеко не все из журналов соответствуют высоким стандартам требований к публикациям и этическим нормам. В связи с этим крупные издательства создают свои базы данных, в которые входят журналы, прошедшие отбор со стороны специальной комиссии, а также контролирующие соблюдение редакциями журналов определенных требований [4, 5]. Такими базами данных в первую очередь являются Scopus (издательство Elsevier) и Web of Science (издательство Clarivate), в которых в настоящее время размещены публикации более 27 500 и 22 000 журналов соответственно [6, 7]. Так, именно Web of Science была упомянута в Указе Президента Российской Федерации

от 7 мая 2012 г. № 599 «О мерах по реализации государственной политики в области образования и науки» в качестве базы данных, в которой должно быть опубликовано определенное количество научных статей [8]. В связи с этим в Российской Федерации именно публикации в журналах из этих баз данных на протяжении последних лет были одним из ключевых критерий эффективности деятельности того или иного исследователя и ученого [9, 10].

Помимо публикаций в журналах из наиболее авторитетных баз данных важными для научного влияния ученого в той или иной области являются количество его публикаций и число цитирований этих работ, которые наиболее часто рассчитываются в виде индекса Хирша, впервые предложенного американским физиком Хорхе Хиршем в 2005 году [11]. Так, именно индекс Хирша и количество статей в журналах из ведущих баз являются одними из важнейших требований к руководителям грантовых исследований, предъявляемых Российским научным фондом и к соискателям вакансий в ведущих российских и зарубежных университетах [12, 13].

Целью работы был анализ публикационной активности ученых в области спортивной медицины, аффилированных с российскими научными, образовательными и медицинскими учреждениями.

2. Материалы и методы исследования

Для решения поставленной цели тремя исследователями независимо друг от друга в апреле 2024 года был проанализирован архив журнала «Спортивная медицина: наука и практика» за период 2014–2023 гг., профессорско-преподавательские составы профильных кафедр, которые проводят подготовку студентов на элективных курсах «Спортивная медицина» и «Антидопинговое обеспечение» и/или клинических ординаторов по специальности «Лечебная физкультура и спортивная медицина» ведущих вузов Российской Федерации, и составы медицинских служб спортивных команд профессиональных лиг (Российской премьер-лиги, Единой лиги ВТБ, Контиентальной хоккейной лиги), а также медицинские организации, подведомственные Федеральному медико-биологическому агентству. Выбор журнала обусловлен тем, что он является изданием в области спортивной медицины, рекомендованным Высшей аттестационной комиссией (ВАК) для публикации статей соискателями ученых степеней в соответствующей отрасли знаний, входит в «белый список» ВАК и с 2022 года индексируется в базе данных Scopus.

Выбор базы данных Scopus обусловлен тем, что она является одной из наиболее престижных научных баз данных, для включения в которую журнал должен соответствовать определенным критериям [4]. На апрель 2024 года в этой базе данных содержалось более 90 миллионов статей почти из 28 000 журналов [6].

После изучения архива журнала за указанный период был составлен список всех авторов публикаций всех типов с указанием количества и периода их публикаций в журнале. Всего был составлен список из 926 ученых, которые публиковались в журнале или входят в состав профильных кафедр ведущих высших учебных заведений России.

Затем в базе данных Scopus был проведен анализ различных аспектов публикационной активности этих ученых, включая индекс Хирша, количество публикаций и цитирований за все время и за пятилетний период, предшествующий проведению исследования. На основании полученных данных был составлен рейтинг 50 ученых с самым высоким индексом Хирша (топ-50), а также рейтинг наиболее активно публикующихся ученых за пятилетний период, предшествующий проведению исследования, ученых, для которых спортивная медицина является основным направлением научно-исследовательской деятельности.

3. Результаты

Для 7 исследователей, находящихся в топ-50 ученых с наиболее высоким индексом Хирша, спортивную медицину можно считать основной сферой научного интереса. Лидером по количеству таких ученых является Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова (Сеченовский университет) — 6 ученых (И. А. Лазарева, Е. Е. Ачкасов, Э. Н. Безуглов, В. А. Бадтиева, Е. С. Конева,

В. Г. Зилов). Один ученый представляет университет из Санкт-Петербурга (В. Ю. Хайтин из Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. И. П. Павлова) (табл. 1). Индекс Хирша этих ученых находится в диапазоне от 7 до 12, а у трех из них он составил 10 и более (И. А. Лазарева, Е. Е. Ачкасов, Э. Н. Безуглов).

Количество публикаций этих ученых за все время находилось в диапазоне от 22 до 133, а за пятилетний период, предшествующий проведению исследования, — в диапазоне от 8 до 89.

При анализе публикационной активности ученых по количеству публикаций за пять лет, предшествующих исследованию, в топ-20 наиболее часто публикующихся авторов вошли трое ученых, для которых спортивную медицину можно считать основной сферой научного интереса (Е. Е. Ачкасов, Э. Н. Безуглов, В. А. Бадтиева) (табл. 2), все они имели аффилиацию с Первым МГМУ им. И. М. Сеченова и находились в рейтинге ученых с самым высоким индексом Хирша.

4. Обсуждение

Проведенный анализ продемонстрировал, что в России в настоящее время лишь небольшое количество исследователей, для которых специальность спортивная медицина является основной, имеют индекс Хирша 10 и более в международных базах данных. В то же время этот показатель среди ученых других стран может достигать 20 и более не только в виде исключения, а представлять собой рутинное явление [14]. На момент проведения исследования среди зарубежных ученых в области спортивной медицины можно выделить ряд ученых, чьи показатели индекса Хирша в базе Scopus превышают 70. К ним относятся Lars Engebretsen с индексом Хирша 114, Jiri Dvorak с индексом Хирша 110, а также Willem H. Meeuwisse и Sanjay Sharma с индексами Хирша 80 и 78 соответственно.

Невысокие относительно ведущих ученых из других стран показатели российских ученых могут быть связаны с тем, что большинство их статей были опубликованы в русскоязычном сегменте, в том числе базы Scopus, а также публикация российских ученых осуществляется вне базы данных Scopus. В то же время следует отметить, что количество цитирований в течение последних пяти лет ведущих российских исследователей в базе Scopus остается относительно невысоким, что может быть связано с публикациями вне этой базы или в ее русскоязычном сегменте.

Анализ публикационной активности ведущих зарубежных ученых в области спортивной медицины за период с 2019 по 2023 г. выявил высокую интенсивность их научной деятельности. Так, Lars Engebretsen опубликовал 140 статей и имел 23 178 цитирований, Jiri Dvorak стал автором 27 публикаций и имел 14 965 цитирований. Willem H. Meeuwisse и Sanjay Sharma также были весьма активными, опубликовав 23 и 116 статей и получив 11 816 и 15 274 цитирования соответственно. Эти данные

Топ-50 ученых за все время с указанием их аффилиации, индекса Хирша, количества статей и цитирований

Table 1

Top 50 scientists of all time, indicating their affiliation, the Hirsch index, the number of articles and citations

№	Фамилия, имя, отчество	Аффилиация	Индекс Хирша	Цитирования за весь период	Документы за весь период	Цитирования/документы 2019–2023 гг.	Документы 2019–2023 гг.	Цитирования/документы 2019–2023 гг.
1	Козилолова Наталья Андреевна	Пермский государственный медицинский университет им. академика Е. А. Вагнера (Пермь)	19	11488	103	111,5	8864	55
2	Рогозкин Виктор Алексеевич	Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт физической культуры (Санкт-Петербург)	18	1476	111	13,3	455	2
3	Мурашев Аркадий Николаевич	Институт биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова (Москва)	18	1359	159	8,5	588	25
4	Колесникова Любовь Ильинична	Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека СО РАН (Москва)	15	1102	278	3,9	931	157
5	Николенко Владимир Николаевич	Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Москва)	14	1002	203	4,9	866	139
6	Пронина Ирина Юрьевна	Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии РАМН (Москва)	14	750	86	8,7	404	39
7	Батурин Александр Константинович	ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи» (Москва)	13	600	89	6,7	305	12
8	Лазарева Ирина Адольфовна	Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Москва)	12	1054	25	420,2	755	15
9	Вржесинская Оксана Александровна	ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи» (Москва)	12	751	197	3,8	346	21
10	Гуревич Константин Георгиевич	Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова (Москва)	11	450	166	2,7	274	84
11	Глазачев Олег Станиславович	Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Москва)	11	403	82	4,9	309	29
12	Бельская Людмила Владимировна	Омский государственный педагогический университет (Омск)	11	354	63	5,6	338	38
13	Ачкасов Евгений Евгеньевич	Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Москва)	10	404	133	3	393	89
14	Никитюк Дмитрий Борисович	Российский университет дружбы народов (Москва)	10	579	161	3,6	482	69
15	Безуглов Эдуард Николаевич	Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Москва)	10	269	58	4,6	266	52
16	Ляпина Людмила Анисимовна	Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (Москва)	10	466	178	2,6	111	15

Таблица 1. Продолжение

Table 1. Continuation

№	Фамилия, имя, отчество	Аффилиация	Индекс Хирш	Цитирование за весь период	Документы за весь период	Цитирования/документы 2019–2023 гг.	Документы 2019–2023 гг.	Цитирования/документы 2019–2023 гг.
17	Потожева Алла Владимировна	ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи» (Москва)	10	576	152	3,8	254	15
18	Пиголкин Юрий Иванович	Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Москва)	10	488	223	2,2	322	38
19	Мартинник Арсений Николаевич	Лаборатория демографии и эпидемиологии питания (Москва)	10	382	69	5,5	214	13
20	Шнейдер Наталья Алексеевна	Национальный медицинский исследовательский центр психиатрии и неврологии им. В.М. Бехтерева (Санкт-Петербург)	10	897	125	7,2	513	100
21	Ханферьян Роман Авакович	Российский университет дружбы народов (Москва)	9	260	61	4,3	174	21
22	Яковлев Олег Александрович	Санкт-Петербургский государственный университет (Санкт-Петербург)	9	263	9	29,2	260	6
23	Бекетова Нина Алексеевна	ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи» (Москва)	9	388	107	3,6	185	15
24	Кошелева Ольга Васильевна	ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи» (Москва)	9	324	72	4,5	215	16
25	Оганесян Эдуард Тоникович	Волгоградский государственный медицинский университет (Волгоград)	9	402	145	2,8	177	32
26	Бадтиева Виктория Асланбековна	Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Москва)	8	247	73	3,4	225	50
27	Сонкин Валентин Дмитриевич	Российский университет спорта «ГЦОЛИФК» (Москва)	8	283	88	3,2	95	18
28	Прокопенко Семен Владимирович	Красноярский государственный медицинский университет (Красноярск)	8	842	84	10	735	49
29	Кешабанц Эвелина Эдуардовна	Лаборатория демографии и эпидемиологии питания (Москва)	8	160	26	6,2	125	14
30	Курапогов Нацежда Александровна	Научный центр проблем здоровья семьи и пропаганды человека СО РАН (Москва)	8	203	61	3,3	175	41
31	Бородулин Владимир Борисович	Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского (Саратов)	8	204	32	6,4	83	4
32	Дудник Елена Николаевна	Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Москва)	8	228	54	4,2	174	18
33	Васильева Анна Владимировна	Национальный медицинский исследовательский центр психиатрии и неврологии им. В.М. Бехтерева (Санкт-Петербург)	8	151	37	4,1	128	19
34	Конева Елизавета Сергеевна	Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Москва)	8	107	38	2,8	105	33

Таблица 1. Продолжение

Table 1. Continuation

№	Фамилия, имя, отчество	Аффилиация	Индекс Хирш	Цитирование за весь период	Документы за весь период	Цитирования/документы за весь период	Цитирований/документы 2019–2023 гг.	Цитирования/документы 2019–2023 гг.
35	Сорокина Елена Юрьевна	ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи» (Москва)	7	148	39	3,8	67	11
36	Гринь Андрей Анатольевич	Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы (Москва)	7	244	92	2,7	242	86
37	Кобелькова Ирина Витальевна	Федеральное медико-биологическое агентство (Москва)	7	96	26	3,7	82	15
38	Яковлев Максим Юрьевич	Министерство здравоохранения Российской Федерации (Москва)	7	194	84	2,3	164	54
39	Петрова Марина Владимировна	Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии (Москва)	7	174	73	2,4	173	58
40	Самойлов Александр Сергеевич	Федеральное медико-биологическое агентство (Москва)	7	174	68	2,6	164	44
41	Макаров Леонид Михайлович	Федеральное медико-биологическое агентство (Москва)	7	248	83	3	81	17
42	Зилов Вадим Георгиевич	Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Москва)	7	220	88	2,5	170	8
43	Миссина Светлана Сергеевна	Федеральный научный центр физической культуры и спорта (Москва)	7	165	18	9,2	67	3
44	Хайтин Владимир Юрьевич	Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. И.П. Павлова (Санкт-Петербург)	7	122	22	5,5	122	22
45	Дикунен Марина Александровна	Федеральный научный центр физической культуры и спорта (Москва)	7	155	35	4,4	88	11
46	Дерюнина Анна Вячеславовна	Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (Нижний Новгород)	7	180	74	2,4	148	42
47	Сарана Андрей Михайлович	Санкт-Петербургский государственный университет (Санкт-Петербург)	7	171	39	4,4	156	26
48	Блиннов Дмитрий Владиславович	Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Москва)	7	231	76	3	203	65
49	Попов Валерий Иванович	Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко (Воронеж)	7	135	42	3,2	123	25
50	Лысенко Татьяна Александровна	Волгоградский государственный медицинский университет (Волгоград)	6	3526	7	503,7	1986	2

Таблица 2

Table 2

Топ-20 ученых с указанием их аффилиации, индекса Хирша, количества статей и цитирований в период 2019–2023 гг.

Top 20 specialists with their affiliations, Hirsch index, number of articles, and citations during the period of 2019–2023

№	Фамилия имя	Аффилиация	Индекс Хирша	Документы 2019–2023 гг.	Цитирования 2019–2023 гг.
1	Колесникова Любовь Ильинична	Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека СО РАН (Москва)	15	157	931
2	Николенко Владимир Николаевич	Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Москва)	14	139	866
3	Шнайдер Наталья Алексеевна	Национальный медицинский исследовательский центр психиатрии и неврологии им. В.М. Бехтерева (Санкт-Петербург)	10	100	513
4	Ачкасов Евгений Евгеньевич	Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Москва)	10	89	393
5	Гринь Андрей Анатольевич	Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы (Москва)	7	86	242
6	Гуревич Константин Георгиевич	Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова (Москва)	11	84	274
7	Никитюк Дмитрий Борисович	Российский университет дружбы народов (Москва)	10	69	482
8	Блиннов Дмитрий Владиславович	Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Москва)	7	65	203
9	Петрова Марина Владимировна	Федеральный научно-клинический центр реumatологии и реабилитологии (Москва)	7	58	173
10	Козиолова Наталья Андреевна	Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера (Пермь)	19	55	8864
11	Рахманов Рафаил Сальхович	При沃лжский исследовательский медицинский университет (Нижний Новгород)	4	55	47
12	Яковлев Максим Юрьевич	Министерство здравоохранения Российской Федерации (Москва)	7	54	164
13	Наркевич Артем Николаевич	Красноярский государственный медицинский университет (Красноярск)	4	54	61
14	Безутлов Эдуард Николаевич	Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Москва)	10	52	266
15	Балтиева Виктория Асланбековна	Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Москва)	8	50	225
16	Прокопенко Семен Владимирович	Красноярский государственный медицинский университет (Красноярск)	8	49	735
17	Самойлов Александр Сергеевич	Федеральное медико-биологическое агентство (Москва)	7	44	164
18	Дерогина Анна Вячеславовна	Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (Нижний Новгород)	7	42	148
19	Курашова Надежда Александровна	Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека СО РАН (Москва)	8	41	175
20	Пронина Ирина Юрьевна	Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии РАМН (Москва)	14	39	404

подчеркивают активное участие зарубежных ученых в формировании актуальной повестки в спортивной медицине и их значительное влияние на развитие данной области.

Обращает на себя внимание география учреждений, в которых трудятся наиболее продуктивные российские ученые. Шесть из них аффилированы с Сеченовским Университетом, а один представил вуз из Санкт-Петербурга. Это может свидетельствовать о сформировавшейся централизованности исследовательской деятельности в области спортивной медицины на территории Российской Федерации, вероятнее всего, связанной как с мерами, предпринимаемыми конкретными университетами, так и активностью отдельных исследовательских групп (табл. 1). Так, Сеченовский Университет на протяжении последних лет входит в число ведущих российских высших учебных заведений участвовал или участвует в программе по повышению конкурентоспособности вузов «Топ 5–100» и программе стратегического академического лидерства «Приоритет-2030», в рамках которых активно поощряется проведение научно-исследовательских изысканий.

Для увеличения активности научной продуктивности российских исследователей в международном сегменте можно предложить развитие программ целевого финансирования, ориентированных на поддержание

Вклад авторов

Все авторы подтверждают соответствие своего авторства критериям ICMJE.

Капралова Е. С. — разработка концепции исследования, сбор и анализ данных Scopus, написание и редактирование рукописи.

Баранова Д. С. — сбор данных о публикационной активности российских ученых, статистическая обработка, визуализация результатов.

Островская А. С. — систематизация литературы по библиометрии, критический анализ данных, вклад в обсуждение.

Литература

1. Bornmann L., Haunschild R., Mutz R. Growth Rates of Modern Science: a latent piecewise growth curve approach to model publication numbers from established and new literature databases. *Humanities and Social Sciences Communications*. 2021;8:224. <https://doi.org/10.1057/s41599-021-00903-w>
2. Российский индекс научного цитирования. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [интернет]. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/project_risc.asp? (дата обращения: 11.04.2024).
3. National library of medicine. PubMed [internet]. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov> (accessed 11 April 2024).
4. Content policy and selection. Elsevier [internet]. Available at: <https://www.elsevier.com/products/scopus/content/content-policy-and-selection> (accessed 11 April 2024).
5. Web of Science Journal Evaluation Process and Selection Criteria. Clarivate [internet]. Available at: <https://clarivate.com/academia-government/scientific-and-academic-research/research-discovery-and-referencing/web-of-science/web-of-science-core>

международного сотрудничества, а также организацию регулярных научных семинаров и тренингов, направленных на повышение навыков публикационной активности. Важно повысить доступность современных исследовательских инфраструктур и баз данных, создать мотивационные механизмы для молодых ученых, включая предоставление грантов и стипендий, а также активнее интегрировать российских ученых в международные научные проекты и платформы для обмена опытом.

Данное исследование имеет ряд ограничений, включая отсутствие анализа количества публикаций российских ученых отдельно в высокорейтинговых журналах (Q1–Q2) и учета наличия первого и последнего соавторства в этих публикациях.

5. Заключение

Результаты анализа показывают, что в настоящее время в Российской Федерации количество научных коллективов и отдельных ученых в области спортивной медицины с публикационной активностью в международном сегменте, которая при дальнейшем развитии могла бы достичь уровня ведущих зарубежных исследователей, пока ограничено. Дальнейшее развитие данной области требует целенаправленных мер по усилению научной продуктивности и интеграции российских исследований в глобальное научное сообщество.

Author Contributions

All authors confirm adherence to ICMJE authorship criteria.

Elizaveta S. Kapralova — study conception and design, Scopus data collection and analysis, manuscript writing and editing.

Daria S. Baranova — data collection on Russian scientists' publication activity, statistical analysis, result visualization.

Anastasia S. Ostrovskaya — literature systematization on bibliometrics, critical data analysis, discussion contribution.

References

1. Bornmann L., Haunschild R., Mutz R. Growth Rates of Modern Science: a latent piecewise growth curve approach to model publication numbers from established and new literature databases. *Humanities and Social Sciences Communications*. 2021;8:224. <https://doi.org/10.1057/s41599-021-00903-w>
2. Russian Science Citation Index / Scientific electronic library eLIBRARY.RU [internet]. Available at: https://www.elibrary.ru/project_risc.asp? (accesed 11 April 2024). (In Russ.).
3. National library of medicine. PubMed [internet]. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov> (accesed 11 April 2024).
4. Content policy and selection. Elsevier [internet]. Available at: <https://www.elsevier.com/products/scopus/content/content-policy-and-selection> (accessed 11 April 2024).
5. Web of Science Journal Evaluation Process and Selection Criteria. Clarivate [internet]. Available at: <https://clarivate.com/academia-government/scientific-and-academic-research/research-discovery-and-referencing/web-of-science/web-of-science-core>

collection/editorial-selection-process/journal-evaluation-process-selection-criteria/ (accessed 11 April 2024).

6. Scopus now includes 90 million + content records! Scopus blog [internet]. Available at: <https://blog.scopus.com/posts/scopus-now-includes-90-million-content-records> (accessed 11 April 2024).

7. Resources for Librarians and Administrators. Clarivate [internet]. Available at: <https://clarivate.libguides.com/librarianresources/coverage> (accessed 11 April 2024).

8. Указ Президента РФ от 7 мая 2012 г. № 599 «О мерах по реализации государственной политики в области образования и науки» [интернет]. Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/35263>

9. **Орлов А.И.** О ключевых показателях эффективности научной деятельности. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [интернет]. 2015;(111):81–112. Режим доступа: <https://ej.kubagro.ru/2015/07/pdf/06.pdf>

10. Проект 5-100 [интернет]. Режим доступа: <http://5top100.ru/> (дата обращения: 11.04.2024).

11. **Hirsch J.E.** An index to quantify an individual's scientific research output. Proceedings of the National academy of Sciences. 2005;102(46):16569–16572. <https://doi.org/10.1073/pnas.0507655102>

12. Конкурсная документация на проведение открытого публичного конкурса на получение грантов Российского научного фонда по приоритетному направлению деятельности Российского научного фонда «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами» [интернет]. Режим доступа: <https://rscf.ru/upload/iblock/8af/d7ozbtjnoszo0cjcdm1dt1ukfxsub-v4xs.pdf> (дата обращения: 11.04.2024).

13. Старший научный сотрудник, Научный центр информационных технологий и искусственного интеллекта. Сириус [интернет]. Режим доступа: <https://siriusuniversity.ru/about/vacancies/starshiy-nauchnyy-sotrudnik-nts-itiii/> (дата обращения: 11.04.2024).

14. **Ramezanghorbani N., Rangraz M.H.** Sports Medicine: Scientometric of 10 Years of Global Scientific Productions. Iranian Journal of Public Health. 2023;52(9):1984–1994. <https://doi.org/10.18502/ijph.v52i9.13580>

collection/editorial-selection-process/journal-evaluation-process-selection-criteria/ (accessed 11 April 2024).

6. Scopus now includes 90 million + content records! Scopus blog [internet]. Available at: <https://blog.scopus.com/posts/scopus-now-includes-90-million-content-records> (accessed 11 April 2024).

7. Resources for Librarians and Administrators. Clarivate [internet]. Available at: <https://clarivate.libguides.com/librarianresources/coverage> (accessed 11 April 2024).

8. Decree of the President of the Russian Federation dated 7 May 2012 No 599 “On measures to implement the state policy in the field of education and science” [internet]. Available at: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/35263> (In Russ.).

9. **Orlov A.I.** About key indicators of the effectiveness of scientific activity. Polythematically network electronic scientific journal of Kuban State Agrarian University [internet]. 2015;(111):81–112. Available at: <https://ej.kubagro.ru/2015/07/pdf/06.pdf> (In Russ.).

10. Project 5-100 [internet]. Available at: <http://5top100.ru/> (accessed 11 April 2024). (In Russ.).

11. **Hirsch J.E.** An index to quantify an individual's scientific research output. Proceedings of the National academy of Sciences. 2005;102(46):16569–16572. <https://doi.org/10.1073/pnas.0507655102>

12. Competitive documentation for holding an open public competition for grants from the Russian Science Foundation in the priority area of activity of the Russian Science Foundation «Conducting fundamental scientific research and exploratory scientific research by individual research groups» [internet]. Available at: <https://rscf.ru/upload/iblock/8af/d7ozbtjnoszo0cjcdm1dt1ukfxsub-v4xs.pdf> (accessed 11 April 2024). (In Russ.).

13. Senior Research Scientist, Scientific Center for Information Technologies and Artificial Intelligence [internet]. Available at: <https://siriusuniversity.ru/about/vacancies/starshiy-nauchnyy-sotrudnik-nts-itiii/> (accessed 11 April 2024). (In Russ.).

14. **Ramezanghorbani N., Rangraz M.H.** Sports Medicine: Scientometric of 10 Years of Global Scientific Productions. Iranian Journal of Public Health. 2023;52(9):1984–1994. <https://doi.org/10.18502/ijph.v52i9.13580>

Информация об авторах:

Капралова Елизавета Сергеевна*, врач по спортивной медицине ФГБУ «Национальный центр спортивной медицины Федерального медико-биологического агентства», Россия, 121059, Москва, ул. Б. Дорогомиловская, 5; научный сотрудник Лаборатории спорта высших достижений, Россия, 125252, Москва, 3-я Песчаная ул., 2а, стр. 2. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8101-5949> (kapralovaeliz@gmail.com)

Барanova Дарья Сергеевна, лаборант Лаборатории спорта высших достижений, Россия, 125252, Москва, 3-я Песчаная ул., 2а, стр. 2. ORCID: <https://orcid.org/0009-009-0497-392X> (dasha-baranova@inbox.ru)

Островская Анастасия Станиславовна, лаборант Лаборатории спорта высших достижений, Россия, 125252, Москва, 3-я Песчаная ул., 2а, стр. 2 (nastyaostrowskaya@yandex.ru)

Information about the authors:

Elizaveta S. Kapralova*, research physician, National Center for Sports Medicine of the Federal Biomedical Agency of Russia, 5 B. Dorogomilovskaya St., 119048, Moscow, Russia; researcher of the High Performance Sports Laboratory, Russia, 125252, Moscow, 3rd Peschanaya 2A, building 2. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8101-5949> (kapralovaeliz@gmail.com)

Daria S. Baranova, Laboratory assistant of High Performance Sports Laboratory, Russia, 125252, Moscow, 3rd Peschanaya 2A, building 2. ORCID: <https://orcid.org/0009-009-0497-392X> (dasha-baranova@inbox.ru)

Anastasia S. Ostrovskaya, Laboratory assistant of High Performance Sports Laboratory, Russia, 125252, Moscow, 3rd Peschanaya 2A, building 2 (nastyaostrowskaya@yandex.ru)

* 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

