

ISSN 2223-2524 (Print)

ISSN 2587-9014 (Online)

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.2>



# Спортивная Медицина:

наука и практика



*Sports  
Medicine:*

research and practice

T. 13 №2

2023



# КЛИНИКА ЛУЖНИКИ спортивная медицина

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

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

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



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



СЕЧЕНОВСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ



КЛИНИКА ЛУЖНИКИ  
спортивная медицина

#### УЧРЕДИТЕЛИ:

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

# Спортивная медицина: наука и практика

## научно-практический журнал

#### ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

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

#### ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

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

#### ЗАМЕСТИТЕЛИ

##### ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

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

**Медведев И.Б.** — проф., д.м.н.

#### НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР

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

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Оганесян А.С.** — проф., д.б.н.

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

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

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

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

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

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

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

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

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



СЕЧЕНОВСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ



КЛИНИКА ЛУЖНИКИ  
СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА

## Founded by:

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

# Sports Medicine: Research and Practice

research and practical journal

## FOCUS AND SCOPE

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

## EDITOR-IN-CHIEF

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

## ASSOCIATE EDITORS

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

**Igor Medvedev** – M.D., D.Sc. (Medicine), Prof.

## SCIENTIFIC EDITOR

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

## EDITORIAL BOARD

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

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

**Oleg Glazachev** – M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Professor of the Department of Normal Physiology of the Sechenov

First Moscow State Medical University (Sechenov University) (Moscow, Russia)

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

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

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

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

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

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

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

**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)

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

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

Head of the Department of Ambulatory Therapy of the Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) (Moscow, Russia)

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

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

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

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

**Andrey Sreda** – 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)

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

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

**РУБРИКИ ЖУРНАЛА:**

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

**ВИДЫ ПУБЛИКУЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ:**

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

**Издатель:**

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

**Заведующий редакцией:**

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

**Редакция:**

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

**Типография:**

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

**Сайт:**

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

Подписано в печать 20.11.2023

Формат 60x90/8

Тираж 1000 экз.

Цена договорная

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

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

Плата за публикацию статей в журнале с аспирантов не взимается.

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

Журнал издается с 2011 года

Периодичность — 4 выпуска в год

Подписной индекс в каталоге «Пресса России» — 90998

© Спортивная медицина: наука и практика, оформление, 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

### Физиология и биохимия спорта

*Е.Д. Королева, М.С. Бутовский, Г.И. Малякин, А.М. Лазарев, Д.В. Тельшиев, Т.М. Вахидов*

Распространенность употребления алкоголя и предтренировочного кофеина и их влияние на травматизм и нарушения сна среди элитных молодых футболистов ... 5

*Э.Н. Безуглов, М.С. Шошорина, О.Б. Талибов*

Выраженность и динамика изменения сывороточной концентрации биохимических маркеров повреждения мышечной ткани у опытного ультрамарафонца после преодоления дистанции 165 км на фоне сохраняющейся физической нагрузки ... 13

### Спортивная травматология

*Д.Н. Дзукаев, А.А. Гринь, И.А. Музышев, В.В. Гулый, А.В. Борзенков, М.А. Сафронов, В.В. Пустовойтов, С.Т. Торчинов*

Инновационный способ межкостистой стабилизации позвоночника с использованием динамического импланта у профессионального элитного спортсмена как способ максимально быстрого возвращения к соревновательной деятельности ... 18

*В.Н. Николенко, М.В. Санькова, А.Д. Хегай, М.В. Оганесян, Н.А. Ризаева,*

*А.В. Саньков, Л.А. Гридин*

Профилактика разрыва ахиллова сухожилия при занятиях физической культурой и спортом: факторы предрасположенности ... 30

### Заболевания спортсменов

*А.С. Столярова, П.Л. Окороков, И.В. Зябкин, Е.В. Бабаева, Е.П. Исаева*

Особенности естественного течения субклинического гипотиреоза у юных элитных спортсменов ... 39

*Е.А. Теняева, Е.А. Турова, В.А. Бадтиева, Е.О. Оконкво*

Влияние перенесенной коронавирусной инфекции на заболевания эндокринной системы у спортсменов ... 46

### Реабилитация

*С.И. Джадаев, А.В. Джадаева, В.В. Иванов, М.В. Коврижных, Д.Т. Алиев, О.Э. Апрышко*

Применение медицинской виброплатформы в лечении пациентов с плантарным фасцитом ... 55

### Организация тренировочного процесса

*А.Т. Анверша, В. Рамалингам*

Систематический обзор: Значимость плиометрических тренировок для функциональных показателей и минеральной плотности костной ткани у баскетболистов разных возрастных групп ... 62

### Спортивное питание

*П. ван дер Бийл, П. ван дер Бийл (мл.)*

Сердечно-сосудистые эффекты анаболических андрогенных стероидов в пищевых добавках ... 77

*И.В. Кобелькова, М.М. Коростелева, Д.Б. Никитюк, Е.Н. Крикун*

Частота потребления специализированных пищевых продуктов студентами спортивного вуза и нарушение принципов их введения в рацион питания ... 84

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

Scopus

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА  
eLIBRARY.RU

ULRICHSWEB™  
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

РУКОИТ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦИФРОВОЙ РЕСУРС

INFOBASE INDEX

Crossref

SIS  
Scientific Indexing Services

INDEX COPERNICUS  
INTERNATIONAL

**FEATURED TOPICS:**

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

**TYPES OF PUBLISHED MATERIALS:**

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

**Publisher:**

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

**Deputy editor:**

**BEZUGLOV Eduard Nikolaevich** — M.D., C.Sc. (Medicine), Associate Professor of the Department of Sports Medicine and Medical Rehabilitation, Head of the High Performance Sports Laboratory of the Sechenov First Moscow State Medical University, Chairman of the Medical Committee of the Russian Football Union, Head of the Medical Department of PFC CSKA, E-mail: [bezuglov\\_e\\_n@staff.sechenov.ru](mailto: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](http://smjournal.ru)  
[neicon.ru](http://neicon.ru)

Published: 20 November 2023  
60x90/8 Format  
1000 Copies

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

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

There is no publication fee for postgraduate students.

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

Published since 2011

4 issues per year

«Russian Press» catalog index — 90998

© Sports medicine: research and practice, layout, 2023

**CONTENTS**

**Sports Physiology and Biochemistry**

- Egana D. Koroleva, Mikhail S. Butovskiy, Georgiy I. Malyakin, Artemii M. Lazarev, Danila V. Telyshev, Timur M. Vakhidov*  
The prevalence of alcohol and pre-workout caffeine consumption and their effect on injuries and sleep disorders in young elite soccer players. . . . . 5
- Eduard N. Bezuglov, Maria S. Shoshorina, Oleg B. Talibov*  
The severity and dynamics of changes in the serum concentration of biochemical markers of muscle tissue damage in an experienced ultramarathon runner after overcoming a distance of 165 km against the background of continuing physical activity. . . . . 13

**Sports Traumatology**

- Dmitry N. Dzukaev, Andrey A. Grin, Islam A. Muzyshv, Vladimir V. Guly, Anton V. Borzenkov, Mikhail A. Safronov, Vadim V. Pustovoytov, Soslan T. Torchinov*  
An innovative method of interosseous lumbar spine stabilization surgery using the dynamic implant in a professional athlete as a way to return to competitive activity as quickly as possible . . . . . 18
- Vladimir N. Nikolenko, Maria V. Sankova, Andrey D. Khagai, Marine V. Oganeyan, Negoria A. Rizaeva, Aleksey V. Sankov, Leonid A. Gridin*  
Achilles tendon rupture prevention in physical activity and sports: predisposition factors . . . 30

**Sports Diseases**

- Svetlana A. Stolyarova, Pavel L. Okorokov, Ilya V. Zyabkin, Elena V. Babaeva, Elena P. Isaeva*  
Features of the natural course of subclinical hypothyroidism in young athletes. . . . . 39
- Elena A. Tenyaeva, Elena A. Turova, Victoria A. Badtjeva, Emmanuella O. Okonkwo*  
Influence of the transferred coronavirus infection on diseases of the endocrine system in athletes. . . . . 46

**Rehabilitation**

- Sergey I. Dzhadayev, Anna V. Dzhadayeva, Viktor V. Ivanov, Maxim V. Kovrizhnyh, Daniil T. Aliev, Olga E. Aprishko*  
The use of a medical vibration platform in the treatment of patients with plantar fasciitis . . . 55

**Organization of Training Process**

- Ahamed T. Anversha, Vinodhkumar Ramalingam*  
A systematic review: significance of plyometric training on functional performance and bone mineral density in basketball players of different age groups . . . . . 62

**Sports Supplements**

- Pieter van der Bijl, Pieter van der Bijl (Jr)*  
Cardiovascular effects of anabolic-androgenic steroids in dietary supplements. . . . . 77
- Irina V. Kobelkova, Margarita M. Korosteleva, Dmitry B. Nikityuk, Evgeniy N. Krikun*  
Frequency of consumption of specialty food products by sports university students and violation of the principles of their introduction to the diets . . . . . 84

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





## Распространенность употребления алкоголя и предтренировочного кофеина и их влияние на травматизм и нарушения сна среди элитных молодых футболистов

Е.Д. Королева<sup>1</sup>, М.С. Бутовский<sup>2,3</sup>, Г.И. Малякин<sup>4</sup>, А.М. Лазарев<sup>5</sup>, Д.В. Тельшев<sup>4</sup>, Т.М. Вахидов<sup>4,\*</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» Управления делами Президента РФ, Москва, Россия

<sup>2</sup> Футбольный клуб «Рубин», Казань, Россия

<sup>3</sup> ФГБУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, Казань, Россия

<sup>4</sup> ФGAOУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия

<sup>5</sup> Госпиталь Маунт Синай, Чикаго, США

### РЕЗЮМЕ

**Цель:** изучить распространенность применения кофеина перед тренировками и алкоголя, а также их влияние на качество сна и травматизм среди молодых футболистов.

**Материалы и методы:** с использованием специальных анкет изучалась распространенность применения кофеина перед тренировками и алкоголя среди 236 элитных молодых футболистов в возрасте 11–21 лет, их влияние на нарушения сна и травматизм.

**Результаты:** 16,5% футболистов применяют перед тренировками кофеин. Чаще всего это происходит 1–2 раза в неделю и его потребление слабо положительно коррелирует с возрастом ( $p = 0,001$ ,  $R = 0,41$ ). Наиболее часто это встречается в возрастной группе 19–21 лет, где его потребление достигает 58,8%. 17,3% футболистов умеренно употребляют алкоголь и его потребление значительно коррелирует с возрастом. Наиболее часто алкоголь употреблялся в возрасте 19–21 год. Употребление алкоголя и кофеина значительно слабopоложительно коррелирует и повышает риск выраженных нарушений сна по анкете ASBQ (Athlete Sleep Behavior Questionnaire, анкета режима сна спортсмена). Кроме того, травматизм во время матчей и тренировок не зависел от употребления алкоголя ( $p = 0,076$ ) или кофеина ( $p = 0,14$ ) по критерию Краскела — Уоллиса. При этом нарушения сна по анкете ASBQ значительно коррелировали с травматизмом.

**Заключение:** выявлено широкое распространение употребления алкоголя и кофеина и их негативное влияние на сон среди футболистов в возрасте 11–21 год, но не выявлено связи применения этих субстанций и травматизма.

**Ключевые слова:** юные атлеты, футбол, кофеин, алкоголь, травма

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

**Для цитирования:** Королева Е.Д., Бутовский М.С., Малякин Г.И., Лазарев А.М., Тельшев Д.В., Вахидов Т.М. Распространенность употребления алкоголя и предтренировочного кофеина и их влияние на травматизм и нарушения сна среди элитных молодых футболистов. Спортивная медицина: наука и практика. 2023;13(2):5–12. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.2.4>

Поступила в редакцию: 20.08.2023

Принята к публикации: 24.09.2023

Online first: 09.10.2023

Опубликована: 21.11.2023

\* Автор, ответственный за переписку

# The prevalence of alcohol and pre-workout caffeine consumption and their effect on injuries and sleep disorders in young elite soccer players

Egana D. Koroleva<sup>1</sup>, Mikhail S. Butovskiy<sup>2,3</sup>, Georgiy I. Malyakin<sup>4</sup>, Artemii M. Lazarev<sup>5</sup>,  
Danila V. Telyshev<sup>4</sup>, Timur M. Vakhidov<sup>4,\*</sup>

<sup>1</sup> Central Clinical Hospital with Out-patient Clinic of the Department of Affairs of the President of the Russian Federation, Moscow, Russia

<sup>2</sup> FC Rubin, Kazan, Russia

<sup>3</sup> Department of Medical Rehabilitation and Sports Medicine, Kazan State Medical University, Kazan, Russia

<sup>4</sup> Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

<sup>5</sup> Mount Sinai Hospital, Chicago, USA

## ABSTRACT

**Aim:** to study the prevalence of alcohol and pre-workout caffeine use and their impact on sleep quality and injury among the young soccer players.

**Methods:** this study examined the prevalence of alcoholic beverages and pre-workout caffeine consumption in young soccer players, as well as the effect of these substances on sleep disorders and injuries among 236 elite athletes aged 11–21 years.

**Results:** 16.5 % of soccer players use pre-workout caffeine. Most often 1–2 times per week. Caffeine consumption is weakly positively correlated with age ( $p < 0,001$ ,  $R = 0,41$ .) and is most common in the age group of 19–21 years with consumption rates at 58.8 %. 17.3 % of young soccer players consume alcohol moderately and its consumption significantly correlates with age. Most often alcohol was consumed at the age of 19–21 years. Alcohol and caffeine consumption are significantly, but weakly correlated with the risk of severe sleep disorders on the Athlete Sleep Behavior Questionnaire (ASBQ). However, injuries during matches and training sessions did not depend on alcohol ( $p = 0.076$ ) or caffeine ( $p = 0.14$ ) consumption according to the Kruskal — Wallis test. At the same time, sleep disorders on the ASBQ significantly correlated with injury.

**Conclusion:** the widespread use of alcohol and caffeine, and their negative impact on sleep among soccer players aged 11–21 years were revealed, but there was no connection between the use of these substances and injuries.

**Keywords:** young athletes, soccer, caffeine, alcohol, injury, sleep, injury prevention

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

**For citation:** Koroleva E.D., Butovskiy M.S., Malyakin G.I., Lazarev A.M., Telyshev D.V., Vakhidov T.M. The prevalence of alcohol and pre-workout caffeine consumption and their effect on injuries and sleep disorders in young elite soccer players. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2023;13(2):5–12. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.2.4>

**Received:** 20 August 2023

**Accepted:** 24 September 2023

**Online first:** 9 October 2023

**Published:** 21 November 2023

\*Corresponding author

## 1. Введение

Одним из наиболее популярных видов спорта является футбол. В мире насчитывается 265 миллионов активных футболистов, и их число постепенно увеличивается [1]. Многочисленные исследования посвящены изучению влияния различных субстанций (в т.ч. добавок с кофеином и алкоголем) на различные аспекты физической работоспособности и восстановления спортсменов, а также разработке мер профилактики травматизма [2, 3].

Кофеинсодержащую продукцию можно смело отнести к одной из самой популярной и часто употребляемой в мире. Ее употребление среди популяции в разных странах варьируется от 90 до 348 литров на душу населения в год [4], что не должно вызывать удивления, поскольку данный алкалоид содержится как в популярных безалкогольных напитках (чай, кофе, какао/шоколад, энергетические напитки), так и в специальных диетических

добавках и некоторых лекарственных средствах, что дополняет их приятный вкус и аромат еще и эргогенным эффектом [5]. Среди спортсменов кофеин также широко распространен благодаря прежде всего данному эффекту [6]. Например, в исследовании Aguilar-Navarro и соавт. изучалась распространенность использования кофеина спортсменами, которые проходили допинг-контроль. Анализ почти 7500 образцов мочи продемонстрировал, что процент образцов с определяемым содержанием кофеина (т.е. более 0,1 мкг/мл) увеличился с ~ 70,1 % в 2004–2008 годах до 75,7 % в 2015 году. Распространенность употребления кофеина значительно возросла в 2004–2015 годах в водных видах спорта, легкой атлетике, боксе, дзюдо, футболе, тяжелой атлетике и гребле. А виды спорта, в которых спортсмены имели самую высокую концентрацию кофеина в моче, например, в 2015 году — это велоспорт, легкая атлетика и гребля [7].



Широкое использование кофеина в спорте связано с подтвержденным положительным эффектом на функции организма, такие как выносливость, скоростно-силовые и анаэробные показатели [8–11]. Существуют убедительные данные, подтверждающие, что кофеин при употреблении его до тренировки в дозе 3–6 мг на килограмм массы тела может улучшать спортивные результаты, что относительно недавно было признано Международным олимпийским комитетом [12]. В то же время необходимо отметить, что кофеин все еще находится в списке мониторинга ВАДА [7] — это связано с обеспокоенностью о возможных негативных эффектах на различные аспекты здоровья спортсменов, в т. ч. детей и юношей. Так, по данным Salinero и соавт., после использования энергетических напитков, содержащих низкие и умеренные дозы кофеина, среди спортсменов наблюдались такие побочные эффекты, как нервозность и бессонница [13, 14].

Алкоголь также относится к наиболее часто употребляемым веществам, в том числе и среди подростков [15]. Так, согласно данным исследования Marshall и соавт., проведенного среди американских школьников и студентов (средний возраст 15,8 лет), 79% употребляли алкоголь хотя бы один раз за последние 12 месяцев, а 57% как минимум один раз за последние 30 дней [16]. В целом элитные атлеты потребляют меньше алкоголя, чем общая популяция, однако потребление алкоголя среди элитных спортсменов все равно значительно [17]. Martinsen и соавт. пишут, что до 36,5% элитных норвежских спортсменов-подростков употребляют алкоголь, при этом количество употребляющих среди контрольной группы, не занимающейся спортом, составляет 63% [3]. Считается доказанным, что алкоголь негативно влияет на различные аспекты спортивного перформанса и восстановления, такие как иммуно-эндокринные факторы, гемодинамику и белок-синтетическую функцию [17–19]. Его употребление у спортсменов вызывает бессонницу и способствует снижению продолжительности сна и недосыпанию, усугубляя дневную сонливость, что может нарушать нормальные процессы восстановления [20].

Нельзя и забывать про совместное употребление алкоголя с кофеинсодержащей продукцией: существуют кофейные напитки с алкоголем, а также более популярные и опасные смеси энергетических напитков с алкоголем (AmED — alcohol mixed with energy drinks). Несмотря на тенденцию к частичному снижению, до сих пор сохраняется использование AmED на значительном уровне: 37% среди студентов старших курсов, по данным систематического обзора и метаанализа Andrea и соавт. [21]. Данное сочетание помимо излишней нагрузки на организм человека несет и негативные социальные аспекты его применения, включая увеличение риска совершения насилия, езды в нетрезвом виде и склонности к употреблению запрещенных веществ [22]. Причем механизм данного явления изучен и включает в себя

снижение психомоторной депрессии, вызванной алкоголем, и ложно-субъективное ощущение чувства трезвости [23].

Здоровый и достаточный по продолжительности сон считается одним из главных аспектов современных стратегий постнагрузочного восстановления [14, 24]. Лишение сна отрицательно влияет на спортивную результативность и восстановление. Недостаточное количество сна может быть связано с повышенным травматизмом среди спортсменов, в т. ч. и у подростков [25–28]. Причем профессиональные футболисты входят в группу по нарушениям сна, и ряд авторов связывают это с большим количеством перелетов, поздним временем начала матчей и употреблением кофеина [29].

В то же время недостаточно изучена распространенность применения алкоголя и кофеина **перед тренировками**, а также их влияние на качество сна и травматизм в группе молодых футболистов футбольных академий, в связи с чем проведение подобного исследования может иметь большой практический интерес.

## 2. Материалы и методы

### Этический комитет

Протокол исследования был согласован с локальным этическим комитетом (№ 05–21 от 10.03.2021). Все процедуры, выполненные в данном исследовании с участием людей, соответствовали этическим стандартам институционального и/или национального исследовательского комитета, а также Хельсинкской декларации 1964 года и более поздним поправкам к ней или сопоставимым этическим стандартам.

Все этапы исследования соответствовали законодательству Российской Федерации. Все участники исследования дали свое информированное согласие. Было получено согласие родителей всех участников исследования в возрасте до 18 лет. Спортсмены, достигшие 18 лет, предоставили форму согласия самостоятельно.

### Участники

Исследование проводилось ноябре—декабре 2019 года на кафедре спортивной медицины и медицинской реабилитации Первого Московского государственного медицинского университета им. Сеченова и Лаборатории спорта высших достижений Московского университета Витте.

Это исследование суммирует данные, полученные в ходе анонимного тестирования когорты из 236 футболистов мужского пола из ведущих футбольных академий, молодежных и вторых команд двух ведущих клубов Российской Премьер-лиги, а также трех юношеских сборных команд России по футболу. Были опрошены игроки в возрасте от 11 до 21 года, которые не имели противопоказаний для занятий спортом и регулярно участвовали в тренировочной и соревновательной деятельности.

Для всех участников исследования футбол был основным видом деятельности, тренировки проходили 5–7 раз в неделю, а возраст начала регулярной тренировочной деятельности составлял 6–7 лет.

Все участники исследования постоянно проживали в Москве.

#### Критерии исключения

Критериями исключения из исследования были: отказ от участия в исследовании; неучастие в тренировках и играх более 7 дней по причинам, не связанным с травмами и заболеваниями; наличие аллергии на кофеин; участие в играх позднее 19:00 на протяжении трех месяцев до анкетирования; перенесенные операции в течение года перед анкетированием; возраст более 21 года.

#### Изучение распространенности нарушений сна и применения кофеина перед тренировкой в исследуемой когорте

Изучение распространенности нарушений сна и применения кофеина проводилось при заполнении анкеты изучения нарушений сна у спортсменов The Athlete Sleep Behavior Questionnaire (ASBQ), предложенной Driller и соавт. [30]. Согласно этой анкете, выраженные нарушения сна диагностировались при наборе 42 баллов и выше. Сниженное качество сна определялось при наборе 36–42 баллов [30].

Опросом оценивалась частота применения кофеинсодержащих продуктов во время тренировок и соревнования. По частоте применения было выделено несколько групп: не применяющие кофеин во время тренировок, применяющих кофеин 1 раз в неделю, 2 раза в неделю, 3 раза в неделю и 4 раза в неделю. Среди участников исследования не было спортсменов, применяющих кофеинсодержащие продукты во время тренировок чаще четырех раз в неделю.

#### Изучение распространенности применения алкоголя

Распространенность применения алкоголя проводилась с использованием анкеты The Alcohol Use Disorders Identification Test-Concise (AUDIT-C), согласно которой имеется несколько степеней употребления алкоголя. Оценка в 1–3 балла по анкете AUDIT-C соответствует умеренному употреблению алкоголя, набор четырех и более баллов расценивался как злоупотребление [31].

#### Изучение травматизма в изучаемой когорте

Ретроспективно с помощью анкетирования изучался травматизм в течение 3 месяцев до проведения анкетирования. Учитывались все виды травм, полученные во время тренировок и игр, приведшие к пропуску более двух тренировок. Все травмы были разделены на две группы: бесконтактные и контактные (включая сотрясения головного мозга).

#### Статистический анализ

Для статистического анализа использовалось программное обеспечение IBM SPSS Statistics v.23.0 (IBM, Нью-Йорк, США). Описательная статистика и критерий Колмогорова — Смирнова использовались для определения нормальности распределения.

#### 3. Результаты

236 субъектов заполнили анкеты на потребление кофеина. Однако не все испытуемые заполнили все анкеты одинаково, многие заполнили их частично. В результате проведенного исследования выявлено, что 16,5% ( $n = 39$ ) участников исследования применяют кофеинсодержащие продукты как средства стимуляции во время тренировок и соревнований. Чаще всего это происходит 1 раз в неделю (11% от общего числа,  $n = 26$ ), 5% принимали его 2 раза в неделю ( $n = 11$ ), 1% принимал его 3 раза в неделю ( $n = 2$ ). При этом не выявлено спортсменов, применяющих кофеин чаще четырех раз в неделю. Степень потребления кофеина слабо положительно коррелирует с возрастом ( $p < 0,001$ ,  $R = 0,41$ ). Наиболее часто кофеинсодержащие продукты применяются в возрастной группе 19–21 лет, где его употребление составило 51% ( $n = 25$ ) (табл. 1). В возрастной группе 11–13 лет кофеин перед тренировками почти не использовался. Потребление кофеина перед тренировками повышает риск нарушений сна по анкете ASBQ ( $p < 0,001$ , ОШ = 3,107, 95% ДИ: 1,85–5,21).

216 человек заполнили анкеты по потреблению алкоголя. В результате проведенного исследования выявлено, что 19% футболистов употребляют алкоголь. В подавляющем большинстве случаев потребление умеренное и соответствует 1–2 баллам по анкете AUDIT-C ( $n = 38$ , 18%). Употребление алкоголя значимо положительно коррелирует с возрастом ( $p < 0,001$ ,  $R = 0,45$ ). Наиболее часто употребление алкоголя наблюдается в возрасте 19–21 года, где количество употребляющих алкоголь спортсменов составило 44,9% ( $n = 22$ ). Всего же в возрастной группе 17–21 год алкоголь применялся среди 31,5% ( $n = 41$ ) спортсменов. В возрастной группе 11–16 лет все 100% заполнивших анкету респондентов набрали 0 баллов (табл. 2). Употребление алкоголя повышает риск нарушений сна по анкете ASBQ ( $p = 0,004$ , ОШ = 2,189, 95% ДИ: 1,28–3,75).

Употребление алкоголя и кофеина значимо слабоположительно коррелируют между собой ( $p < 0,001$ ,  $R = 0,29$ ).

Количество спортсменов со сниженным качеством сна по анкете ASBQ составило 15,7% ( $n = 37$ ), а с выраженными нарушениями сна — 9,7% ( $n = 23$ ) человека.

Степень потребления кофеина повышала риск сниженного качества сна ( $p = 0,001$ , ОШ = 2,61, 95% ДИ: 1,5–4,54) и повышала риск нарушений сна ( $p = 0,006$ , ОШ = 2,43, 95% ДИ: 1,29–4,55).

Степень потребления алкоголя повышала риск сниженного качества сна ( $p = 0,007$ , ОШ = 2,31, 95% ДИ:

Таблица 1

Потребление кофеина по возрастным группам (в скобках указан процент участников из данной возрастной группы, которые заполнили анкету)

Table 1

Caffeine consumption by age group (the percentage of participants from this age group who filled out the questionnaire is indicated in parentheses)

Возраст/Употребление кофеина	Никогда	1 раз в неделю	2 раза в неделю	3 раза в неделю
11 лет, n (%)	18 (94,7)	0	0	1 (5,3)
12 лет, n (%)	15 (100)	0	0	0
13 лет, n (%)	18 (100)	0	0	0
14 лет, n (%)	11 (91,7)	1 (8,3)	0	0
15 лет, n (%)	20 (100)	0	0	0
16 лет, n (%)	4 (100)	0	0	0
17 лет, n (%)	39 (86,7)	4 (8,9)	2 (4,4)	0
18 лет, n (%)	48 (88,9)	2 (3,7)	4 (7,4)	0
19 лет, n (%)	9 (56,3)	5 (31,3)	1 (6,3)	1 (6,3)
20 лет, n (%)	11 (68,8)	4 (25)	1 (6,3)	0
21 год, n (%)	4 (23,5)	10 (58,8)	3 (17,6)	0

Таблица 2

Потребление алкоголя по возрастным группам (в скобках указан процент участников из данной возрастной группы, которые согласились заполнить анкету)

Table 2

Alcohol consumption by age group (the percentage of participants from this age group who agreed to fill out the questionnaire is indicated in parentheses)

Возраст/AUDIT-C score	0	1	2	3	4
11–16 лет	86 (97,7)	0	0	0	0
17 лет	23 (51,1)	4 (8,9)	0	0	0
18 лет	39 (72,2)	15 (27,8)	0	0	0
19 лет	9 (56,3)	6 (37,5)	0	0	1 (6,3)
20 лет	11 (68,8)	3 (18,8)	2 (12,5)	0	0
21 год	7 (41,2)	7 (41,2)	1 (5,9)	2 (11,8)	0

1,26–4,22) и не влияла на риск развития выраженных нарушений сна ( $p = 0,173$ ).

Степени потребления кофеина и алкоголя суммарно повышали риск снижения качества сна ( $p < 0,001$ , ОШ = 2,238, 95% ДИ: 1,52–3,29), а также повышали риск развития выраженных нарушений сна ( $p = 0,007$ , ОШ = 1,83, 95% ДИ: 1,18–2,84).

В течение трех месяцев до анкетирования участниками исследования было получено 46 травм. Наиболее часто травмы случались в возрастной группе 17–20 лет. Самыми частыми травмами были — повреждение связок голеностопного сустава (21,7%) и надрыв приводящих мышц (15,3%).

Среди них преобладали бесконтактные травмы мышц и суставов нижних конечностей — 73% всех случаев. В двух случаях было зафиксировано сотрясение головного мозга.

Травматизм в течение 3 месяцев до анкетирования не зависел от употребления алкоголя ( $p = 0,076$ ) и кофеина ( $p = 0,14$ ) по критерию Краскела — Уоллиса. Травматизм не зависел от употребления кофеина ( $p = 0,329$ ), алкоголя ( $p = 0,885$ ) и суммарно от кофеина и алкоголя ( $p = 0,503$ ).

По критерию  $\chi^2$  зависимости между низким качеством сна и травматизмом выявлено не было ( $p = 0,24$ ).

#### 4. Обсуждение

В исследовании была проанализирована распространенность употребления кофеина перед тренировками и алкоголя среди молодых футболистов футбольных академий. С увеличением возраста увеличивается и употребление кофеина перед тренировками и алкоголя. Так, потребление алкоголя возрастает от 0% среди участников возрастной группы 11–16 лет до 58,9% в группе

самых старших участников. При этом кофеин перед тренировками хотя бы один раз в неделю употребляет только 5,3% среди 11-летних и уже 76,4% среди 21-летних футболистов.

Употребление кофеина повышает риск развития и сниженного качества сна и выраженных его нарушений, тогда как прием алкоголя повышает развитие только сниженного качества сна. В проведенном исследовании не было выявлено влияния как совместного употребления этих субстанций на травматизм, так и отдельно их влияния на низкое качества сна и травматизм.

Исследователи Frączek и соавт. отметили, что популярность употребления кофеина в качестве эргогенной субстанции была умеренной: 55,1% среди всех исследуемых спортсменов. Причем 43,3% принимали его периодически и только 11,8% постоянно. Среди молодых атлетов (18–23 года) 56,1% принимали кофеин с различной частотой [32]. В нашем же исследовании только 16,5% участников принимали кофеин, а среди спортсменов в возрасте 18–21 года его принимали 35%. Стоит учитывать, что участники проведенного исследования были значительно моложе. Статей, посвященных распространению принятия кофеина у футболистов более молодого возраста, нам найти не удалось.

В исследовании Martinsen и соавт. среди шестнадцатилетних норвежских атлетов выявлено широкое распространение употребления алкоголя, достигающее 36,5% [3]. В нашем же исследовании 19% атлетов принимали алкоголь, при этом наибольшее употребление наблюдается в возрасте 19–21 года. В данной группе количество употребляющих алкоголь спортсменов составило 44%.

Интересно, что в проведенном исследовании не было обнаружено взаимосвязи между сниженным качеством сна и травматизмом. Тогда как недостаточное количество сна может быть связано с повышенным травматизмом среди спортсменов, в том числе и у подростков

#### Вклад авторов

**Королева Егана Джахангировна** — концепция и дизайн публикации, написание первой версии текста;

**Бутовский Михаил Сергеевич** — концепция и дизайн публикации, написание первой версии текста;

**Малякин Георгий Ильич** — написание и редактирование текста, сбор и анализ данных исследования;

**Лазарев Артемий Михайлович** — написание и редактирование текста, сбор и анализ литературных данных;

**Тельшев Данила Васильевич** — сбор и анализ литературных данных;

**Вахидов Тимур Маратович** — написание и редактирование текста, сбор и анализ данных исследования.

[25–28]. Так, в метаанализе Gao и соавт. указывается, что хроническое отсутствие сна у подростков ассоциировано с высоким риском травматизма. Возможно, отсутствие взаимосвязи в нашем случае можно объяснить использованием субъективных методов оценки (анкеты), его ретроспективным характером или ограниченной выборкой участников.

К ограничениям нашего исследования можно отнести то, что основной акцент при изучении вопроса потребления кофеина был направлен на кофеин, используемый перед тренировками, и не было учтено, что в повседневной жизни спортсмены также могут потреблять его (к примеру, в составе напитков или продуктов), что безусловно может оказать влияние на цикл сон–бодрствование. Кроме того, отсутствовала контрольная группа. Еще одним ограничением является отсутствие валидации русскоязычной версии анкеты ASBQ. Был использован перевод, осуществленный профессиональным редактором, знакомым со спецификой вида спорта.

Будущие исследования могут быть направлены на распространенность приема никотинсодержащих средств среди подростковых элитных атлетов, в том числе снюса, а также на объективизацию влияния различных субстанций на травматизм и качество сна.

#### 5. Заключение

Выявлена широкая распространенность применения кофеина перед тренировками и алкоголя, а также их негативное влияние на сон среди футболистов футбольных академий в возрасте 11–21 лет, но не выявлено связи применения этих субстанций и травматизма. Однако выраженные нарушения сна оказывают значимое влияние на травматизм, что позволяет сделать вывод о том, что зависимость нарушений сна и травматизма не связана с применением изучаемых в этом исследовании субстанций.

#### Authors' contributions:

**Egana D. Koroleva** — concept and publication design, writing the first draft of manuscript;

**Mikhail S. Butovskiy** — concept and publication design, writing the first draft of manuscript;

**Georgiy I. Malyakin** — editing of the text, collection and analysis of study data;

**Artemii M. Lazarev** — editing of the text, collection and analysis of literature;

**Danila V. Telyshev** — collection and analysis of literature;

**Timur M. Vakhidov** — editing of the text, collection and analysis of study data.

## Список литературы / References

1. **Herrero H., Salinero J.J., del Coso J.** Injuries among Spanish male amateur soccer players: a retrospective population study. *Am. J. Sports Med.* 2014;42(1):78–85. <https://doi.org/10.1177/0363546513507767>
2. Committee on Nutrition and the Council on Sports Medicine and Fitness. Sports drinks and energy drinks for children and adolescents: are they appropriate? *Pediatrics.* 2011;127(6):1182–1189. <https://doi.org/10.1542/peds.2011-0965>
3. **Martinsen M., Sundgot-Borgen J.** Adolescent elite athletes' cigarette smoking, use of snus, and alcohol. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2014;24(2):439–446. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2012.01505.x>
4. **Reyes C.M., Cornelis M.C.** Caffeine in the Diet: Country-Level Consumption and Guidelines. *Nutrients.* 2018;10(11):1772. <https://doi.org/10.3390/nu10111772>
5. **Nieber K.** The Impact of Coffee on Health. *Planta Med.* 2017;83(16):1256–1263. <https://doi.org/10.1055/s-0043-115007>
6. **Puente C., Abian-Vicen J., Salinero J.J., Lara B., Areces F., del Coso J.** Caffeine Improves Basketball Performance in Experienced Basketball Players. *Nutrients.* 2017;9(9):1033. <https://doi.org/10.3390/nu9091033>
7. **Aguilar-Navarro M., Munoz G., Salinero J.J., Munoz-Guerra J., Fernandez-Alvarez M., Plata M.D.M., del Coso J.** Urine Caffeine Concentration in Doping Control Samples from 2004 to 2015. *Nutrients.* 2019;11(2):286. <https://doi.org/10.3390/nu11020286>
8. **Mielgo-Ayuso J., Calleja-Gonzalez J., del Coso J., Urdampilleta A., Leon-Guereno P., Fernandez-Lazaro D.** Caffeine Supplementation and Physical Performance, Muscle Damage and Perception of Fatigue in Soccer Players: A Systematic Review. *Nutrients.* 2019;11(2):440. <https://doi.org/10.3390/nu11020440>
9. **Grgic J., Trexler E.T., Lazinica B., Pedisic Z.** Effects of caffeine intake on muscle strength and power: a systematic review and meta-analysis. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2018;15:11. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0216-0>
10. **Southward K., Rutherford-Markwick K.J., Ali A.** The Effect of Acute Caffeine Ingestion on Endurance Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* 2018;48(8):1913–1928. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0939-8>
11. **Souza D.B., del Coso J., Casonatto J., Polito M.D.** Acute effects of caffeine-containing energy drinks on physical performance: a systematic review and meta-analysis. *Eur. J. Nutr.* 2017;56(1):13–27. <https://doi.org/10.1007/s00394-016-1331-9>
12. **Maughan R.J., Burke L.M., Dvorak J., Larson-Meyer D.E., Peeling P., Phillips S.M., et al.** IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *Br. J. Sports Med.* 2018;52(7):439–455. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099027>
13. **Salinero J.J., Lara B., Abian-Vicen J., Gonzalez-Millan C., Areces F., Gallo-Salazar C., Ruiz-Vicente D., del Coso J.** The use of energy drinks in sport: perceived ergogenicity and side effects in male and female athletes. *Br. J. Nutr.* 2014;112(9):1494–1502. <https://doi.org/10.1017/S0007114514002189>
14. **Nedelec M., Halson S., Delecroix B., Abaidia A.-E., Ahmaidi S., Dupont G.** Sleep Hygiene and Recovery Strategies in Elite Soccer Players. *Sports Med.* 2015;45(11):1547–1559. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0377-9>
15. **Grant B.F., Chou S.P., Saha T.D., Pickering R.P., Kerridge B.T., Ruan W.J., et al.** Prevalence of 12-Month Alcohol Use, High-Risk Drinking, and DSM-IV Alcohol Use Disorder in the United States, 2001–2002 to 2012–2013: Results From the National Epidemiologic Survey on Alcohol and Related Conditions. *JAMA Psychiatry.* 2017;74(9):911–923. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2017.2161>
16. **Marshall E.J.** Adolescent alcohol use: risks and consequences. *Alcohol Alcohol.* 2014;49(2):160–164. <https://doi.org/10.1093/alcalc/agt180>
17. **McDuff D., Stull T., Castaldelli-Maia J.M., Hitchcock M.E., Hainline B., Reardon C.L.** Recreational and ergogenic substance use and substance use disorders in elite athletes: a narrative review. *Br. J. Sports Med.* 2019;53(12):754–760. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-100669>
18. **Barnes M.J.** Alcohol: impact on sports performance and recovery in male athletes. *Sports Med.* 2014;44(7):909–919. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0192-8>
19. **Vella L.D., Cameron-Smith D.** Alcohol, athletic performance and recovery. *Nutrients.* 2010;2(8):781–789. <https://doi.org/10.3390/nu2080781>
20. **Roehrs T., Roth T.** Sleep, sleepiness, and alcohol use. *Alcohol Res. Health.* 2001;25(2):101–109.
21. **De Giorgi A., Valeriani F., Gallè F., Ubaldi F., Bargellini A., Napoli C., et al.** Alcohol Mixed with Energy Drinks (AmED) Use among University Students: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients.* 2022;14(23):4985. <https://doi.org/10.3390/nu14234985>
22. **Speroni J., Fanniff A.M., Edgemon J.M., Martini V., Haas A.L.** Alcohol mixed with energy drinks and aggressive behaviors in adolescents and young adults: A systematic review. *Clin. Psychol. Rev.* 2023;104:102319. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2023.102319>
23. **Marczinski C.A., Fillmore M.T.** Energy drinks mixed with alcohol: what are the risks? *Nutr. Rev.* 2014;72:98–107. <https://doi.org/10.1111/nure.12127>
24. **Watson A.M.** Sleep and Athletic Performance. *Curr. Sports Med. Rep.* 2017;16(6):413–418. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000418>
25. **Gao B., Dwivedi S., Milewski M.D., Cruz A.I.J.** Lack of Sleep and Sports Injuries in Adolescents: A Systematic Review and Meta-analysis. *J. Pediatr. Orthop.* 2019;39(5):e324–e333. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000001306>
26. **Copenhaver E.A., Diamond A.B.** The Value of Sleep on Athletic Performance, Injury, and Recovery in the Young Athlete. *Pediatr. Ann.* 2017;46(3):e106–e111. <https://doi.org/10.3928/19382359-20170221-01>
27. **Simpson N.S., Gibbs E.L., Matheson G.O.** Optimizing sleep to maximize performance: implications and recommendations for elite athletes. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2017;27(3):266–274. <https://doi.org/10.1111/sms.12703>
28. **Owens J.A., Weiss M.R.** Insufficient sleep in adolescents: causes and consequences. *Minerva Pediatr.* 2017;69(4):326–336. <https://doi.org/10.23736/S0026-4946.17.04914-3>
29. **Juliff L.E., Peiffer J.J., Halson S.L.** Night Games and Sleep: Physiological, Neuroendocrine, and Psychometric Mechanisms. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2018;13(7):867–873. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2016-0809>
30. **Driller M.W., Mah C.D., Halson S.L.** Development of the athlete sleep behavior questionnaire: A tool for identifying maladaptive sleep practices in elite athletes. *Sleep Sci.* 2018;11(1):37–44. <https://doi.org/10.5935/1984-0063.20180009>
31. **Frank D., DeBenedetti A.F., Volk R.J., Williams E.C., Kivlahan D.R., Bradley K.A.** Effectiveness of the AUDIT-C as a screening test for alcohol misuse in three race/ethnic groups. *J. Gen. Intern. Med.* 2008;23(6):781–787. <https://doi.org/10.1007/s11606-008-0594-0>
32. **Frączek B., Warzecha M., Tyrała F., Pięta A.** Prevalence of the use of effective ergogenic aids among professional athletes. *Rocz. Panstw. Zakl. Hig.* 2016;67(3):271–278.

**Информация об авторах:**

**Королева Егана Джахангировна**, заведующий отделением лечебного питания, врач-диетолог ФГБУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» Управления делами Президента РФ, Россия, 121359, Москва, ул. Маршала Тимошенко, 15 (Egana.murtuzova@mail.ru)

**Бутовский Михаил Сергеевич**, главный врач медицинского штаба ФК «Рубин», Казань, Россия, 420010, Казань, ул. Хади Такташ, 1 офис 1.4; ассистент кафедры реабилитации и спортивной медицины ФГБУ ВО «Казанский государственный медицинский университет», Россия, 420064, Казань, Оренбургский тракт, 138 (drmike81@inbox.ru)

**Малякин Георгий Ильич**, младший научный сотрудник Лаборатории спорта высших достижений ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова», Россия, 125252, Москва, 3-я Песчаная ул., 2а, стр. 2; ординатор 2-го года кафедры спортивной медицины и медицинской реабилитации ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова», Россия, 119435, Москва, Большая Пироговская ул., 2 стр. 9 (malyakin\_g\_i@staff.sechenov.ru)

**Лазарев Артемий Михайлович**, резидент 2-го года кафедры внутренних болезней — Госпиталь Маунт Синай, США, 60608, Chicago, IL, S Fairfield Ave., 1500 (lazarevartemii1@gmail.com)

**Тельшев Данила Васильевич**, студент 6-го курса Института клинической медицины им. Склифосовского ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова», Россия, 119991, Москва, ул. Трубецкая, 8 стр. 2 (danilking001@gmail.com)

**Вахидов Тимур Маратович\***, лаборант Лаборатории спорта высших достижений ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова», Россия, 125252, Москва, 3-я Песчаная ул., 2а, стр. 2; студент ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова», Россия, 119991, Москва, ул. Трубецкая, 8 стр. 2 (vakhidov\_t\_m@staff.sechenov.ru)

**Information about the authors:**

**Egana D. Koroleva**, Head of the Therapeutic Nutrition department, dietitian of Central Clinical Hospital with Out-Patient Clinic of the Department of Affairs of the President of the Russian Federation, Russia, 121359, Moscow, Marshal Timoshenko str., 15 (Egana.murtuzova@mail.ru)

**Mikhail S. Butovskiy**, Chief Physician of FC Rubin, Russia, 420064, Kazan, Orenburg tract, 138; Assistant of Department of Rehabilitation and Sports Medicine, Kazan State Medical University, Russia, 420010, Kazan, Hadi Taktash str., 1 office 1.4 (drmike81@inbox.ru)

**Georgiy I. Malyakin**, Junior Researcher of High Performance Sports Laboratory, Sechenov First Moscow State Medical University, Russia, 125252, Moscow, 3rd Peschanaya str., 2A building 2; 2nd year Resident of Department of Sport Medicine and Medical Rehabilitation, Sechenov First Moscow State Medical University, Russia, 119435, Moscow, Bolshaya Pirogovskaya str., 2 building 9 (malyakin\_g\_i@staff.sechenov.ru)

**Artemii M. Lazarev**, 2<sup>nd</sup>-year Resident, Department of Internal Medicine, Mount Sinai Hospital, USA, 60608, Chicago, IL, S Fairfield Ave, 1500 (lazarevartemii1@gmail.com)

**Danila V. Telyshev**, 6<sup>th</sup>-year student of Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine Sechenov First Moscow State Medical University, Russia, 119991, Moscow, Trubetskaya str., 8 building 2 (danilking001@gmail.com)

**Timur M. Vakhidov\***, Laboratory assistant of High Performance Sports Laboratory, Sechenov First Moscow State Medical University, Russia, 125252, Moscow, 3rd Peschanaya str., 2A building 2; Student of Sechenov First Moscow State Medical University, Russia, 119991, Moscow, Trubetskaya str., 8 building 2 (vakhidov\_t\_m@staff.sechenov.ru)

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author



## Выраженность и динамика изменения сывороточной концентрации биохимических маркеров повреждения мышечной ткани у опытного ультрамарафонца после преодоления дистанции 165 км на фоне сохраняющейся физической нагрузки

Э.Н. Безуглов<sup>1,\*</sup>, М.С. Шошорина<sup>1</sup>, О.Б. Талибов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГАУ ВО «Первый государственный Московский медицинский университет им. И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова», Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Цель:** определить выраженность и динамику изменения концентрации биохимических маркеров повреждения мышечной ткани в сыворотке крови опытного ультрамарафонца после преодоления дистанции в 165 километров.

**Материалы и методы:** измерение сывороточной концентрации маркеров повреждения мышечной ткани (аспартатаминотрансфераза (АСТ), аланинаминотрансфераза (АЛТ), креатинкиназа (КК), креатинкиназа МВ (КК-МВ), миоглобин) в сыворотке до ультрамарафона и через 16 и 144 часа после него у опытного бегуна (возраст 36 лет, рост 186 см, вес 76 кг, индекс массы тела 21,96).

**Результаты:** через 16 часов после окончания забега наблюдались чрезвычайно высокие уровни АСТ, АЛТ, КК, КК-МВ и миоглобина, сочетание которых свидетельствует о выраженном рабдомиолизе. Через 144 часа было отмечено снижение уровня всех маркеров повреждения мышечной ткани, в том числе миоглобина, однако они продолжали оставаться значительно выше референсных значений. При этом у спортсмена не наблюдалось сколь-либо значимой патологической симптоматики, и он продолжал тренироваться в восстановительном режиме.

**Заключение:** забеги на ультрамарафонские дистанции приводят к значительному повреждению мышц, что может стать причиной рабдомиолиза. Его выраженность может не коррелировать со сколь-либо значимыми клиническими проявлениями.

**Ключевые слова:** рабдомиолиз, маркеры повреждения мышечной ткани, ультрамарафон, клинический случай

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

**Для цитирования:** Безуглов Э.Н., Шошорина М.С., Талибов О.Б. Выраженность и динамика изменения сывороточной концентрации биохимических маркеров повреждения мышечной ткани у опытного ультрамарафонца после преодоления дистанции 165 км на фоне сохраняющейся физической нагрузки. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2023;13(2):13–17. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.2.7>

Поступила в редакцию: 23.12.2022

Принята к публикации: 29.09.2023

Online first: 17.10.2023

Опубликована: 21.11.2023

\*Автор, ответственный за переписку

# The severity and dynamics of changes in the serum concentration of biochemical markers of muscle tissue damage in an experienced ultramarathon runner after overcoming a distance of 165 km against the background of continuing physical activity

Eduard N. Bezuglov<sup>1,\*</sup>, Maria S. Shoshorina<sup>1</sup>, Oleg B. Talibov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia

## ABSTRACT

**Purpose:** to determine the severity and dynamics of changes in the concentration of biochemical markers of muscle tissue damage in the blood serum of an experienced ultramarathon runner after overcoming a distance of 165 kilometers.

**Materials and methods:** measurement of serum concentrations of markers of muscle tissue damage (aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT), creatine kinase (CK), creatine kinase MB (CK-MB), myoglobin) in serum before and 16 and 144 hours after ultramarathon in an experienced runner (age 36, height 186 cm, weight 76 kg, body mass index 21.96).

**Results:** 16 hours after the end of the race, extremely high levels of AST, ALT, CK, CK-MB and myoglobin were observed, the combination of which indicates severe rhabdomyolysis. After 144 hours, a decrease in the level of all markers of muscle tissue damage, including myoglobin, was noted, however, they continued to remain significantly higher than the reference values. At the same time, the athlete did not have any significant pathological symptoms, and he continued to train in the recovery mode.

**Conclusion:** ultramarathon races lead to significant muscle damage, which can lead to rhabdomyolysis. Its severity may not correlate with any significant clinical manifestations.

**Keywords:** rhabdomyolysis, markers of muscle tissue damage, ultramarathon, clinical case

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

**For citation:** Bezuglov E.N., Shoshorina M.S., Talibov O.B. The severity and dynamics of changes in the serum concentration of biochemical markers of muscle tissue damage in an experienced ultramarathon runner after overcoming a distance of 165 km against the background of continuing physical activity. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2023;13(2):13–17. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.2.7>

**Received:** 23 December 2022

**Accepted:** 29 September 2023

**Online first:** 17 October 2023

**Published:** 21 November 2023

\*Corresponding author

## 1. Введение

В XXI веке все больше спортсменов занимаются бегом на сверхдлинные дистанции. За последние десятилетия общее число финишеров в «Comrades Marathon», который является старейшим в мире ультрамарафонским забегом, увеличилось на 50% и достигло 16 482 человек в 2019 году [1, 2]. Число финишеров многодневного ультрамарафона «Marathon de Sables», который проводится в пустыне Сахара, выросло с 570 до 752 [3]. Существует несколько исследований, оценивающих влияние ультрамарафона на организм человека [4, 5]. Наиболее серьезные изменения происходят в мышечной ткани, выраженные функциональные повреждения которой могут привести к угрожающим жизни состояниям, в том числе острой почечной недостаточности. Поэтому своевременный объективный мониторинг функции органов после ультрамарафонских забегов и разработка реабилитационных программ имеет большое практическое значение.

Одним из наиболее опасных состояний, которое может развиваться у бегунов на длинные дистанции,

являются рабдомиолиз и связанное с ним острое повреждение почек. Классическими неспецифическими признаками рабдомиолиза являются мышечные боли, слабость и потемнение мочи (моча цвета чая). Наиболее чувствительным биохимическим маркером является повышение уровня креатинкиназы (КК) в плазме крови, повышение которой более чем в пять раз и выше, по мнению большинства авторов, является ключевым параметром в диагностике рабдомиолиза [6]. КК принято считать биохимическим «золотым стандартом» диагностики, а миоглобин — «золотым стандартом» прогноза развития острой почечной недостаточности, особенно у пациентов с нетравматическим рабдомиолизом, у которых повышение уровня КК может быть связано как с функциональным повреждением клеток, так и с анатомическими травмами мышц [7, 8].

Существует значительная корреляция между уровнем КК в сыворотке крови и частотой острого повреждения почек (ОПП) [9]. В литературе у бегунов-марафонцев неоднократно описывались случаи рабдомиолиза и ассоциированного с ним ОПП [10, 11].



Зарегистрированная частота острого повреждения почек при рабдомиолизе варьируется от 13 до 50% [12]. Magrini et al. сообщили о частом бессимптомном повышении уровня КК у бегунов-ультрамарафонцев, концентрация которой может превышать 14000 Ед/л [13]. Важно отметить, что до сих пор существует недостаточное количество полевых исследований, в которых измерялся уровень КК после тяжелой физической нагрузки в течение как минимум недели.

Мы не смогли найти исследований, показывающих естественный ход восстановления спортсменов после забегов на длинные дистанции при сохраняющейся значительной физической активности. Поэтому данный случай может представлять научный интерес.

## 2. Материалы и методы

Исследование проводилось с письменного согласия испытуемого, который предварительно был проинформирован о возможных рисках. Исследование соответствовало требованиям Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации. Исследование было одобрено локальным Этическим комитетом Первого Московского государственного медицинского университета им. И. М. Сеченова № 11–19.

Спортсмен (мужчина 36 лет европеоидной расы, рост 186 см, вес 76 кг, индекс массы тела 21,96) имел 7-летний опыт беговых тренировок и в течение последних пяти лет участвовал в десяти забегах на дистанции 60–120 км. Личное лучшее время в классическом марафоне (42 км) составляло 2,59 часа.

Исследование проводилось до и после забега «Зеленый пояс Москвы», во время которого спортсмен преодолел дистанцию 165,58 км с общим набором высоты 1108 метров за 21 час 24 минуты (средний темп 7:46 мин/км). Стартовал спортсмен в 20:00:08 мая 2018 года, а финишировал в 16:24:09.05.2018.

Первые 60 км дистанции были пройдены в постоянном темпе, после чего он начал прогрессивно постепенно снижаться. Остановок более 5 минут не было. Приемы пищи осуществлялись на отметках 60, 86, 123 и 145 км и включали бананы, финики, бутерброды

с лососем, куриный и говяжий супы. Через каждые 20 км спортсмен принимал по 40–50 граммов углеводных гелей. В течение всего забега было использовано 5 литров изотонического напитка. После достижения 110-километровой отметки был однократно использован пероральный прием 200 мг диклофенака, в качестве средства профилактики развития болевого синдрома. Кофеин и какие-либо другие стимуляторы не применялись. Во время забега лимитирующих темп бега мышечного дискомфорта и судорог не было.

Общее состояние спортсмена сразу после финиша было удовлетворительным. Через 30 минут после окончания забега артериальное давление составляло 120/70 мм рт. ст., частота сердечных сокращений — 66 в минуту, частота дыхания — 16 в минуту, температура тела — 36,8 °С. Спортсмен не отмечал мышечных болей или судорог. Объем диуреза в течение всего периода наблюдения был обычным для спортсмена, окраска мочи была соломенно-желтой, ее прозрачность — полной.

Никаких специальных мероприятий по постнагрузочному восстановлению (холодовые ванны, массаж, роллы, компрессионный трикотаж и др.) не применялись на протяжении всего периода наблюдения за спортсменом.

Нарушений сна в течение всего периода наблюдения не было.

Через 24 часа после забега спортсмен совершил 10-километровую пробежку на пульсе до 140 уд/мин. Суммарно до второго анализа крови спортсмен выполнил 4 пробежки по 10 км с частотой сердечных сокращений до 140 уд/мин.

### Гематологический скрининг

Образцы крови брались из кубитальной вены за 36 часов до забега, через 16 часов и через 144 часа после его окончания. Оценивалась сывороточная концентрация биохимических маркеров повреждения мышечной ткани в сыворотке крови (аспаратамино-трансфераза (АСТ), аланин-трансфераза (АЛТ), общая креатинкиназа (КК), сердечная фракция креатинкиназы (КК-МВ и миоглобин).

Таблица

Маркеры повреждения мышечной ткани в сыворотке крови

Table

Serum levels of muscular damage markers

Маркеры сыворотки	36 часов до забега	16 часов после забега	144 часа после забега	Референсные значения
АСТ Ед/л	16	197,5	109,8	< 40
АЛТ Ед/л	25	63,4	66	< 41
КК Ед/л	250	7168	3054	39–308
КК-МВ нг/мл	1	140,5	71,9	0–5
Миоглобин нг/мл	45	610,2	147,4	23–72

### 3. Результаты

В таблице указано, что были выявлены чрезвычайно высокие уровни АСТ, АЛТ, КК, КК-МВ и миоглобина в образце крови через 16 часов после забега, что свидетельствует о тяжелом повреждении мышц и сердечно-мышечной системы. Значительное повышение анализируемых маркеров сохранялось в течение всего периода наблюдения на фоне значительной физической активности.

### 4. Обсуждение

В представленном клиническом случае впервые описаны изменения сывороточных маркеров повреждения мышечной ткани после окончания ультрамарафонского забега на фоне сохраняющейся спортивной физической нагрузки и без применения каких-либо специальных средств и методов восстановления, а также коррекции выявленных изменений. Через 16 часов после окончания забега сывороточная концентрация некоторых из анализируемых параметров выросла в 10–20 раз, и это повышение не сопровождалось какой-либо значимой клинической симптоматикой. С течением времени отмечалось снижение уровня всех гематологических анализируемых параметров, однако даже через 144 часа после окончания забега они оставались значительно выше референсных значений. В отличие от предыдущих исследований, которые показали нормализацию уровня миоглобина в сыворотке крови через 24 часа после забега, в данном случае мы наблюдали повышенный уровень миоглобина через 144 часа после окончания забега [14, 15].

#### Вклад авторов:

**Безуглов Эдуард Николаевич** — концепция и дизайн публикации, написание первой версии текста;

**Шошорина Мария Сергеевна** — сбор и анализ литературных данных;

**Талибов Олег Букарович** — написание и редактирование текста, сбор и анализ данных исследования.

### Список литературы / References

1. Comrades Marathon History. 2000–2005 [internet]. Available at: <https://comrades.com/histories> (accessed 11 February 2020).
2. Comrades Marathon History. 2016–2018 [internet]. Available at: <https://comrades.com/histories> (accessed 11 February 2020).
3. DUV. Ultra Marathon Statistics [internet]. Available at: <http://statistik.d-u-v.org/eventdetail.php?&event=53571&Language=EN> (accessed 11 February 2020).
4. **Khodae M., Ansari M.** Common ultramarathon injuries and illnesses: race day management. *Curr. Sports Med. Rep.* 2012;11(6):290–297. <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e318272c34b>
5. **Passaglia D.G., Emed L.G., Barberato S.H., Guerios S.T., Moser A.I., Silva M.M.F., et al.** Acute effects of prolonged physical exercise: evaluation after a twenty-four-hour ultramarathon. *Arq.*

Сверхмарафонские забеги приводят к значительному повреждению мышц, что может стать причиной развития опасного для жизни состояния рабдомиолиза, выраженность которого может не коррелировать со сколь-либо значимыми клиническими проявлениями. Это необходимо учитывать как бегунам на длинные дистанции, так и тренерам и спортивным врачам.

При этом важно отметить, что такая реакция организма на нагрузку является стереотипной и при ее развитии ключевым действием со стороны медицинского персонала в первую очередь должна быть не ее коррекция, а своевременный и адекватный по объему мониторинг состояния спортсменов.

Будущие исследования должны быть направлены на изучение как краткосрочного, так и долгосрочного влияния подобных забегов на функцию почек и сердечной мышцы, а также влияния различных средств и методов постнагрузочного восстановления на динамику изменения сывороточной концентрации маркеров повреждения мышечной ткани.

### 5. Заключение

Участие в ультрамарафонских забегах обуславливает чрезвычайно высокую нагрузку на организм, что может привести к развитию целого ряда патологических состояний. Одной из мер предупреждения их развития и своевременного выявления соответствующих предикторов может быть проведение, независимо от наличия или отсутствия симптомов, гематологического скрининга, результаты которого позволят своевременно принять меры по профилактике потенциально опасных для жизни состояний, в том числе рабдомиолиза.

#### Author contributions:

**Eduard N. Bezuglov** — concept and publication design, writing the first draft of manuscript;

**Maria S. Shoshorina** — editing of the text, collection and analysis of literature;

**Oleg B. Talibov** — editing of the text, collection and analysis of study data.

*Bras. Cardiol.* 2013;100(1):21–28. <https://doi.org/10.1590/s0066-782x2012005000118>

6. **Khan F.Y.** Rhabdomyolysis: a review of the literature. *Neth. J. Med.* 2009;67(9):272–283.

7. **Cervellin G., Comelli I., Benatti M., Sanchis-Gomar F., Bassi A., Lippi G.** Non-traumatic rhabdomyolysis: Background, laboratory features, and acute clinical management. *Clin. Biochem.* 2017;50(12):656–662. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2017.02.016>

8. **Baird M.F., Graham S.M., Baker J.S., Bickerstaff G.F.** Creatine-kinase- and exercise-related muscle damage implications for muscle performance and recovery. *J. Nutr. Metab.* 2012;2012:960363. <https://doi.org/10.1155/2012/960363>

9. **Safari S., Yousefifard M., Hashemi B., Baratloo A., Forouznafar M.M., Rahmati F., Motamedi M., Najafi I.** The value of serum creatine kinase in predicting the risk of rhabdomyolysis-induced acute kidney injury: a systematic review and meta-analysis. *Clin. Exp. Nephrol.* 2016;20(2):153–161. <https://doi.org/10.1007/s10157-015-1204-1>

10. **Brinley A., Chakravarthy B., Kiester D., Hoonpongmanont W., McCoy C.E., Lotfipour S.** Compartment Syndrome with Rhabdomyolysis in a Marathon Runner. *Clin. Pract. Cases Emerg. Med.* 2018;2(3):197–99. <https://doi.org/10.5811/cpcem.2018.4.37957>

11. **Abbas M., Brown V., Rietveld A.P., Hoek A.E.** Een marathonloper met rhabdomyolyse [A marathon runner with rhabdomyolysis]. *Ned. Tijdschr. Geneesk.* 2019;163:D2848.

12. **Bosch X., Poch E., Grau J.M.** Rhabdomyolysis and acute kidney injury. *N. Engl. J. Med.* 2009;361(1):62–72. <https://doi.org/10.1056/NEJMra0801327>; Erratum in: *N. Engl. J. Med.* 2011;364(20):1982.

13. **Knechtle B., Nikolaidis P.T.** Physiology and Pathophysiology in Ultra-Marathon Running. *Front. Physiol.* 2018;9:634. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00634>

14. **Nance J.R., Mammen A.L.** Diagnostic evaluation of rhabdomyolysis. *Muscle Nerve.* 2015;51(6):793–810. <https://doi.org/10.1002/mus.24606>

15. **Koskelo P., Kekki M., Wager O.** Kinetic behaviour of 131-I-labelled myoglobin in human beings. *Clin. Chim. Acta.* 1967;17(3):339–347. [https://doi.org/10.1016/0009-8981\(67\)90207-0](https://doi.org/10.1016/0009-8981(67)90207-0)

#### Информация об авторах:

**Безуглов Эдуард Николаевич**, к.м.н., председатель медицинского комитета РФС, руководитель медицинского штаба ПФК «ЦСКА», заведующий лабораторией спорта высших достижений ФГАУ ВО «Первый Московский медицинский университет им. И.М. Сеченова», Россия, 125252, Москва, 3-я Песчаная ул., 2а, стр. 2; доцент кафедры спортивной медицины и медицинской реабилитации ФГАУ ВО «Первый Московский медицинский университет им. И.М. Сеченова», Россия, 119435, Москва, ул. Большая Пироговская, 2, стр. 9 (e.n.bezuglov@gmail.com)

**Шошорина Мария Сергеевна**, ординатор 1-го года кафедры спортивной медицины и медицинской реабилитации ФГАУ ВО «Первый Московский медицинский университет им. И.М. Сеченова», Россия, 119435, Москва, ул. Большая Пироговская, 2, стр. 9 (kaisough@yandex.ru)

**Талибов Олег Букарович**, член медицинского комитета РФС, доцент кафедры терапии, клинической фармакологии и неотложной медицины ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Минздрава России, Россия, 127206, Москва, ул. Вучетича, 21 (oleg.talibov@gmail.com)

#### Information about the authors:

**Eduard N. Bezuglov**, Ph.D. (Medicine), Chairman of the Medical Committee of the RFU, Head of the Medical Staff of PFC CSKA, Head of the High Performance Sports Laboratory, Sechenov First Moscow State Medical University, Russia, 125252, Moscow, 3rd Peschanaya str., 2A building 2; Associate Professor of the Department of Sports Medicine and Medical Rehabilitation, Sechenov First Moscow State Medical University, Russia, 119435, Moscow, Bolshaya Pirogovskaya str., 2 building 9 (e.n.bezuglov@gmail.com)

**Maria S. Shoshorina**, 1st year resident, Department of Sport Medicine and Medical Rehabilitation, Sechenov First Moscow State Medical University, Russia, 119435, Moscow, Bolshaya Pirogovskaya str., 2 building 9 (kaisough@yandex.ru)

**Oleg B. Talibov**, Ph.D. (Medicine), member of the RFU medical committee, Associate Professor of the Department of Therapy, Clinical Pharmacology and Emergency Medicine, A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Russia, 127206, Moscow, Vucheticha str., 21 (oleg.talibov@gmail.com)

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.2.2>

УДК: 616.711.6-089

Тип статьи: Клинический случай / Clinical Cases



## Инновационный способ межкостистой стабилизации позвоночника с использованием динамического импланта у профессионального элитного спортсмена как способ максимально быстрого возвращения к соревновательной деятельности

Д.Н. Дзукаев<sup>1</sup>, А.А. Гринь<sup>2</sup>, И.А. Музышев<sup>1,\*</sup>, В.В. Гулый<sup>1</sup>, А.В. Борзенков<sup>1</sup>, М.А. Сафронов<sup>1</sup>,  
В.В. Пустовойтов<sup>1</sup>, С.Т. Торчинов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГБУЗ г. Москвы «Городская клиническая больница № 67 им. Л.А. Ворохобова  
Департамента здравоохранения г. Москвы», Москва

<sup>2</sup> ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского  
Департамента здравоохранения г. Москвы», Москва

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** оперативное лечение при патологии позвоночника у профессиональных спортсменов является одной из актуальных тем современной спортивной медицины и нейрохирургии, в связи с длительным периодом реабилитации и возможным снижением соревновательной активности после хирургических вмешательств на позвоночнике. В данном клиническом случае описана инновационная методика стабилизации поясничного отдела позвоночника у элитного взрослого профессионального спортсмена, применение которой позволило ему максимально быстро вернуться к регулярной соревновательной деятельности без ограничений.

**Материалы и методы:** представлен клинический случай оперативного лечения нестабильности поясничного отдела позвоночника с компрессией нервных структур, обусловленной грыжей межпозвонкового диска. Описан инновационный метод стабилизации позвоночника с использованием межкостистого динамического импланта.

**Результаты:** применение данного метода стабилизации позвоночника позволило взрослому профессиональному элитному игроку в мини-футбол через три недели после операции вернуться к активным физическим спортспецифическим нагрузкам без каких-либо ограничений.

**Заключение:** представленное клиническое наблюдение демонстрирует, что фиксация позвоночника новым оригинальным методом обеспечивает стабильность оперированного сегмента при физической нагрузке любой интенсивности.

**Ключевые слова:** хирургия позвоночника, грыжа межпозвонкового диска, дегенеративный стеноз, динамическая стабилизация позвоночника, ДИАМ, профессиональный спорт

**Благодарности:** исследование поддержано грантом правительства Москвы на реализацию научно-практического проекта в медицине № 0409-2.

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

**Для цитирования:** Дзукаев Д.Н., Гринь А.А., Музышев И.А., Гулый В.В., Борзенков А.В., Сафронов М.А., Пустовойтов В.В., Торчинов С.Т. Инновационный способ межкостистой стабилизации позвоночника с использованием динамического импланта у профессионального элитного спортсмена как способ максимально быстрого возвращения к соревновательной деятельности. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2023;13(2):18–29. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.2.2>

Поступила в редакцию: 23.08.2023

Принята к публикации: 07.09.2023

Online first: 29.09.2023

Опубликована: 21.11.2023

\* Автор, ответственный за переписку

## An innovative method of interosseous lumbar spine stabilization surgery using the dynamic implant in a professional athlete as a way to return to competitive activity as quickly as possible

Dmitry N. Dzukaev<sup>1</sup>, Andrey A. Grin<sup>2</sup>, Islam A. Muzyshev<sup>1,\*</sup>, Vladimir V. Guly<sup>1</sup>, Anton V. Borzenkov<sup>1</sup>, Mikhail A. Safronov<sup>1</sup>, Vadim V. Pustovoytov<sup>1</sup>, Soslan T. Torchinov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Moscow City Spinal Neurosurgical Center, L.A. Vorokhobov City Clinical Hospital No. 67, Moscow, Russia

<sup>2</sup> N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow, Russia

### ABSTRACT

**Objective:** surgical intervention for spinal pathologies in professional athletes represents a pertinent topic in contemporary sports medicine and neurosurgery, given the extended rehabilitation period and potential decline in competitive activity following spinal surgeries. In this clinical case we describe an innovative technique for stabilizing the lumbar spine in an elite adult professional athlete which enables rapid return to regular competitive activities without restrictions.

**Materials and methods:** a clinical case involving the surgical treatment of lumbar spine instability with compression of neural structures caused by an intervertebral disc herniation is presented. An innovative method for spinal stabilization employing an interbody dynamic implant is outlined.

**Results:** the implementation of this spinal stabilization method allowed an adult professional elite futsal player to resume active physical sport-specific activities without any limitations just three weeks post-surgery.

**Conclusion:** this clinical observation illustrates that spinal fixation using this novel and original method ensures the stability of the operated segment during physical exertion of any intensity.

**Keywords:** spine surgery, herniated disc, degenerative stenosis, dynamic stabilization of the spine, DIAM, professional sports

**Acknowledgments:** the study was supported by a grant from the Moscow government for the implementation of a scientific and practical project in medicine No. 0409-2.

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

**For citation:** Dzukaev D.N., Grin A.A., Muzyshev I.A., Guly V.V., Borzenkov A.V., Safronov M.A., Pustovoytov V.V., Torchinov S.T. An innovative method of interosseous lumbar spine stabilization surgery using the dynamic implant in a professional athlete as a way to return to competitive activity as quickly as possible. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2023;13(2):18–29. (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.2.2>

**Received:** 23 August 2023

**Accepted:** 7 September 2023

**Online first:** 29 September 2023

**Published:** 21 November 2023

\*Corresponding author

### 1. Введение

Боль в спине, обусловленная возникновением грыжи межпозвонкового диска поясничного отдела позвоночника и другими факторами компрессии невральных структур, является одной из самых распространенных и крайне тяжелых проблем.

Несмотря на то что в половине случаев боль в спине проходит самостоятельно в течение недели, а у 90 % пациентов симптомы исчезают в течение четырех месяцев, пациенты с болью в спине оказывают значительную нагрузку на систему здравоохранения [1]. Боль в спине приводит к существенным расходам в виде потери заработка и снижения производительности среди молодых и трудоспособных граждан, а система здравоохранения потребляет внушительные ресурсы для оказания медицинской помощи [2, 3]. Поэтому остается актуальным вопрос оптимизации хирургических вмешательств связанный с дегенеративными заболеваниями позвоночника и способствующий быстрому восстановлению и возвращению к привычному образу жизни.

Почти 30 % профессиональных спортсменов испытывают острую боль в поясничном отделе позвоночника в течение своей карьеры. Спортсмены, занимающиеся видами спорта, которые включают повторяющиеся гиперэкстензии, скручивания, осевую нагрузку и прямой контакт, подвергаются более высокому риску травм поясничного отдела позвоночника. Исследование 4790 спортсменов колледжа, участвовавших в соревнованиях по 17 видам спорта в течение 10 лет, показало значительно более высокий уровень травм спины в футболе и гимнастике [4]. Грыжа поясничного диска является распространенной проблемой среди футболистов, особенно у нападающих и защитников. Спондилолиз и спондилолистез могут быть диагностированы у 15–50 % футболистов колледжей [5–7] и у 6–11 % гимнасток [8]. Sward L. сообщил, что частота встречаемости дегенерации дисков у профессиональных гимнасток в среднем в два раза выше, чем в общей популяции, остальные виды профессионального спорта также не отстают по данному показателю [9–11]. Hainline B. отчитался о 38 % профессиональных

теннисистов, которые пропустили как минимум один турнир из-за поясничной боли [12].

Таким образом, группа спортсменов является наиболее подверженным контингентом в плане развития проблем дегенерации поясничных дисков и вероятности необходимости хирургического лечения на поясничном отделе позвоночника. Кроме того, необходимо отметить, что в силу своей профессиональной деятельности они нуждаются в максимально коротких периодах реабилитации, так как длительная потеря трудоспособности может привести к завершению спортивной карьеры.

В зависимости от типа патологии операции на позвоночнике могут быть разделены на микрохирургические и декомпрессивно-стабилизирующие. В среде спортсменов наиболее часто применяются декомпрессивно-стабилизирующие вмешательства, так как частота развития сегментарной нестабильности в этой группе пациентов более высокая в связи с повышенной нагрузкой. Стабилизирующая часть такой операции может быть выполнена с использованием ригидных и динамических имплантов.

Стабилизация ригидными системами у профессиональных спортсменов не применяется ввиду повышенного риска развития дестабилизации системы, перелома конструкции и болезни смежного сегмента. В литературе отмечается длительный срок реабилитации после таких операций от 4 до 12 месяцев.

Динамическая стабилизация позвоночника — это метод, основанный на принципе частичного ограничения движения сегментов позвоночника, позволяющий обеспечить стабильность оперируемого сегмента и предотвратить сверхнагрузку на смежные сегменты. Она позволяет ограничивать движения в направлениях, которые могут вызвать боль или нестабильность, но при этом сохраняется амортизационная способность сегмента.

Существует несколько методов динамической стабилизации позвоночника, используемых при лечении его дегенеративно-дистрофических поражений. К таким методикам можно отнести межкостистые импланты. Был проведен сравнительный анализ нескольких биомеханических исследований влияния конструктивных особенностей межкостистых стабилизаторов на внутридисковое давление и фасеточные суставы при установке различных имплантов в сегменте L3–4 (Coflex-F, «device for intervertebral assisted motion (ДИАМ)», Wallis и система транспедикулярных винтов) [13]. По результатам исследований все межкостистые стабилизаторы значительно уменьшили диапазон движений на хирургическом уровне при сгибании и разгибании, и незначительное влияние было обнаружено на боковое сгибание и скручивание. Среди трех исследуемых межкостистых спейсеров ДИАМ показал наиболее сопоставимые диапазон движений, внутридисковое давление и нагрузку фасеточных суставов на соседних уровнях по сравнению с интактным поясничным отделом позвоночника.

В отличие от других межкостистых стабилизаторов, ДИАМ фиксируется специальными лентами, проводимыми через межкостистую связку выше и ниже лежащих сегментов. Основная идея установки межкостистого динамического фиксатора — это непрямая декомпрессия межпозвоноковых корешковых каналов путем distraction (раздвижения) оперируемого сегмента.

К сожалению, обычный способ установки ДИАМ столкнулся с несостоятельностью фиксации в межкостистом промежутке и несовершенством проводимой непрямо декомпрессии. Установка импланта сопряжена с высокой зависимостью ее прочности от анатомических особенностей остистых отростков, их величины и угла отхождения от дужки позвонка. Имеют место случаи прорезывания ленты импланта через межкостистую и надкостистую связку, что приводит к миграции импланта.

Ранее нами были проанализированы 160 пациентов, которым была произведена установка импланта по стандартной методике. 4 пациента (2,5%) имели вывих импланта, обусловленный прорезыванием его лент через межкостистые связки. В исследовании Sur Y.J. [14] отмечается частота реопераций 4,7%. Среди осложнений, которые привели к повторному вмешательству, — рецидивный стеноз (3 из 150), рецидивная грыжа диска (2 из 150), спондилолистез (1 из 150), отсроченная раневая инфекция (1 из 150). Указанные данные получены при исследовании в группе пациентов, которые испытывают повседневные физические нагрузки. В среде профессиональных спортсменов подобных исследований не проводилось. Вероятнее всего, в их группе показатели будут еще хуже.

Вместе с тем хорошая эргономика этого импланта, которая обусловлена свойствами его материала и формой, привела не к отказу от его использования, а к разработке способа фиксации, который позволил бы исправить недостатки существующей методики.

## 2. Материалы и методы

Разработана методика стабилизации позвоночника с использованием динамического импланта ДИАМ. Выбор данного типа импланта был обусловлен наиболее подходящей эргономикой, которая определялась свойствами материала и его формой.

Полностью изменена концепция динамической стабилизации при дегенеративных заболеваниях поясничного отдела позвоночника, построенная на непрямо декомпрессии нервных структур путем distraction. Новая методика, в отличие от стандартной, заключается в прямой декомпрессии нервных структур с созданием резервных пространств в позвоночном канале и фораминальных отверстиях. Разработаны приемы надежной фиксации импланта без distraction, позволяющие сохранить правильные анатомические соотношения в дугоотростчатых суставах смежных позвонков, что крайне важно для сохранения стабильности сегмента в раннем

и отдаленном послеоперационных периодах при значительных физических нагрузках.

Представлены результаты применения запатентованной методики фиксации импланта («Способ фиксации межостистого имплантата при дегенеративных заболеваниях позвоночника» патент № 2778969 от 29.08.2022) на примере пациента, ежедневно испытывающего повышенные физические нагрузки — профессионального спортсмена. Для межостистой стабилизации применялся «device for intervertebral assisted motion (ДИАМ)» (рис. 3 А).

Комплекс обязательного предоперационного обследования включал в себя оценку соотношения веса и роста (ИМТ), вредных привычек, клиничко-неврологическое обследование, лучевые методы диагностики (рентгенографию, СКТ, МРТ), анкетирование с применением шкал и опросников: использовался адаптированный русскоязычный опросник Освестри версии 2.1 а (Освестри) [15], визуальная аналоговая шкала боли (ВАШ), оценивалось состояние межпозвонкового диска по Pfirrmann, индекс высоты диска (ИВД), центральный угол лордоза (ЦУЛ), тип грыжи.

#### Методика установки межостистого динамического импланта

Пациент находится на операционном столе в коленно-локтевом положении.

1. Проводится скелетирование смежных остистых отростков позвонков с сохранением межостистой и надостистой связки, скелетируются дужки смежных позвонков, обнажаются суставы (возможные уровни операции с Т12 по S1).

2. Проводится дискэктомия (одно или двусторонняя) либо задняя декомпрессия невралных структур

без удаления диска, желтая связка удаляется в любом случае с двух сторон либо с одной стороны.

3. После декомпрессии проводится оценка нестабильности при помощи биомеханических проб и при ее выявлении затем проводится подготовка ложа для установки межостистого имплантата.

4. Удаляется межостистая связка (до костных структур) с сохранением надостистой связки (рис. 1 А).

5. При помощи бора и пистолетных кусачек готовится ложе для установки имплантата в обращенных друг к другу остистых отростков, ложе должно быть максимально конгруэнтно поверхности имплантата (должны быть выемки в остистых отростках над дуральным мешком и под надостистой связкой) (рис. 1 Б).

6. Пробы проводятся на выпрямленном операционном столе, и пробник, установленный в подготовленное ложе имплантата, не должен переразгибать оперированный сегмент, затем пациенту снова придается коленно-локтевое положение.

7. Устанавливается имплантат в подготовленное ложе, подобранный по размеру специальными пробниками (рис. 2 А).

8. Лавсановые ленты, отходящие от имплантата, располагаются по обе стороны от остистых отростков.

9. В середине смежных остистых отростков (наиболее прочных частях чуть выше верхней поверхности краев ушек (лапок) установленного имплантата делаются отверстия для проведения лавсановых лент (рис. 2 Б).

10. Пациенту придается выпрямленное положение.

11. Через отверстия проводят соответственно располагающиеся лавсановые ленты и на противоположной стороне проводят в ушки установленного межостистого имплантата, лента проводится таким образом, чтобы максимально ушки (лапки) были прижаты лентой

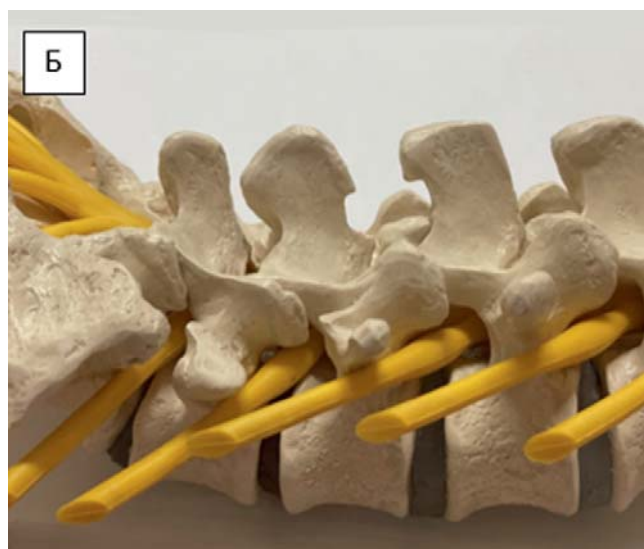
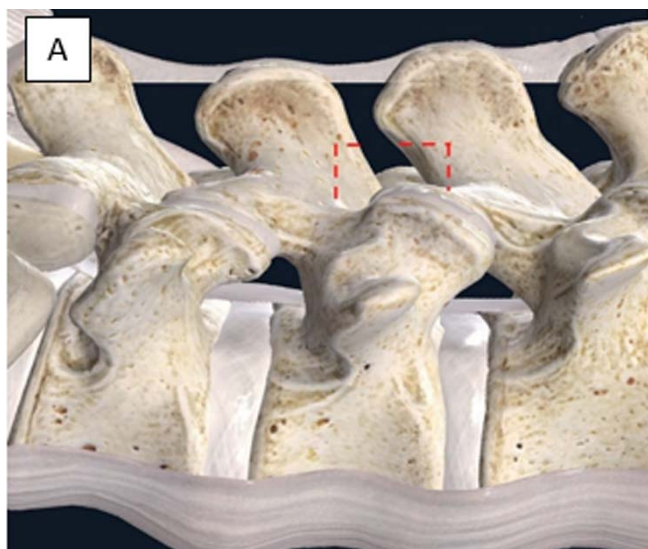


Рис. 1. А — Предполагаемая зона формирования ложа для имплантата, без межостистой связки, надостистая связка сохранена (3D-рендер позвоночника); Б — сформированное ложе для имплантата на макете

Fig. 1. А — proposed area of implant bed formation, without interosseous ligament, supraspinous ligament is preserved (3D rendering of the spine); Б — formed implant bed on the mockup

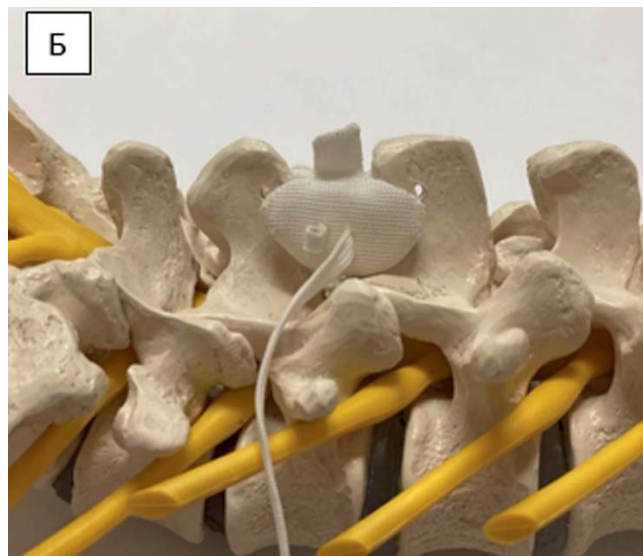
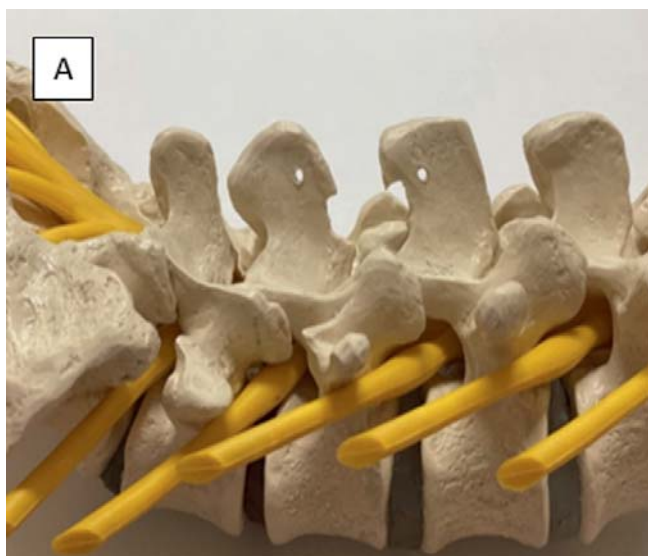


Рис. 2. А — сформированные отверстия в смежных остистых отростках. Б — в подготовленное ложе установлен имплант подобранный по размеру

Fig. 2. А — formed holes in adjacent spinous processes. Б — a size-matched implant is placed in the prepared bed

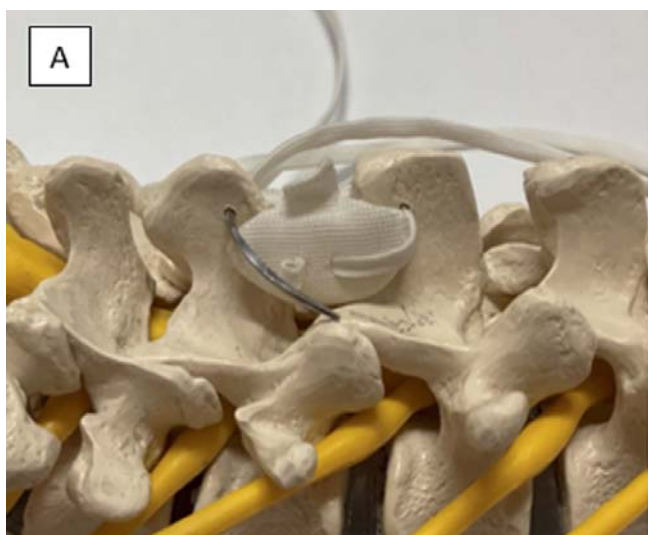


Рис. 3. А — имплантат установлен в сформированное ложе, фиксирован лавсановой лентой через отверстие в остистом отростке таким образом, чтобы захватить «ножки» импланта сверху. Б — лавсановая лента проведена через боковое «ушко» импланта, в котором фиксируется клипсом, плотно прижимая «лапки» импланта к дужке позвонка

Fig. 3. А — the implant "legs" from above. Б — the lavsan tape is passed through the lateral "ear" of the implant, where it is fixed with a clip, tightly pressing the implant "legs" to the vertebral arch

к поверхности остистого отростка, на ленты продевается титановая клипса, лента натягивается жестко и клипса зажимается у имплантата.

#### Клинический пример

Пациент Н., 35 лет. Профессиональный игрок в мини-футбол, защитник спортивного клуба сборной России по мини-футболу, неоднократный призер и победитель российских и международных соревнований, вице-чемпион Европы по мини-футболу 2022 года. В феврале 2022 года отметил появление выраженной боли в пояснице и правой нижней конечности, чувство жжения

в правых бедре и голени. Боль не позволяла тренироваться и даже сидеть в течение двух месяцев.

На МРТ поясничного отдела позвоночника обнаружена грыжа диска L5–S1 с выраженной компрессией нервных структур и стенозом позвоночного канала. Пациент прошел консервативное лечение у врачей-реабилитологов и мануальных терапевтов в течение месяца, но это не принесло желаемых результатов. Напротив, его самочувствие ухудшилось — усилился болевой синдром в правой ноге, появилась слабость в правой стопе. Это поставило под угрозу продолжение его футбольной карьеры.



При поступлении изучены данные инструментальных исследований: уровень дегенерации диска по Pfirrmann составил 3 ст., ИВД — 0,35; ЦУЛ — 39 град.; тип грыжи: экструзионный (рис. 4). При оценке антропометрических показателей ИМТ-22,3. В неврологическом статусе: выраженный болевой S1 корешковый синдром справа, правосторонний нижний дистальный монопарез до 4 баллов. Освестри при поступлении составил 60%, ВАШ — 10 баллов.

До внедрения в практику данной методики для стабилизации сегмента L5–S1 мы должны были бы выполнить транспедикулярную фиксацию на уровне L5–S1 и дожидаться спондилодеза (сращения фиксированных позвонков), что увеличило бы реабилитационный период до 8–12 месяцев по разным источникам. Однако для профессионального футболиста в возрасте 35 лет реабилитационный период в 8–12 месяцев в большинстве случаев означает конец карьеры. *Учитывая описанные выше факторы, в целях скорейшего возвращения в спорт был выбран вариант хирургического лечения с установкой ДИАМ по новой методике.*

Проведена операция: декомпрессия L5–S1, установка динамического импланта ДИАМ на уровне L5–S1 (рис. 5). Выполнение данной операции стало возможным благодаря новой методике установки и фиксации динамического стабилизатора: операция выполнена на уровне L5–S1 — уровне, не характерном для стабилизации имплантом ДИАМ из-за невозможности установки импланта из-за отсутствия остистого отростка или из-за высокого риска миграции ввиду значительно меньшего размера остистого отростка первого крестцового позвонка по сравнению с остистыми отростками

в поясничном отделе позвоночника. Применение новой методики установки и фиксации межостистого импланта позволяет расширить показания к установке межостистого импланта: позволить устанавливать имплант у пациентов с патологией на уровне L5–S1.

Пациент вертикализован через три часа после операции. Отмечается полный регресс болевого синдрома, нарастание силы в стопе. На следующий день пациент начал реабилитационное лечение (рис. 6).

Через 1,5 месяца пациент вернулся в профессиональный спорт (рис. 7) и принял участие в матчах в полуфинале и финале чемпионата России по мини-футболу, завоевав серебряную медаль.

Срок наблюдения составил три месяца, состояние остается стабильным, жалоб на боль нет, слабость в ноге за период наблюдения не появлялась (рис. 8).

### 3. Обсуждение

ДИАМ представляет собой межостистое дистракционное устройство, состоящее из X-образного силиконового (полидиметилсилоксан) корпуса, завернутого в чехол из полиэтиленгликольтерефталата (ПЭТ).

Многочисленные исследования сообщают, что имплантация ДИАМ может быть эффективной в хирургии дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника, динамические конструкции могут эффективно поддерживать естественные порозластичные характеристики соседних межпозвонковых дисков, что может способствовать улучшению долгосрочных клинических результатов. Биомеханические сравнительные испытания трех динамических стабилизаторов — Coflex-F, Wallis и ДИАМ, проведенные Н. Shen, выявили, что благодаря



Рис. 4. Сагиттальный и аксиальный срезы на уровне L5–S1 отмечается сужение позвоночного канала на исследуемом уровне; наличие грыжевого секвестра (отмечен стрелкой), сдавливающего нервные структуры справа  
Fig. 4. Sagittal and axial cuts at the level of L5–S1 marked narrowing of the spinal canal at the level under study; presence of herniated sequestrum (marked by arrow) compressing the nerve structures on the right side.

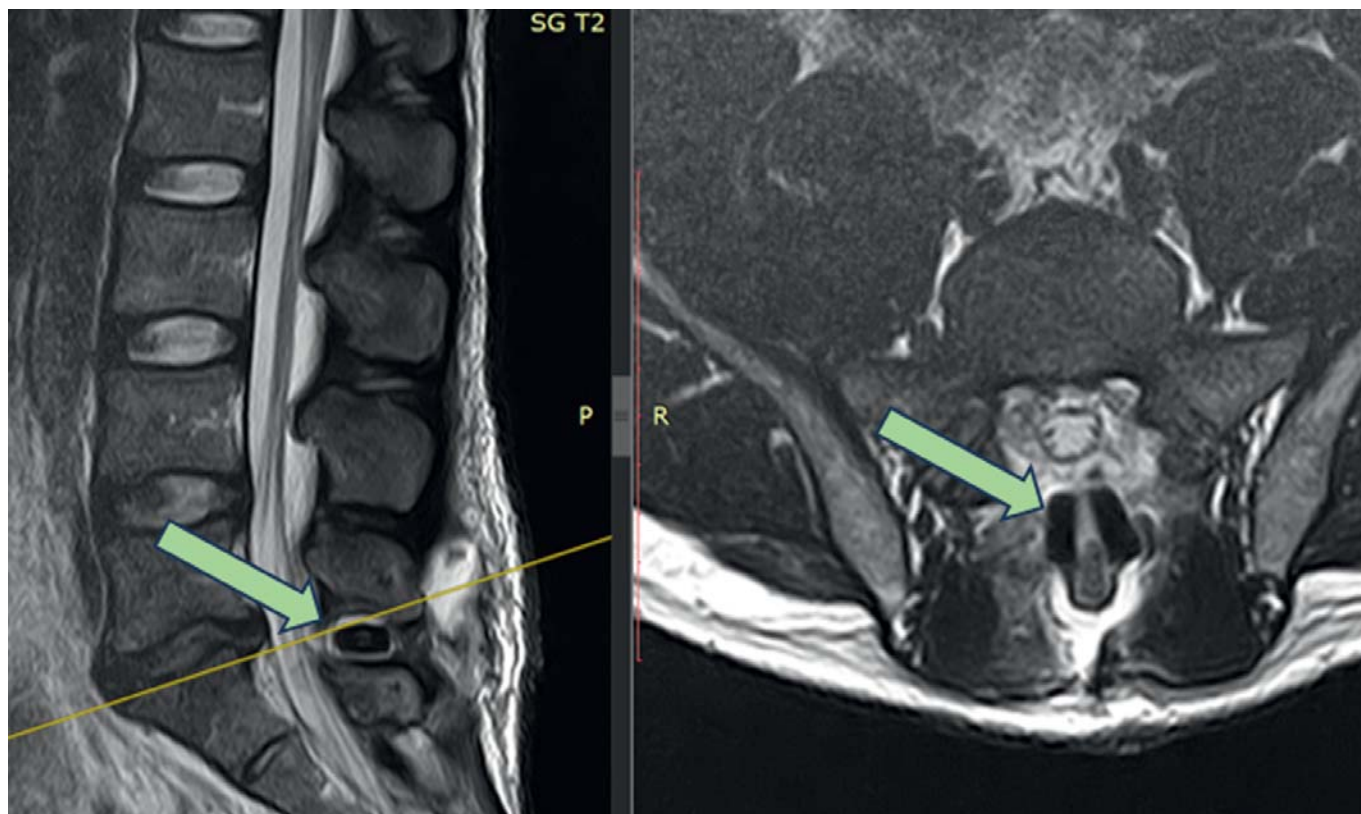


Рис. 5. Сагиттальный и аксиальный срезы, на фоне послеоперационных изменений на 4-е сутки после операции визуализируется декомпрессия стеноза на уровне L5–S1, корректное расположение импланта (отмечен стрелкой)

Fig. 5. Sagittal and axial cuts, decompression is visualized on the background of postoperative changes on the 4th day after surgery

более мягкому корпусу ДИАМ больше подходит для задней межкостистой динамической стабилизации, поскольку он показал биомеханику, наиболее сравнимую с интактной моделью при статических нагрузках, снижал перегрузку фасеточных суставов [16]. Krappel F. провел рандомизированный анализ 146 пациентов с одноуровневой грыжей диска (от L2 до L5), где с 75 исследуемых

(микродискэктомия и ДИАМ) и 71 контрольная (только микродискэктомия) наблюдались в течение 24 месяцев. В своей работе он сообщает о лучших результатах регресса боли среди пациентов основной группы [17]. Zhao Y. сообщил о значительном улучшении ВАШ и Освестри у пациентов с нестабильностью поясничного отдела позвоночника после операции с ДИАМ,



Рис. 6. Пациент Н. на 4-е сутки после операции отжимается в спортивном зале в рамках курса раннего послеоперационного реабилитационного лечения

Fig. 6. Patient N. does push-ups in the gym on the 4th day after the surgery as part of the early postoperative physio treatment course



Рис. 7. Пациент Н. (отмечен стрелкой) через 2 месяца после операции отбирает мяч в подкате в матче за 1-е место чемпионата России по мини-футболу.

Fig. 7. Patient N. (marked with an arrow) 2 months after the surgery tackles the ball during the match for the 1st place in the Russian mini-football championship

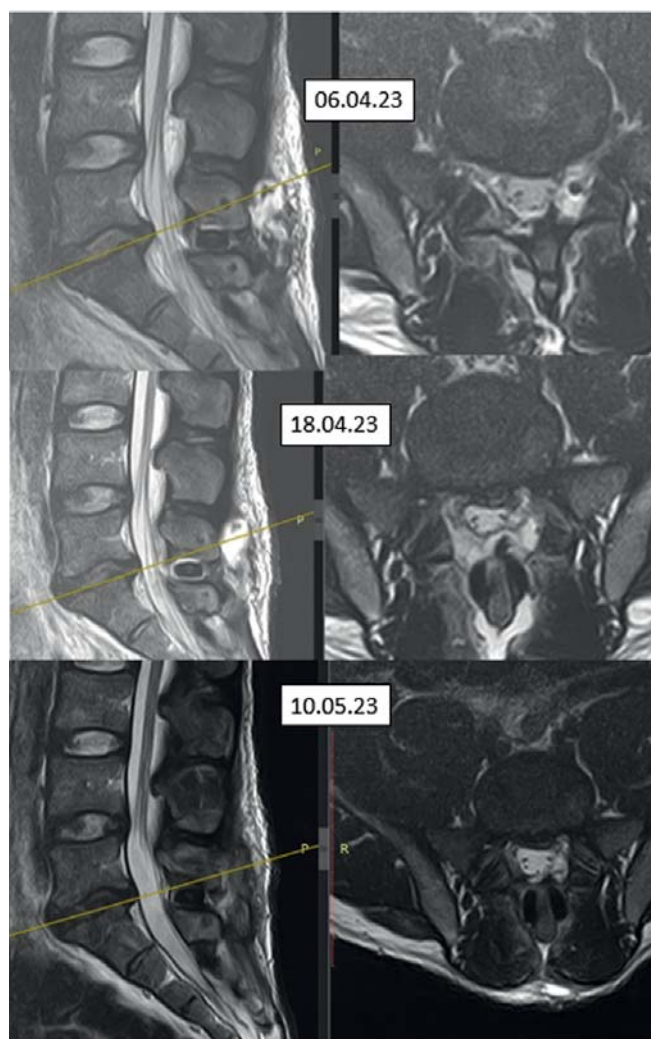


Рис. 8. Сагиттальный и аксиальный срезы МРТ на уровне L5–S1 отмечается редукция отека, правильное расположение импланта без смещения.

Fig. 8. Sagittal and axial MRI cuts at the L5–S1 level showing reduction of edema, correct implant placement without displacement.

средний период наблюдения которого составил 20,6 месяцев [18]. Fabrizio F. совместно с коллегами пролечили 1575 пациентов (1315 ДИАМ, 260 Aperius (Medtronic-Sofamor Danek)), где наиболее часто встречаемыми были распространенные дегенеративные заболевания диска (478 пациентов), каналный или фораминальный стеноз (347 пациентов) и грыжи диска (283 пациента), которые были под наблюдением не менее одного года. Были зарегистрированы осложнения у 20 пациентов (10 инфекций, 10 переломов остистых отростков) и 40 повторных операций (30 — формирование спондилодеза, 10 эндопротезирований дисков), при этом 1407 из 1575 пациентов сообщили об отличных или хороших результатах по модифицированным критериям Masnab [19]. Woody B. провел мультицентровое рандомизированное проспективное исследование, в котором участвовали 43 пациента с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника. Пациенты были случайным образом

Таблица 1

Показатели оценки интенсивности боли с помощи метода ВАШ

Table 1

The pain intensity assessment indicators using the VAS (Visual Analog Scale) method

Наблюдение (м.)/ Observation (m.)	ВАШ (баллы)/ VAS (scores)
1	2
2	1
3	1

Таблица 2

Показатели оценки нарушения жизнедеятельности при помощи опросника Освестри

Table 2

Assessment of impairment of quality of life using the Oswestry questionnaire

Наблюдение (м.)/ Observation (m.)	Освестри (%)/ Oswestry (%)
1	17,7
2	6,6
3	4,4

разделены на две группы: группу, которой была выполнена операция с использованием системы стабилизации позвоночника ДИАМ, и группу контроля, которой вместо операции проводилось комплексное консервативное лечение. Результаты показали улучшение показателей Освестри и шкалы интенсивности боли в спине у пациентов после хирургического лечения с использованием динамической стабилизации за время 2-летнего наблюдения [20].

У пациентов — профессиональных спортсменов вероятность развития сегментарной нестабильности после операции с использованием импланта ДИАМ по стандартной методике более высокая в связи со специфическими максимальными нагрузками на поясничный отдел позвоночника (рис. 9). В силу своей профессиональной деятельности они нуждаются в максимально коротких периодах реабилитации, так как длительная потеря трудоспособности может привести к завершению спортивной карьеры.

Нами разработана новая методика стабилизации позвоночника с использованием динамического импланта ДИАМ. Выбор данного типа импланта был обусловлен наиболее подходящей эргономикой, которая обусловлена свойствами материала и формой импланта.

Благодаря инновационной методике стабилизации позвоночника с использованием импланта ДИАМ удалось добиться положительных результатов в восстановлении профессиональных спортсменов

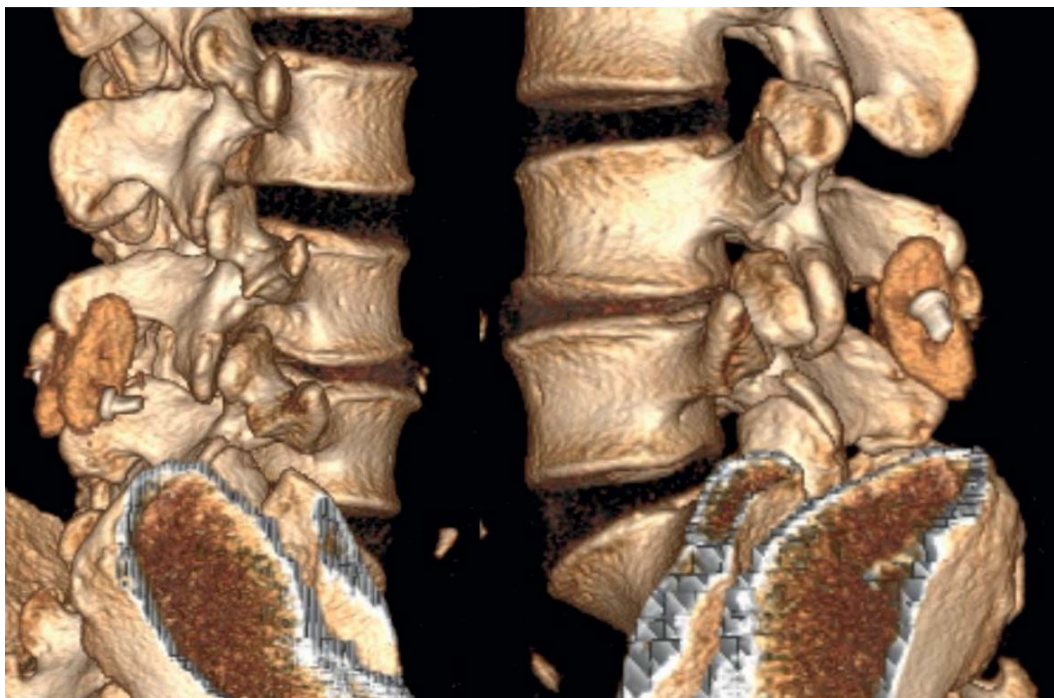


Рис. 9. 3D-реконструкция компьютерной томографии у пациента с миграцией импланта после операции на уровне L4–L5  
Fig. 9. 3D CT reconstruction in a patient with implant migration after surgery at the L4–L5 level

при заболеваниях позвоночника и быстром возвращении их к занятиям спортом. В связи с этим решено описать клинический случай, демонстрирующий применение данной методики и ее результаты. Полученные данные могут быть полезны для улучшения методов лечения пациентов с дегенеративно-дистрофическими поражениями позвоночника.

#### 4. Заключение

Новая концепция динамической стабилизации позвоночника с надежной чрескостной фиксацией межостистого импланта продемонстрировала лучшую устойчивость не только к единичным, но и длительным стрессовым нагрузкам, чем стандартная методика. Разработанная методика фиксации ДИАМ надежно

#### Вклад авторов:

**Дзукаев Дмитрий Николаевич** — разработка и внедрение метода фиксации динамического импланта, концепция и дизайн публикации, утверждение рукописи для публикации;

**Гринь Андрей Анатольевич** — концепция и дизайн публикации;

**Музышев Ислам Айсаевич** — написание текста, сбор и анализ литературных данных;

**Гулый Владимир Викторович** — написание текста, сбор и анализ литературных данных;

**Борзенков Антон Владимирович** — сбор и анализ литературных данных;

**Сафронов Михаил Александрович** — написание текста;

**Пустовойтов Вадим Викторович** — сбор и анализ литературных данных;

**Торчинов Сослан Таймуразович** — написание текста.

протезирует задний опорный комплекс оперированного позвоночника, восстанавливая его естественную биомеханику и способствуя физиологическому распределению нагрузки в поясничном двигательном сегменте. Новая методика стабилизации импланта ДИАМ подтверждает приоритетность сохранения нами естественной биомеханики оперированного отдела позвоночника.

Представленное клиническое наблюдение одного из 50 пациентов — профессиональных спортсменов, оперированных по инновационной методике стабилизации поясничного отдела позвоночника, испытывающего ежедневные интенсивные физические нагрузки и вернувшегося в элитный спорт на уровне финальных матчей чемпионата страны по футболу через 2 месяца после операции, демонстрирует успех применения данного метода.

#### Authors' contributions:

**Dmitry N. Dzukaev** — development and implementation of the dynamic implant fixation method, concept and publication design, manuscript approval for publication;

**Andrey A. Grin** — concept and publication design;

**Islam A. Muzyshev** — writing of the text, collection and analysis of literary data, manuscript approval for publication;

**Vladimir V. Guly** — writing of the text, collection and analysis of literary data;

**Anton V. Borzenkov** — collection and analysis of literary data;

**Mikhail A. Safronov** — writing of the text;

**Vadim V. Pustovoytov** — collection and analysis of literary data;

**Soslan T. Torchinov** — writing of the text.

### Список литературы

1. Крылов В.В., Коновалов А.Н., Дашьян В.Г., Кондаков Е.Н., Танышин С.В., Горельшев С.К., и др. Состояние нейрохирургической службы Российской Федерации. Нейрохирургия. 2016;(3):3–44.
2. Katz J.N. Lumbar Disc Disorders and Low-Back Pain: Socioeconomic Factors and Consequences. The Journal of Bone & Joint Surgery. 2006;88(suppl\_2):21–24. <https://doi.org/10.2106/jbjs.e.01273>
3. Luo X., Pietrobon R., Sun X., Liu G.G., Hey L. Estimates and Patterns of Direct Health Care Expenditures Among Individuals With Back Pain in the United States. Spine. 2004;29(1):79–86. <https://doi.org/10.1097/01.BRS.0000105527.13866.0F>
4. Keene J.S., Albert M.J., Springer S.L., Drummond D.S., Clancy W.G. Back Injuries in College Athletes. J. Spinal Disord. 1989 Sep;2(3):190–195. <https://doi.org/10.1097/00002517-198909000-00007>
5. McCarroll J.R., Miller J.M., Ritter M.A. Lumbar spondylolysis and spondylolisthesis in college football players: A prospective study. Am. J. Sports Med. 1986;14(5):404–406. <https://doi.org/10.1177/036354658601400513>
6. Ferguson R.J., McMaster J.H., Stanitski C.L. Low back pain in college football linemen. J. Sports. Med. 1974;2(2):63–69. <https://doi.org/10.1177/036354657400200201>
7. Semon R.L., Spengler D. Significance of lumbar spondylolysis in college football players. Spine (Phila Pa 1976). 1981;6(2):172–174. <https://doi.org/10.1097/00007632-198103000-00012>
8. Swärd L., Hellström M., Jacobsson B.O., Nyman R., Peterson L. Disc degeneration and associated abnormalities of the spine in elite gymnasts: A magnetic resonance imaging study. Spine (Phila Pa 1976). 1991;16(4):437–443. <https://doi.org/10.1097/00007632-199104000-00009>
9. Dunn I.F., Proctor M.R., Day A.L. Lumbar spine injuries in athletes. Neurosurgical Focus. 2006;21(4):1–5. <https://doi.org/10.3171/foc.2006.21.4.5>
10. Lawrence J.P., Greene H.S., Grauer J.N. Back pain in athletes. J. Am. Acad. Orthop. Surg. 2006;14(13):726–735. <https://doi.org/10.5435/00124635-200612000-00004>
11. Watkins R.G. Lumbar disc injury in the athlete. Clin. Sports Med. 2002;21(1):147–165. [https://doi.org/10.1016/s0278-5919\(03\)00063-2](https://doi.org/10.1016/s0278-5919(03)00063-2)
12. Hainline B. Low Back Injury. Clin. Sports Med. 1995;14(1):241–265. [https://doi.org/10.1016/S0278-5919\(20\)30267-2](https://doi.org/10.1016/S0278-5919(20)30267-2)
13. Shen H., Fogel G.R., Zhu J., Liao Z., Liu W. Biomechanical Analysis of Different Lumbar Interspinous Process Devices: A Finite Element Study. World Neurosurg. 2019;127:e1112–e1119. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.04.051>
14. Sur Y.J., Kong C.G., Park J.B. Survivorship analysis of 150 consecutive patients with DIAM™ implantation for surgery of lumbar spinal stenosis and disc herniation. Eur. Spine J. 2011;20(2):280–288. <https://doi.org/10.1007/s00586-010-1599-z>
15. Cherepanov E.A. Russian version of the Oswestry Disability Index: cross-cultural adaptation and validity. Khirurgiya Pozvonochnika = Russian Journal of Spine Surgery. 2009;(3):93–98. (In Russ.) <https://doi.org/10.14531/ss2009.3.93-98>
16. Shen H., Fogel G.R., Zhu J., Liao Z., Liu W. Biomechanical analysis of lumbar fusion with proximal interspinous process device implantation. Int. J. Numer. Meth. Biomed. Engng. 2021;37(8):e3498. <https://doi.org/10.1002/cnm.3498>

17. Krappel F., Brayda-Bruno M., Alessi G., Remacle J.-M., Lopez L.A., Fernández J.J., et al. Herniectomy versus herniectomy with the DIAM spinal stabilization system in patients with sciatica and concomitant low back pain: results of a prospective randomized controlled multicenter trial. Eur. Spine J. 2017;26(3):865–876. <https://doi.org/10.1007/s00586-016-4796-6>
18. Zhao Y., Wang Y.P., Qiu G.X., Zhao H., Zhang J.G., Zhou X. Efficacy of the Dynamic Interspinous Assisted Motion system in clinical treatment of degenerative lumbar disease. Chin. Med. J. (Engl). 2010;123(21):2974–2977. <https://doi.org/10.3760/cma.j.isn.0366-6999.2010.21.004>
19. Fabrizi A.P., Maina R., Schiabello L. Interspinous spacers in the treatment of degenerative lumbar spinal disease: our experience with DIAM and Aperius devices. Eur. Spine J. 2011;20(Suppl 1):20–26. <https://doi.org/10.1007/s00586-011-1753-2>
20. Boody B.S., Smucker J.D., Sasso W., Miller J.W., Snowden R., Sasso R.C. Evaluation of DIAM™ Spinal Stabilization System for lower lumbar disc degenerative disease: A randomized, prospective, single-site study. J. Orthop. 2020;21:171–177. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2020.03.025>

### References

1. Krylov V.V., Kononov A.N., Dash'yan V.G., Kondakov E.N., Tanyashin S.V., Gorelyshev S.K., et al. The current state of neurosurgery in Russian Federation. Neurokhirurgiya = Russian journal of neurosurgery. 2016;(3):3–44. (In Russ.)
2. Katz J.N. Lumbar Disc Disorders and Low-Back Pain: Socioeconomic Factors and Consequences. The Journal of Bone & Joint Surgery. 2006;88(suppl\_2):21–24. <https://doi.org/10.2106/jbjs.e.01273>
3. Luo X., Pietrobon R., Sun X., Liu G.G., Hey L. Estimates and Patterns of Direct Health Care Expenditures Among Individuals With Back Pain in the United States. Spine. 2004;29(1):79–86. <https://doi.org/10.1097/01.BRS.0000105527.13866.0F>
4. Keene J.S., Albert M.J., Springer S.L., Drummond D.S., Clancy W.G. Back Injuries in College Athletes. J. Spinal Disord. 1989 Sep;2(3):190–195. <https://doi.org/10.1097/00002517-198909000-00007>
5. McCarroll J.R., Miller J.M., Ritter M.A. Lumbar spondylolysis and spondylolisthesis in college football players: A prospective study. Am. J. Sports Med. 1986;14(5):404–406. <https://doi.org/10.1177/036354658601400513>
6. Ferguson R.J., McMaster J.H., Stanitski C.L. Low back pain in college football linemen. J. Sports. Med. 1974;2(2):63–69. <https://doi.org/10.1177/036354657400200201>
7. Semon R.L., Spengler D. Significance of lumbar spondylolysis in college football players. Spine (Phila Pa 1976). 1981;6(2):172–174. <https://doi.org/10.1097/00007632-198103000-00012>
8. Swärd L., Hellström M., Jacobsson B.O., Nyman R., Peterson L. Disc degeneration and associated abnormalities of the spine in elite gymnasts: A magnetic resonance imaging study. Spine (Phila Pa 1976). 1991;16(4):437–443. <https://doi.org/10.1097/00007632-199104000-00009>
9. Dunn I.F., Proctor M.R., Day A.L. Lumbar spine injuries in athletes. Neurosurgical Focus. 2006;21(4):1–5. <https://doi.org/10.3171/foc.2006.21.4.5>
10. Lawrence J.P., Greene H.S., Grauer J.N. Back pain in athletes. J. Am. Acad. Orthop. Surg. 2006;14(13):726–735. <https://doi.org/10.5435/00124635-200612000-00004>

11. **Watkins R.G.** Lumbar disc injury in the athlete. *Clin. Sports Med.* 2002;21(1):147–165. [https://doi.org/10.1016/s0278-5919\(03\)00063-2](https://doi.org/10.1016/s0278-5919(03)00063-2)

12. **Hainline B.** Low Back Injury. *Clin. Sports Med.* 1995;14(1):241–265. [https://doi.org/10.1016/S0278-5919\(20\)30267-2](https://doi.org/10.1016/S0278-5919(20)30267-2)

13. **Shen H., Fogel G.R., Zhu J., Liao Z., Liu W.** Biomechanical Analysis of Different Lumbar Interspinous Process Devices: A Finite Element Study. *World Neurosurg.* 2019;127:e1112–e1119. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.04.051>

14. **Sur Y.J., Kong C.G., Park J.B.** Survivorship analysis of 150 consecutive patients with DIAM™ implantation for surgery of lumbar spinal stenosis and disc herniation. *Eur. Spine J.* 2011;20(2):280–288. <https://doi.org/10.1007/s00586-010-1599-z>

15. **Cherepanov E.A.** Russian version of the Oswestry Disability Index: cross-cultural adaptation and validity. *Khirurgiya Pozvonochnika = Russian Journal of Spine Surgery.* 2009;(3):93–98. (In Russ.) <https://doi.org/10.14531/ss2009.3.93-98>

16. **Shen H., Fogel G.R., Zhu J., Liao Z., Liu W.** Biomechanical analysis of lumbar fusion with proximal interspinous process device implantation. *Int. J. Numer. Meth. Biomed. Engng.* 2021;37(8):e3498. <https://doi.org/10.1002/cnm.3498>

17. **Krappel F., Brayda-Bruno M., Alessi G., Remacle J.-M., Lopez L.A., Fernández J.J., et al.** Herniectomy versus herniectomy with the DIAM spinal stabilization system in patients with sciatica and concomitant low back pain: results of a prospective randomized controlled multicenter trial. *Eur. Spine J.* 2017;26(3):865–876. <https://doi.org/10.1007/s00586-016-4796-6>

18. **Zhao Y., Wang Y.P., Qiu G.X., Zhao H., Zhang J.G., Zhou X.** Efficacy of the Dynamic Interspinous Assisted Motion system in clinical treatment of degenerative lumbar disease. *Chin. Med. J. (Engl).* 2010;123(21):2974–2977. <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0366-6999.2010.21.004>

19. **Fabrizi A.P., Maina R., Schiabello L.** Interspinous spacers in the treatment of degenerative lumbar spinal disease: our experience with DIAM and Aperius devices. *Eur. Spine J.* 2011;20(Suppl 1):20–26. <https://doi.org/10.1007/s00586-011-1753-2>

20. **Boody B.S., Smucker J.D., Sasso W., Miller J.W., Snowden R., Sasso R.C.** Evaluation of DIAM™ Spinal Stabilization System for lower lumbar disc degenerative disease: A randomized, prospective, single-site study. *J. Orthop.* 2020;21:171–177. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2020.03.025>

#### Информация об авторах:

**Дзукаев Дмитрий Николаевич**, заведующий центром по оказанию хирургической помощи больным с дегенеративными заболеваниями и острой травмой позвоночника, ГБУЗ г. Москвы «Городская клиническая больница № 67 им. Л.А. Ворохобова Департамента здравоохранения г. Москвы», Россия, 123423, Москва, ул. Саляма Адила, 2/44 ([dzuk@mail.ru](mailto:dzuk@mail.ru))

**Гринь Андрей Анатольевич**, доктор медицинских наук, член-корреспондент Российской академии наук, руководитель отделения неотложной нейрохирургии ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения г. Москвы», Россия, 129090, Москва, Большая Сухаревская пл., 3 ([aagreen@yandex.ru](mailto:aagreen@yandex.ru))

**Музышев Ислам Айсевич\***, врач-нейрохирург Московского городского спинального нейрохирургического центра на базе ГБУЗ г. Москвы «Городская клиническая больница № 67 имени Л.А. Ворохобова Департамента здравоохранения города Москвы», Россия, 123423, Москва, ул. Саляма Адила, 2/44 ([islam.muzyshhev@mail.ru](mailto:islam.muzyshhev@mail.ru))

**Гулый Владимир Викторович**, врач-нейрохирург Московского городского спинального нейрохирургического центра на базе ГБУЗ г. Москвы «Городская клиническая больница № 67 имени Л.А. Ворохобова Департамента здравоохранения города Москвы», Россия, 123423, Москва, ул. Саляма Адила, 2/44 ([vladimirvg87@gmail.com](mailto:vladimirvg87@gmail.com))

**Борзенков Антон Владимирович**, врач-нейрохирург Московского городского спинального нейрохирургического центра на базе ГБУЗ г. Москвы «Городская клиническая больница № 67 имени Л.А. Ворохобова Департамента здравоохранения города Москвы», Россия, 123423, Москва, ул. Саляма Адила, 2/44 ([anton-borzenkov@yandex.ru](mailto:anton-borzenkov@yandex.ru))

**Сафронов Михаил Александрович**, врач-травматолог-ортопед Московского городского спинального нейрохирургического центра на базе ГБУЗ г. Москвы «Городская клиническая больница № 67 имени Л.А. Ворохобова Департамента здравоохранения города Москвы», Россия, 123423, Москва, ул. Саляма Адила, 2/44 ([dr.naty@gmail.com](mailto:dr.naty@gmail.com))

**Пустовойтов Вадим Викторович**, врач-нейрохирург Московского городского спинального нейрохирургического центра на базе ГБУЗ г. Москвы «Городская клиническая больница № 67 имени Л.А. Ворохобова Департамента здравоохранения города Москвы», Россия, 123423, Москва, ул. Саляма Адила, 2/44 ([vadim0608doc@mail.ru](mailto:vadim0608doc@mail.ru))

**Торчинов Сослан Таймуразович**, врач-нейрохирург Московского городского спинального нейрохирургического центра на базе ГБУЗ г. Москвы «Городская клиническая больница № 67 имени Л.А. Ворохобова Департамента здравоохранения города Москвы», Россия, 123423, Москва, ул. Саляма Адила, 2/44 ([soslan\\_torchinov@mail.ru](mailto:soslan_torchinov@mail.ru))

#### Information about the authors:

**Dmitry N. Dzukaev**, head of the Center for Surgical Care for Patients with Degenerative Diseases and Acute Spinal Injury, Moscow City Spinal Neurosurgical Center, L.A. Vorokhobov City Clinical Hospital No. 67, 2/44 Salama Adilya str., Moscow, 123423, Russia ([dzuk@mail.ru](mailto:dzuk@mail.ru))

**Andrey A. Grin**, M.D., D.Sc. (Medicine), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Scientific Department of Emergency Neurosurgery, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, 3 Bolshaya Sukharevskaya Sq., Moscow, 129090, Russia ([aagreen@yandex.ru](mailto:aagreen@yandex.ru))

**Islam A. Muzyshhev\***, Moscow City Spinal Neurosurgical Center, L.A. Vorokhobov City Clinical Hospital No. 67, 2/44 Salama Adilya str., Moscow, 123423, Russia ([islam.muzyshhev@mail.ru](mailto:islam.muzyshhev@mail.ru))

**Vladimir V. Guly**, neurosurgeon, Moscow City Spinal Neurosurgical Center, L.A. Vorokhobov City Clinical Hospital No. 67, 2/44 Salama Adilya str., Moscow, 123423, Russia ([vladimirvg87@gmail.com](mailto:vladimirvg87@gmail.com))

**Anton V. Borzenkov**, neurosurgeon, Moscow City Spinal Neurosurgical Center, L.A. Vorokhobov City Clinical Hospital No. 67, 2/44 Salama Adilya str., Moscow, 123423, Russia ([anton-borzenkov@yandex.ru](mailto:anton-borzenkov@yandex.ru))

**Mikhail A. Safronov**, traumatologist-orthopedist, Moscow City Spinal Neurosurgical Center, L.A. Vorokhobov City Clinical Hospital No. 67, 2/44 Salama Adilya str., Moscow, 123423, Russia ([dr.naty@gmail.com](mailto:dr.naty@gmail.com))

**Vadim V. Pustovoytov**, neurosurgeon, Moscow City Spinal Neurosurgical Center, L.A. Vorokhobov City Clinical Hospital No. 67, 2/44 Salama Adilya str., Moscow, 123423, Russia ([vadim0608doc@mail.ru](mailto:vadim0608doc@mail.ru))

**Soslan T. Torchinov**, neurosurgeon, Moscow City Spinal Neurosurgical Center, L.A. Vorokhobov City Clinical Hospital No. 67, 2/44 Salama Adilya str., Moscow, 123423, Russia ([soslan\\_torchinov@mail.ru](mailto:soslan_torchinov@mail.ru))

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.2.9>

УДК: 611.748.54

Тип статьи: Обзор литературы / Articles Review



## Профилактика разрыва ахиллова сухожилия при занятиях физической культурой и спортом: факторы предрасположенности

В.Н. Николенко<sup>1,2</sup>, М.В. Санькова<sup>1,\*</sup>, А.Д. Хегай<sup>2</sup>, М.В. Оганесян<sup>1,2</sup>, Н.А. Ризаева<sup>1,2</sup>,  
А.В. Саньков<sup>1</sup>, Л.А. Гридин<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup> ФГБОУ «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Москва, Россия

<sup>3</sup> Московский центр проблем здоровья при Правительстве Москвы, Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** сконцентрировать все клинически значимые факторы, определяющие предрасположенность ахиллова сухожилия к разрыву.

**Материалы и методы:** базой данного научно-аналитического обзора явился анализ данных электронных порталов PubMed-NCBI, Академия Google и «Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU».

**Результаты:** представленный повествовательный обзор литературы свидетельствует о том, что повышение риска повреждения и разрыва ахиллова сухожилия может быть спровоцировано многочисленными факторами, среди которых большое значение имеют генетическая предрасположенность, индивидуальные анатомо-морфологические особенности строения сухожильного комплекса, исходная несостоятельность соединительной ткани, патологические изменения структуры самого ахиллова сухожилия, деформации стоп и голеностопных суставов.

Анализ литературных данных продемонстрировал, что повреждения сухожилия наиболее часто происходят у мужчин в возрасте 30–40 и 60–80 лет. В группу риска входят профессиональные спортсмены и люди, ведущие малоподвижный образ жизни, а также нарушающие корректный режим физических нагрузок. Немаловажную роль в предрасположенности к травме играют сопутствующие нарушения метаболизма, а также ряд лекарственных средств. Особенно высокий риск возникновения разрыва сухожилия связан с использованием локальных инъекций кортикостероидов. Сочетание нескольких установленных факторов риска существенно увеличивает вероятность возникновения этого неотложного состояния.

**Заключение.** Раннее выявление факторов риска разрыва ахиллова сухожилия позволит своевременно разрабатывать профилактические меры у представителей общей популяции при занятиях физической культурой и спортом.

**Ключевые слова:** ахиллово сухожилие, физическая нагрузка, спорт, разрыв сухожилия, факторы предрасположенности, профилактика травм

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

**Для цитирования:** Николенко В.Н., Санькова М.В., Хегай А.Д., Оганесян М.В., Ризаева Н.А., Саньков А.В., Гридин Л.А. Профилактика разрыва ахиллова сухожилия при занятиях физической культурой и спортом: факторы предрасположенности. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2023;13(2):30–38. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.2.9>

Поступила в редакцию: 02.07.2023

Принята к публикации: 18.10.2023

Online first: 31.10.2023

Опубликована: 21.11.2023

\* Автор, ответственный за переписку



## Achilles tendon rupture prevention in physical activity and sports: predisposition factors

Vladimir N. Nikolenko<sup>1,2</sup>, Maria V. Sankova<sup>1,\*</sup>, Andrey D. Khagai<sup>2</sup>, Marine V. Oganesyan<sup>1,2</sup>,  
Negoria A. Rizaeva<sup>1,2</sup>, Aleksey V. Sankov<sup>1</sup>, Leonid A. Gridin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

<sup>2</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

<sup>3</sup>Moscow Center for Health Problems under the Moscow Government, Moscow, Russia

### ABSTRACT

**Objective:** to summarize all clinically significant factors determining the Achilles tendon predisposition to rupture.

**Materials and methods:** the basis of this scientific-analytical review was the analysis of data from the electronic portals PubMed-NCBI, Google Academy, and "Scientific electronic e-Library.ru".

**Results:** the presented literature review indicates that injuries and ruptures of the Achilles tendon can be provoked by numerous factors, among which genetic predisposition, individual anatomico-morphological features of the tendon complex structure, initial connective tissue failure, pathological changes in the Achilles tendon structure itself, foot and ankle deformities are of great importance. Men are more susceptible to this injury. Tendon injuries are most common either in 30–40 years, or in the period from 60 to 80 years. Professional athletes and people who lead sedentary lifestyles and do not exercise properly are at risk of Achilles tendon ruptures. Concomitant metabolic disorders and use of some medications also play an important role in the predisposition to this injury. Local corticosteroid injections pose a particular tendon rupture risk. The combination of several established factors significantly increases the likelihood of this emergency.

**Conclusions:** early detection of predisposition to Achilles tendon rupture will allow timely development of effective measures for its prevention in physical training and sports.

**Keywords:** Achilles tendon, physical training, sports, tendon rupture, predisposition factors, injury prevention

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

**For citation:** Nikolenko V.N., Sankova M.V., Khagai A.D., Oganesyan M.V., Rizaeva N.A., Sankov A.V., Gridin L.A. Achilles tendon rupture prevention in physical activity and sports: predisposition factors. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2023;13(2):30–38. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.2.9>

**Received:** 02 July 2023

**Accepted:** 18 October 2023

**Online first:** 31 October 2023

**Published:** 21 November 2023

\*Corresponding author

### 1. Введение

Физическая активность является важной составляющей повседневной жизни современного человека. В последние годы в России активно реализуются государственные программы и стратегии, направленные на развитие любительского и профессионального спорта [1]. Вместе с тем повышение физической активности среди населения сопровождается существенным ростом повреждений мышц и сухожильно-связочного аппарата, среди которых разрыв ахиллова сухожилия занимает ведущее место и, по некоторым данным, может достигать 47% в общей структуре разрывов сухожилий и мышц [2]. Многочисленные исследования свидетельствуют о том, что частота встречаемости разрыва ахиллова сухожилия на сегодня достигает 25–30 случаев на 100 тысяч населения в год и этот показатель продолжает расти [3, 4]. Достаточно часто эти травмы рецидивируют: после консервативного лечения их количество может достигать 35,0%, а после оперативного вмешательства встречаться в 3,5% случаев [5]. Разрыв ахиллова сухожилия сопровождается серьезными нарушениями функций опоры и движения в голеностопном суставе, которые в ряде случаев приводят

к хронической нестабильности этого сочленения и развитию длительной нетрудоспособности [6]. Понимание причин и механизмов возникновения повреждений этого сухожилия является важной составляющей профилактики травматизма при занятиях физической культуры и спортом. Поэтому целью нашего исследования явился поиск наиболее значимых факторов, определяющих предрасположенность к разрыву ахиллова сухожилия.

### 2. Материалы и методы исследования

Базой данного научно-аналитического обзора явился анализ данных электронных порталов PubMed-NCBI, Академии Google и «Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU». В исследовании применялись контент-анализ, структурно-логический и системный методы.

### 3. Факторы риска разрыва ахиллова сухожилия при занятиях физической культурой и спортом

• **Факторы индивидуальной предрасположенности**  
Исходная прочность ахиллова сухожилия сильно различается в пределах биологической изменчивости организма человека и определяется общим количеством

входящих в него сухожильных волокон, соотношением разных их видов, степенью их скручивания и функционированием комплекса защитных анатомических образований в месте их прикрепления к пяточной кости [7–9]. Особое значение имеют индивидуальные особенности кровоснабжения и иннервации ахиллова сухожилия [10, 11]. Немаловажную роль играет содержание в организме микронутриентов и незаменимых аминокислот, необходимых для пролиферации теноцитов и поддержания матриксного гомеостаза, определяющих прочность сухожилия, в соответствии с выполняемой нагрузкой [12, 13].

#### • Особенности физической активности

Многочисленными исследованиями показано, что в группе риска разрывов ахиллова сухожилия находятся люди, ведущие малоподвижный образ жизни, занимающиеся физической культурой от случая к случаю. Провоцирующими факторами травматизации в этой группе являются отсутствие полноценной разминки перед выполнением основных упражнений, чрезмерная интенсивность тренировок и значительное превышение привычного уровня физической нагрузки [5, 14–16]. Вторую группу риска формируют профессиональные спортсмены, спортивная деятельность которых связана с резкими ускорениями, торможениями и прыжками во время командных спортивных игр. Показано, что повреждения ахиллова сухожилия наиболее часто встречаются в таких игровых видах спорта, как баскетбол, волейбол, большой теннис и футбол, где характер движений требует стиля «старт-стоп», повторяющихся прыжков и коротких спринтов [17–19].

#### • Возрастно-половой фактор

Результаты отечественных и зарубежных исследований показали, что частота разрывов у мужчин существенно доминирует над соответствующим показателем у женщин [5, 20]. Многие авторы связывают подобную закономерность с большей приверженностью лиц мужского пола к занятиям спортом. Другие работы свидетельствуют о том, что мужской организм благодаря более высоким концентрациям тестостерона лучше наращивает мускулатуру и обладает большими параметрами площади поперечного сечения мышц, большим процентом быстрых мышечных волокон и, соответственно, большими силовыми показателями, прилагаемыми к сухожилиям в единицу времени, что может иметь определенные функциональные последствия. Женский половой гормон, эстроген, отвечающий за эластичность связок и сухожилий, содержится у мужчин в очень низких концентрациях, поэтому их сухожилия более жесткие и менее устойчивы к рывковым нагрузкам [21–23].

Многочисленными исследованиями показано, что разрыв ахиллова сухожилия наиболее часто происходит либо в активном 30–40-летнем возрасте, либо в период с 60 до 80 лет. В первом случае значительный риск травматизации связан с высоким уровнем физической

нагрузки, и особое значение при этом может иметь исходная несостоятельность соединительнотканых структур сухожильных волокон. Показано, что старение организма сопровождается уменьшением диаметра коллагеновых волокон, снижением степени их скрученности и изменением количественного соотношения коллагенов в сторону увеличения коллагена III типа, обладающего существенно меньшей прочностью, что значительно ухудшает выносливость сухожилия и его резистентность к нагрузке [25–27]. Поэтому травматизм во второй группе, наиболее вероятно, связан с возрастным накоплением дегенеративных изменений в сухожилиях и существенным снижением на этом фоне их прочности. Поэтому у пациентов старшей возрастной группы эти травмы происходят во время повседневной и привычной для физической деятельности [5, 10, 24].

#### 4. Сопутствующие заболевания

Нарушение организации коллагеновых и эластичных волокон при синдроме дисплазии соединительной ткани существенно влияет на структуру и прочность сухожильных волокон любой локализации [28]. Ученые Сеченовского университета впервые показали, что травмы опорно-двигательного аппарата в трудоспособном возрасте, в том числе повреждения и разрывы сухожилий, обусловлены наличием исходной несостоятельности соединительной ткани. В последнее время распространенность признаков этой патологии в популяции достигает 85%. Так, у лиц с рецидивирующими повреждениями костно-мышечной системы отмечается существенно большее накопление диспластических признаков, чем у представителей контрольной группы ( $49,4 \pm 13,1$  и  $11,3 \pm 3,3$  соответственно;  $p < 0,001$ ) [29, 30].

К факторам, увеличивающим риск повреждений ахиллова сухожилия, относятся различные деформации стоп и голеностопного сустава, которые существенно изменяют двигательный стереотип, походку, активность мышц нижних конечностей и обуславливают выраженные биомеханические нарушения, вызывающие патологические изменения ахиллова сухожилия, предрасполагающие к его микротравмам и разрывам [31–34].

На сегодня весь спектр заболеваний этого сухожильного комплекса принято разделять на неинсерционные, т.е. находящиеся в средней его части, и инсерционные, т.е. расположенные в нижней трети — в области его прикрепления к пяточной кости. В первую группу входит тендинопатия средней порции ахиллова сухожилия, в основе которой находятся дегенеративные и атрофические изменения, и паратендопатии, характеризующиеся присоединением воспалительных изменений оболочки сухожилия. Вторую группу составляют инсерционные тендинопатии, отличительной особенностью которых являются костные разрастания на пяточной кости и в сухожилии, и бурситы — поверхностный и ретрокальканеарный [35]. Патологические изменения сухожилия различного генеза и возникающие при этом биомеханические нарушения

приводят к снижению устойчивости сухожильного волокна к привычной механической нагрузке и предрасполагают к его повреждениям [36–38].

Нарушения обмена веществ, возникающие при сахарном диабете, гиперхолестеринемии, ожирении, гиперурикемии, почечной недостаточности и некоторых наследственных синдромах, также может оказывать существенное влияние на структуру и функциональность сухожилий, что увеличивает риск развития тендинопатии и последующего возникновения его спонтанных разрывов даже в пределах нормального диапазона механических нагрузок [34, 39–42].

#### • **Негативное влияние лекарственных препаратов**

Наиболее значимое негативное влияние на структуру сухожильных волокон оказывают применение антибиотиков из группы фторхинолонов и кортикостероидов. Механизм действия фторхинолонов заключается в ингибировании бактериальных ферментов (топоизомеразы II и IV). Угнетая подобные ферменты метаболизма соединительной ткани, они вызывают повышенную экспрессию матриксных металлопротеиназ, апоптоз теноцитов, снижение клеточной пролиферации, нарушение синтеза коллагена и протеогликанов [43–46]. Ухудшение механической прочности ахиллова сухожилия при применении кортикостероидов обусловлено, с одной стороны, подавлением этими препаратами клеточной активности теноцитов и синтеза коллагена, с другой стороны — с активацией коллагеназы и, соответственно, с увеличением распада коллагеновых волокон [44–47]. Особенно высокий риск представляют локальные инъекции кортикостероидов, вызывающие дистрофию и некроз сухожильных волокон из-за прямого токсического эффекта [48]. Ряд авторов показали, что тендинопатия и разрыв ахиллова сухожилия является частым побочным действием таких лекарственных препаратов, как статины и ингибиторы ароматазы [44–47, 49, 50]. Существуют данные, что развитию тендинопатии ахиллова сухожилия также способствует длительное применение блокаторов кальциевых каналов, анаболических стероидов, антиретровирусных препаратов, изотретиноина, антагонисты ренин-ангиотензиновых рецепторов II, тиазидных диуретиков, ритуксимаба и ситаглиптина. Токсическую тендинопатию, хотя и в более редких случаях по сравнению с фторхинолонами, может вызвать употребление таких антибактериальных препаратов из групп цефалоспоринов, макролидов и сульфаниламидов [44–47].

#### • **Генетические аспекты**

Наконец, нельзя не упомянуть, что развитие молекулярной генетики человека в последние десятилетия позволило установить, что заболевания и разрывы ахиллова сухожилия могут быть ассоциированы с мутациями генов, кодирующими белки внеклеточного матрикса [51]. Так, было выявлено, что полиморфизм гена G1023T (rs1800012) функционального сайта связывания Sp1 в интроне-1, локализованного на семнадцатой хромосоме и участвующего в синтезе коллагена I типа, ассоциирован с более высоким риском разрывов ахиллова сухожилия. Мутации в гене COL5A1 (rs3196378), расположенного на девятой хромосоме и кодирующего синтез одного из фибриллярных коллагенов, также может обуславливать повышенный риск развития тендопатий и разрывов ахиллова сухожилия [52].

Особое значение имеют изменения гена MMP3 (STM1), локализованного на одиннадцатой хромосоме и отвечающего за синтез стромелизина I — белка из семейства металлопротеиназ матрикса, разрушающего внеклеточный матрикс. Установлена взаимосвязь между полиморфизмами этого гена (rs679620G, rs591058C, rs650108A) и тендовагинопатии ахиллова сухожилия, а взаимодействие G-аллеля гена MMP3 (rs679620) и T-аллеля гена COL5A1 (rs12722) существенно увеличивает риск этой патологии [51]. Подобные данные существуют и в отношении гена TNC, расположенного на девятой хромосоме (9q33) и кодирующего белок внеклеточного матрикса тенасцин C, который ингибирует клеточную адгезию и позволяет клеткам перемещаться. Еще одним значимым генетическим маркером высокого риска повреждений ахиллова сухожилия являются полиморфизмы, ассоциированные с двенадцатым и ITGT-повторами в семнадцатом интроне, протективными аллелями, — полиморфизмы, связанные с тринадцатым и семнадцатым повторами [53].

#### **5. Заключение**

Представленный обзор литературы свидетельствует о том, что повреждения и разрывы ахиллова сухожилия могут быть спровоцированы многочисленными факторами, сочетание которых существенно увеличивает вероятность возникновения травм. Своевременное выявление определенных предикторов разрыва ахиллова сухожилия позволит разрабатывать эффективные траектории персонализированной профилактики этого неотложного состояния, возникающего при занятиях физической культурой и спортом.

**Вклад авторов:**

**Николенко Владимир Николаевич** — редактирование, утверждение финальной версии статьи;

**Санькова Мария Вячеславовна** — сбор и обработка данных, написание текста статьи;

**Хегай Андрей Дмитриевич** — сбор и обработка данных;

**Оганесян Марине Валиковна** — редактирование, утверждение финальной версии статьи;

**Ризаева Негория Алигаевна** — редактирование;

**Саньков Алексей Вячеславович** — сбор и обработка данных;

**Гридин Леонид Александрович** — редактирование.

**Список литературы**

1. Стратегия развития физической культуры и спорта в Российской Федерации на период до 2030 года: утв. Правительством Российской Федерации от 24 ноября 2020 года, N 3081-п [интернет]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/566430492?marker=6580IP> (дата доступа 10.06.2023).
2. **Котельников Г.П., Ким Ю.Д., Шитиков Д.С., Филатов Е.Ю.** Варианты причин подкожного разрыва ахиллова сухожилия. Современные проблемы науки и образования. 2015;(2-1):28–32.
3. **Ситник А.А., Худницкий С.И., Белоенко Е.Д.** Диагностика, лечение и реабилитация больных с разрывом Ахиллова сухожилия. Инструкция по применению. Минск: Белорусский НИИ травматологии и ортопедии; 2015.
4. **Meulenkamp B., Stacey D., Fergusson D., Hutton B., Mlis R.S., Graham I.D.** Protocol for treatment of Achilles tendon ruptures; a systematic review with network meta-analysis. *Syst. Rev.* 2018;7(1):247. <https://doi.org/10.1186/s13643-018-0912-5>
5. **Середа А.П.** Застарелые разрывы ахиллова сухожилия – возможно ли спонтанное сращение и как их лечить? Результаты укорачивающей тенопластики. *Травматология и ортопедия России.* 2018;24(2):59–69. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2018-24-2-59-69>
6. **Куров М.А., Голубев В.Г.** Современные представления о патогенезе хронической нестабильности голеностопного сустава. Обзор литературы. *Кремлевская медицина. Клинический вестник.* 2018;(4):98–106.
7. **Mahan J., Damodar D., Trapana E., Barnhill S., Nuno A.U., Smyth N.A., Aiyer A., Jose J.** Achilles tendon complex: The anatomy of its insertional footprint on the calcaneus and clinical implications. *J. Orthop.* 2019;17:221–227. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2019.06.008>
8. **Pełkala P.A., Henry B.M., Ochała A., Kopacz P., Tatoń G., Młyniec A., Walocha J.A., Tomaszewski K.A.** The twisted structure of the Achilles tendon unraveled: A detailed quantitative and qualitative anatomical investigation. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2017;27(12):1705–1715. <https://doi.org/10.1111/sms.12835>
9. **Dederer K.M., Tennant J.N.** Anatomical and Functional Considerations in Achilles Tendon Lesions. *Foot Ankle Clin.* 2019;24(3):371–385. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2019.04.001>
10. **Марков А.А., Вторушин Н.С., Сергеев К.С., Комаров В.И.** Лечение пациентов с повреждениями Ахиллова сухожилия (обзор). *Вестник Смоленской государственной медицинской академии.* 2018;17(2):159–167.
11. **Bjur D., Alfredson H., Forsgren S.** The innervation pattern of the human Achilles tendon: studies of the normal and tendinosis tendon with markers for general and sensory innervation. *Cell Tissue Res.* 2005;320(1):201–206. <https://doi.org/10.1007/s00441-004-1014-3>

**Author contributions:**

**Vladimir N. Nikolenko** — editing, article final version approval;  
**Maria V. Sankova** — data collection and processing, article text writing;

**Andrey D. Khagai** — data collection and processing;

**Marine V. Oganesyanyan** — editing, article final version approval;

**Negoria A. Rizaeva** — editing;

**Aleksey V. Sankov** — data collection and processing;

**Leonid A. Gridin** — editing.

**References**

1. Strategy for the Development of Physical Culture and Sports in the Russian Federation for the period until 2030: approved by the Government of the Russian Federation on November 24, 2020, N 3081- p [internet]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/566430492?marker=6580IP> (accessed 10 Juny 2023) (In Russ.).
2. **Kotelnikov G.P., Kim Yu.D., Shitikov D.S., Filatov E.Yu.** Possible Reasons for Subcutaneous Achilles Tendon Rupture. *Modern problems of science and education.* 2015;(2-1):28–32 (In Russ.).
3. **Sitnik A.A., Khudnitskii S.I., Beloenko E.D.** Diagnosis, treatment and rehabilitation of patients with Achilles tendon rupture. Instructions for use. *Minsk: Republican Scientific and Practical Center of Traumatology and Orthopedics;* 2015 (In Russ.).
4. **Meulenkamp B., Stacey D., Fergusson D., Hutton B., Mlis R.S., Graham I.D.** Protocol for treatment of Achilles tendon ruptures; a systematic review with network meta-analysis. *Syst. Rev.* 2018;7(1):247. <https://doi.org/10.1186/s13643-018-0912-5>
5. **Sereda A.P.** Treatment Options for Neglected Achilles Tendon Ruptured: Wether Spontaneous Healing is Possible? *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2018;24(2):59–69 (In Russ.). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2018-24-2-59-69>
6. **Kurov M.A., Golubev V.G.** Modern ideas about the pathogenesis Chronic instability ankle joint. Review of literature. *Kremlevskaya meditsina. Klinicheskii vestnik = Kremlin Medicine Journal.* 2018;(4):98–106 (In Russ.).
7. **Mahan J., Damodar D., Trapana E., Barnhill S., Nuno A.U., Smyth N.A., Aiyer A., Jose J.** Achilles tendon complex: The anatomy of its insertional footprint on the calcaneus and clinical implications. *J. Orthop.* 2019;17:221–227. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2019.06.008>
8. **Pełkala P.A., Henry B.M., Ochała A., Kopacz P., Tatoń G., Młyniec A., Walocha J.A., Tomaszewski K.A.** The twisted structure of the Achilles tendon unraveled: A detailed quantitative and qualitative anatomical investigation. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2017;27(12):1705–1715. <https://doi.org/10.1111/sms.12835>
9. **Dederer K.M., Tennant J.N.** Anatomical and Functional Considerations in Achilles Tendon Lesions. *Foot Ankle Clin.* 2019;24(3):371–385. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2019.04.001>
10. **Markov A.A., Vtorushin N.S., Sergeev K.S., Komarov V.I.** Treatment of Patients With Achilles Tendon Injuries (Review). *Vestnik Smolenskoi gosudarstvennoi meditsinskoi akademii = Vestnik of Smolensk State Medical Academy.* 2018;17(2):159–167 (In Russ.).
11. **Bjur D., Alfredson H., Forsgren S.** The innervation pattern of the human Achilles tendon: studies of the normal and tendinosis tendon with markers for general and sensory innervation. *Cell Tissue Res.* 2005;320(1):201–206. <https://doi.org/10.1007/s00441-004-1014-3>

12. **Кытько О.В., Дыдыкина И.С., Санькова М.В., Крючко П.В., Чиликов В.В.** Патогенетические аспекты недостаточности магния при синдроме дисплазии соединительной ткани. *Вопросы питания*. 2020;89(5):35–43. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10064>
13. **Громова О.А., Торшин И.Ю., Томилова И.К., Гилельс А.В., Демидов В.И.** Кальций и биосинтез коллагена: систематический анализ молекулярных механизмов воздействия. *РМЖ. Мать и дитя*. 2016;(15):1009–1017.
14. **Родоманова Л.А., Кочिश А.Ю., Романов Д.В., Валетова С.В.** Способ хирургического лечения пациентов с повторными разрывами ахиллова сухожилия. *Травматология и ортопедия России*. 2010;16(3):126–130. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2010-0-3-126-130>
15. **Thermann H.** Achillessehnenruptur — Teil 1: Ätiologie und Diagnostik [Achilles tendon rupture-Part 1: etiology and diagnostics]. *Chirurg*. 2019;90(10):863–872 (In German). <https://doi.org/10.1007/s00104-019-01024-6>
16. **Buddecke D.Jr.** Acute Achilles Tendon Ruptures. *Clin. Podiatr. Med. Surg.* 2021;38(2):201–226. <https://doi.org/10.1016/j.cpm.2020.12.006>
17. **Самойлов А.С.** Спортивная медицина на службе спорта высших достижений. *Кто есть кто в медицине*. 2013;(5):38–41.
18. **Vosseller J.T., Ellis S.J., Levine D.S., Kennedy J.G., Elliott A.J., Deland J.T., Roberts M.M., O'Malley M.J.** Achilles tendon rupture in women. *Foot Ankle Int.* 2013;34(1):49–53. <https://doi.org/10.1177/1071100712460223>
19. **Mansfield K., Dopke K., Koroneos Z, Bonaddio V, Adeyemo A., Aynardi M.** Achilles Tendon Ruptures and Repair in Athletes – a Review of Sports-Related Achilles Injuries and Return to Play. *Curr. Rev. Musculoskelet Med.* 2022;15(5):353–361. <https://doi.org/10.1007/s12178-022-09774-3>
20. **Huttunen T.T., Kannus P., Rolf C., Felländer-Tsai L., Mattila V.M.** Acute achilles tendon ruptures: incidence of injury and surgery in Sweden between 2001 and 2012. *Am. J. Sports Med.* 2014;42(10):2419–2423. <https://doi.org/10.1177/0363546514540599>
21. **Fournier G., Bernard C., Cieviet-Bonfils M., Kenney R., Pingon M., Sappey-Mariniere E., Chazaud B., Gondin J., Servien E.** Sex differences in semitendinosus muscle fiber-type composition. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2022;32(4):720–727. <https://doi.org/10.1111/sms.14127>
22. **Handelsman D.J., Hirschberg A.L., Bermon S.** Circulating Testosterone as the Hormonal Basis of Sex Differences in Athletic Performance. *Endocr. Rev.* 2018;39(5):803–829. <https://doi.org/10.1210/er.2018-00020>
23. **Bassett A.J., Ahlmen A., Rosendorf J.M., Romeo A.A., Erickson B.J., Bishop M.E.** The Biology of Sex and Sport. *JBJS Rev.* 2020;8(3):e0140. <https://doi.org/10.2106/JBJS.RVW.19.00140>
24. **Hoffman J., Gupta S., Amesur A., Anthony T., Winder R.P., Chan H., Hoang V.** Achilles Tendon Rip-Stop SpeedBridge Repair. *Arthrosc. Tech.* 2021;10(9):e2113–e2120. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2021.05.011>
25. **Slane L.C., DeWall R., Martin J., Lee K., Thelen D.G.** Middle-aged adults exhibit altered spatial variations in Achilles tendon wave speed. *Physiol. Meas.* 2015;36(7):1485–1496. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/36/7/1485>
26. **Slane L.C., Martin J., DeWall R., Thelen D., Lee K.** Quantitative ultrasound mapping of regional variations in shear wave speeds of the aging Achilles tendon. *Eur. Radiol.* 2017;27(2):474–482. <https://doi.org/10.1007/s00330-016-4409-0>
12. **Kytko O.V., Dydykina I.S., Sankova M.V., Kryuchko P.V., Chilikov V.V.** Pathogenetic aspects of magnesium deficiency in connective tissue dysplasia syndrome. *Voprosy pitaniia = Problems of Nutrition*. 2020;89(5):35–43 (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10064>
13. **Gromova O.A., Torshin I.Yu., Tomilova I.K., Gilel's A.V., Demidov V.I.** Calcium and collagen biosynthesis: a systematic analysis of molecular action mechanisms. *RMZh. Mat' i ditya [Russian Medical Journal. Mother & Child.]*. 2016;(15):1009–1017 (In Russ.).
14. **Rodomanova L.A., Kochish A.Y., Romanov D.V., Valetova S.V.** Method of Surgical Treatment of Patients With Recurrent Achilles Tendon Ruptures. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2010;16(3):126–130 (In Russ.). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2010-0-3-126-130>
15. **Thermann H.** Achillessehnenruptur – Teil 1: Ätiologie und Diagnostik [Achilles tendon rupture-Part 1: etiology and diagnostics]. *Chirurg*. 2019;90(10):863–872 (In German). <https://doi.org/10.1007/s00104-019-01024-6>
16. **Buddecke D.Jr.** Acute Achilles Tendon Ruptures. *Clin. Podiatr. Med. Surg.* 2021;38(2):201–226. <https://doi.org/10.1016/j.cpm.2020.12.006>
17. **Samoilov A.S.** Sports medicine in the service of high-performance sport. *Kto est' kto v meditsine [Who's who in medicine]*. 2013;(5):38–41 (In Russ.).
18. **Vosseller J.T., Ellis S.J., Levine D.S., Kennedy J.G., Elliott A.J., Deland J.T., Roberts M.M., O'Malley M.J.** Achilles tendon rupture in women. *Foot Ankle Int.* 2013;34(1):49–53. <https://doi.org/10.1177/1071100712460223>
19. **Mansfield K., Dopke K., Koroneos Z, Bonaddio V, Adeyemo A., Aynardi M.** Achilles Tendon Ruptures and Repair in Athletes – a Review of Sports-Related Achilles Injuries and Return to Play. *Curr. Rev. Musculoskelet Med.* 2022;15(5):353–361. <https://doi.org/10.1007/s12178-022-09774-3>
20. **Huttunen T.T., Kannus P., Rolf C., Felländer-Tsai L., Mattila V.M.** Acute achilles tendon ruptures: incidence of injury and surgery in Sweden between 2001 and 2012. *Am. J. Sports Med.* 2014;42(10):2419–2423. <https://doi.org/10.1177/0363546514540599>
21. **Fournier G., Bernard C., Cieviet-Bonfils M., Kenney R., Pingon M., Sappey-Mariniere E., Chazaud B., Gondin J., Servien E.** Sex differences in semitendinosus muscle fiber-type composition. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2022;32(4):720–727. <https://doi.org/10.1111/sms.14127>
22. **Handelsman D.J., Hirschberg A.L., Bermon S.** Circulating Testosterone as the Hormonal Basis of Sex Differences in Athletic Performance. *Endocr. Rev.* 2018;39(5):803–829. <https://doi.org/10.1210/er.2018-00020>
23. **Bassett A.J., Ahlmen A., Rosendorf J.M., Romeo A.A., Erickson B.J., Bishop M.E.** The Biology of Sex and Sport. *JBJS Rev.* 2020;8(3):e0140. <https://doi.org/10.2106/JBJS.RVW.19.00140>
24. **Hoffman J., Gupta S., Amesur A., Anthony T., Winder R.P., Chan H., Hoang V.** Achilles Tendon Rip-Stop SpeedBridge Repair. *Arthrosc. Tech.* 2021;10(9):e2113–e2120. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2021.05.011>
25. **Slane L.C., DeWall R., Martin J., Lee K., Thelen D.G.** Middle-aged adults exhibit altered spatial variations in Achilles tendon wave speed. *Physiol. Meas.* 2015;36(7):1485–1496. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/36/7/1485>
26. **Slane L.C., Martin J., DeWall R., Thelen D., Lee K.** Quantitative ultrasound mapping of regional variations in shear wave speeds of the aging Achilles tendon. *Eur. Radiol.* 2017;27(2):474–482. <https://doi.org/10.1007/s00330-016-4409-0>

27. **Slane L.C., Thelen D.G.** Achilles tendon displacement patterns during passive stretch and eccentric loading are altered in middle-aged adults. *Med. Eng. Phys.* 2015;37(7):712–716. <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2015.04.004>

28. **Сергеев С.В., Коловертнов Д.Е., Джоджуа А.В., Невзоров А.М., Семенова Л.А.** Эндопротезирование ахиллова сухожилия. Вестник Национального медико-хирургического центра им. НИ Пирогова. 2010;5(4):65–72.

29. **Николенко В.Н., Оганесян М.В., Вовкогон А.Д., Санькова М.В., Ризаева Н.А.** Морфологические маркеры структурно-функциональных нарушений опорно-двигательного аппарата, возникающих после физической нагрузки. Человек. Спорт. Медицина. 2019;19(3):103–111. <https://doi.org/10.14529/hsm190313>

30. **Nikolenko V.N., Oganeyan M.V., Vovkogon A.D., Cao Y., Churganova A.A., Zolotareva M.A., et al.** Morphological signs of connective tissue dysplasia as predictors of frequent post-exercise musculoskeletal disorders. *BMC Musculoskelet Disord.* 2020;21(1):660–670. <https://doi.org/10.1186/s12891-020-03698-0>

31. **Кенис В.М., Сапоговский А.В.** Лечение детей с плановальгусными деформациями стоп. В: **Миронов С.П.**, ред. Клинические рекомендации. Травматология и ортопедия детского и подросткового возраста. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2017, с. 158–168.

32. **Khlopas H., Khlopas A., Samuel L.T., Ohliger E., Sultan A.A., Chughtai M., Mont M.A.** Current Concepts in Osteoarthritis of the Ankle: Review. *Surg. Technol. Int.* 2019;35:280–294.

33. **Goldberg A.J., Chowdhury K., Bordea E., Hauptmannova I., Blackstone J., Brooking D., et al.** Total Ankle Replacement Versus Arthrodesis for End-Stage Ankle Osteoarthritis: A Randomized Controlled Trial. *Ann. Intern. Med.* 2022;175(12):1648–1657. <https://doi.org/10.7326/M22-2058>

34. **van der Vlist A.C., Breda S.J., Oei E.H.G., Verhaar J.A.N., de Vos R.J.** Clinical risk factors for Achilles tendinopathy: a systematic review. *Br J Sports Med.* 2019;53(21):1352–1361. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099991>

35. **Сорокин Е.П., Серeda А.П., Пашкова Е.А., Коновальчук Н.С., Фомичев В.А., Чугаев Д.В., Шулепов Д.А.** Проблемы семиотики заболеваний ахиллова сухожилия в клиническом и образовательном аспектах. Спортивная медицина: наука и практика. 2022;12(2):46–59. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.9>

36. **Xergia S.A., Tsarbou C., Liveris N.I., Hadjithoma M., Tzanetakou I.P.** Risk factors for Achilles tendon rupture: an updated systematic review. *Phys Sportsmed.* 2022;1-11. <https://doi.org/10.1080/00913847.2022.2085505>

37. **Huh J., Easley M.E., Nunley J.A.** 2nd. Characterization and Surgical Management of Achilles Tendon Sleeve Avulsions. *Foot Ankle Int.* 2016;37(6):596–604. <https://doi.org/10.1177/1071100716629778>

38. **Medina Pabón M.A., Naqvi U.** Achilles Tendinopathy. 2023. In: StatPearls [internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30844176/>

39. **Giai Via A., Oliva F., Padulo J., Oliva G., Maffulli N.** Insertional Calcific Tendinopathy of the Achilles Tendon and Dysmetabolic Diseases: An Epidemiological Survey. *Clin. J. Sport Med.* 2022;32(1):e68–e73. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000881>

40. **Abate M., Schiavone C., Salini V., Andia I.** Occurrence of tendon pathologies in metabolic disorders. *Rheumatology (Oxford).* 2013;52(4):599–608. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/kes395>

27. **Slane L.C., Thelen D.G.** Achilles tendon displacement patterns during passive stretch and eccentric loading are altered in middle-aged adults. *Med. Eng. Phys.* 2015;37(7):712–716. <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2015.04.004>

28. **Sergeev S.V., Kolovertnov D.E., Dzhodzhuia A.V., Nevzorov A.N., Semenova L.A.** Replacement of Achilles Tendon. *Vestnik Natsional'nogo mediko-khirurgicheskogo tsentra im. NI Pirogova = Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center.* 2010;5(4):65–72 (In Russ.).

29. **Nikolenko V., Oganeyan M., Vovkogon A., Sankova M., Rizaeva N.** Morphological Markers of the Post Exercise Structural and Functional Disorders of the Locomotor Apparatus. *Human. Sport. Medicine.* 2019;19(3):103–111 (In Russ.). <https://doi.org/10.14529/hsm190313>

30. **Nikolenko V.N., Oganeyan M.V., Vovkogon A.D., Cao Y., Churganova A.A., Zolotareva M.A., et al.** Morphological signs of connective tissue dysplasia as predictors of frequent post-exercise musculoskeletal disorders. *BMC Musculoskelet Disord.* 2020;21(1):660–670. <https://doi.org/10.1186/s12891-020-03698-0>

31. **Kenis V.M., Sapogovskii A.V.** Lechenie detei s planovalgusnymi deformatsiyami stop. In: **Mironov S.P.**, ed. Clinical Guidelines. Traumatology and orthopedics of pediatric and adolescent age. Moscow: GEOTAR-Media Publ.; 2017, p. 158–168 (In Russ.).

32. **Khlopas H., Khlopas A., Samuel L.T., Ohliger E., Sultan A.A., Chughtai M., Mont M.A.** Current Concepts in Osteoarthritis of the Ankle: Review. *Surg. Technol. Int.* 2019;35:280–294.

33. **Goldberg A.J., Chowdhury K., Bordea E., Hauptmannova I., Blackstone J., Brooking D., et al.** Total Ankle Replacement Versus Arthrodesis for End-Stage Ankle Osteoarthritis: A Randomized Controlled Trial. *Ann. Intern. Med.* 2022;175(12):1648–1657. <https://doi.org/10.7326/M22-2058>

34. **van der Vlist A.C., Breda S.J., Oei E.H.G., Verhaar J.A.N., de Vos R.J.** Clinical risk factors for Achilles tendinopathy: a systematic review. *Br J Sports Med.* 2019;53(21):1352–1361. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099991>

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

36. **Xergia S.A., Tsarbou C., Liveris N.I., Hadjithoma M., Tzanetakou I.P.** Risk factors for Achilles tendon rupture: an updated systematic review. *Phys Sportsmed.* 2022;1-11. <https://doi.org/10.1080/00913847.2022.2085505>

37. **Huh J., Easley M.E., Nunley J.A.** 2nd. Characterization and Surgical Management of Achilles Tendon Sleeve Avulsions. *Foot Ankle Int.* 2016;37(6):596–604. <https://doi.org/10.1177/1071100716629778>

38. **Medina Pabón M.A., Naqvi U.** Achilles Tendinopathy. 2023. In: StatPearls [internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30844176/>

39. **Giai Via A., Oliva F., Padulo J., Oliva G., Maffulli N.** Insertional Calcific Tendinopathy of the Achilles Tendon and Dysmetabolic Diseases: An Epidemiological Survey. *Clin. J. Sport Med.* 2022;32(1):e68–e73. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000881>

40. **Abate M., Schiavone C., Salini V., Andia I.** Occurrence of tendon pathologies in metabolic disorders. *Rheumatology (Oxford).* 2013;52(4):599–608. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/kes395>

41. Ackermann P.W., Hart D.A. General Overview and Summary of Concepts Regarding Tendon Disease Topics Addressed Related to Metabolic Disorders. *Adv. Exp. Med. Biol.* 2016;920:293–298. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-33943-6\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-319-33943-6_28)

42. Oliva F., Marsilio E., Asparago G., Gaii Via A., Biz C., Padulo J., et al. Achilles Tendon Rupture and Dysmetabolic Diseases: A Multicentric, Epidemiologic Study. *J. Clin. Med.* 2022;11(13):3698. <https://doi.org/10.3390/jcm11133698>

43. Alves C., Mendes D., Marques F.B. Fluoroquinolones and the risk of tendon injury: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Clin Pharmacol.* 2019;75(10):1431–1443. <https://doi.org/10.1007/s00228-019-02713-1>

44. Bolon B. Mini-Review: Toxic Tendinopathy. *Toxicol Pathol.* 2017 Oct;45(7):834–837. <https://doi.org/10.1177/0192623317711614>

45. Knobloch K. Drug-Induced Tendon Disorders. *Adv Exp Med Biol.* 2016;920:229–38. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-33943-6\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-319-33943-6_22)

46. Cohen P.R. Cephalixin-associated Achilles Tendonitis: Case Report and Review of Drug-induced Tendinopathy. *Cureus.* 2018;10(12):e3783. <https://doi.org/10.7759/cureus.3783>

47. Kirchgessner T., Larbi A., Omoumi P., Malghem J., Zamali N., Manelfe J., Lecouvet F., Vande Berg B., Djebbar S., Dallaudière B. Drug-induced tendinopathy: from physiology to clinical applications. *Joint Bone Spine.* 2014;81(6):485–92. <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2014.03.022>

48. Vallone G., Vittorio T. Complete Achilles tendon rupture after local infiltration of corticosteroids in the treatment of deep retrocalcaneal bursitis. *J Ultrasound.* 2014;17(2):165–7. <https://doi.org/10.1007/s40477-014-0066-9>

49. Deren M.E., Klinge S.A., Mukand N.H., Mukand J.A. Tendinopathy and Tendon Rupture Associated with Statins. *JBJS Rev.* 2016;4(5):e4. <https://doi.org/10.2106/JBJS.RVW.15.00072>

50. Mitsimponas N., Klouva E., Tryfonopoulos D., Grivas A., Demiri S., Koumakis G., Gouveris P. Aromatase Inhibitor-Associated Tendinopathy and Muscle Tendon Rupture: Report of Three Cases of This Exceedingly Rare Adverse Event. *Case Rep Oncol.* 2018 Aug 17;11(2):557–561. <https://doi.org/10.1159/000491874>

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

52. Sanna S., Jackson A.U., Nagaraja R., Willer C.J., Chen W.M., Bonnycastle L.L., et al. Common variants in the GDF5-UQCC region are associated with variation in human height. *Nat. Genet.* 2008;40(2):198–203. <https://doi.org/10.1038/ng.74>

53. Yuan H.Y., Tang Y., Lei L., Xiao G.B., Liang Y.X., Wang S., Xia Z.L. [Synergistic interaction between MMP-3, VDR gene polymorphisms and occupational risk factors on lumbar disc degeneration]. *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi.* 2010;28(5):334–338 (In Chinese).

41. Ackermann P.W., Hart D.A. General Overview and Summary of Concepts Regarding Tendon Disease Topics Addressed Related to Metabolic Disorders. *Adv. Exp. Med. Biol.* 2016;920:293–298. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-33943-6\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-319-33943-6_28)

42. Oliva F., Marsilio E., Asparago G., Gaii Via A., Biz C., Padulo J., et al. Achilles Tendon Rupture and Dysmetabolic Diseases: A Multicentric, Epidemiologic Study. *J. Clin. Med.* 2022;11(13):3698. <https://doi.org/10.3390/jcm11133698>

43. Alves C., Mendes D., Marques F.B. Fluoroquinolones and the risk of tendon injury: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Clin Pharmacol.* 2019;75(10):1431–1443. <https://doi.org/10.1007/s00228-019-02713-1>

44. Bolon B. Mini-Review: Toxic Tendinopathy. *Toxicol Pathol.* 2017 Oct;45(7):834–837. <https://doi.org/10.1177/0192623317711614>

45. Knobloch K. Drug-Induced Tendon Disorders. *Adv Exp Med Biol.* 2016;920:229–38. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-33943-6\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-319-33943-6_22)

46. Cohen P.R. Cephalixin-associated Achilles Tendonitis: Case Report and Review of Drug-induced Tendinopathy. *Cureus.* 2018;10(12):e3783. <https://doi.org/10.7759/cureus.3783>

47. Kirchgessner T., Larbi A., Omoumi P., Malghem J., Zamali N., Manelfe J., Lecouvet F., Vande Berg B., Djebbar S., Dallaudière B. Drug-induced tendinopathy: from physiology to clinical applications. *Joint Bone Spine.* 2014;81(6):485–92. <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2014.03.022>

48. Vallone G., Vittorio T. Complete Achilles tendon rupture after local infiltration of corticosteroids in the treatment of deep retrocalcaneal bursitis. *J Ultrasound.* 2014;17(2):165–7. <https://doi.org/10.1007/s40477-014-0066-9>

49. Deren M.E., Klinge S.A., Mukand N.H., Mukand J.A. Tendinopathy and Tendon Rupture Associated with Statins. *JBJS Rev.* 2016;4(5):e4. <https://doi.org/10.2106/JBJS.RVW.15.00072>

50. Mitsimponas N., Klouva E., Tryfonopoulos D., Grivas A., Demiri S., Koumakis G., Gouveris P. Aromatase Inhibitor-Associated Tendinopathy and Muscle Tendon Rupture: Report of Three Cases of This Exceedingly Rare Adverse Event. *Case Rep Oncol.* 2018 Aug 17;11(2):557–561. <https://doi.org/10.1159/000491874>

51. Kozlova A.S., Pyatibrat A.O., Buznik G.V., Melnov S.B., Shabanov P.D. Probable molecular genetic predictors for development of the locomotor system pathology in the extreme physical exertion. *Reviews on Clinical Pharmacology and Drug Therapy.* 2015;13(3):53–62 (In Russ.). <https://doi.org/10.17816/RCF13353-62>

52. Sanna S., Jackson A.U., Nagaraja R., Willer C.J., Chen W.M., Bonnycastle L.L., et al. Common variants in the GDF5-UQCC region are associated with variation in human height. *Nat. Genet.* 2008;40(2):198–203. <https://doi.org/10.1038/ng.74>

53. Yuan H.Y., Tang Y., Lei L., Xiao G.B., Liang Y.X., Wang S., Xia Z.L. [Synergistic interaction between MMP-3, VDR gene polymorphisms and occupational risk factors on lumbar disc degeneration]. *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi.* 2010;28(5):334–338 (In Chinese).

#### Информация об авторах:

**Николенко Владимир Николаевич**, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный работник высшей школы РФ, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой анатомии и гистологии человека, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119991, Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2; заведующий кафедрой нормальной и топографической анатомии факультета фундаментальной медицины, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1 (vn.nikolenko@yandex.ru)

**Санькова Мария Вячеславовна\***, стажер-исследователь кафедры анатомии и гистологии человека, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119991, Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2 (cankov@yandex.ru)

**Хегай Андрей Дмитриевич**, студент 2-го курса ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Россия, Москва, 119234, Ленинские горы, 1 (kheg2022@gmail.com)

**Оганесян Марине Валиковна**, кандидат медицинских наук, доцент по кафедре анатомии и гистологии человека, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), 119991, Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2; доцент кафедры нормальной и топографической анатомии факультета фундаментальной медицины, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», 119234, Москва, Ленинские горы, 1 (marine-oganesyan@mail.ru)

**Ризаева Негория Алиагаевна**, кандидат медицинских наук, доцент по кафедре анатомии и гистологии человека, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119991, Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2; доцент кафедры нормальной и топографической анатомии Факультета фундаментальной медицины, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1 (rizaevan@yandex.ru)

**Саньков Алексей Вячеславович**, студент 1-го курса ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119991, Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2 (A.V.Sankov@yandex.ru)

**Гридин Леонид Александрович**, доктор медицинских наук, профессор, генеральный директор Московского центра проблем здоровья при Правительстве Москвы, Россия, Москва, ул. Житная, 14, стр. 3, (leonidgridin@yandex.ru)

#### Information about the authors:

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

**Maria V. Sankova\***, research intern at the Human Anatomy and Histology Department, Sechenov First Moscow State Medical University, Russia, 119048, Moscow, Trubetskaya Str., 8, building 2 (cankov@yandex.ru)

**Andrey D. Khegai**, student of Lomonosov Moscow State University, Russia, 119991, Moscow, Leninskie Gory, 1 (kheg2022@gmail.com)

**Marine V. Oganesyanyan**, Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Human Anatomy and Histology Department, Sechenov First Moscow State Medical University, Russia, 119048, Moscow, Trubetskaya Str., 8, building 2; Associate Professor of the Normal and Topographic Anatomy Department, Basic Medicine Faculty, Lomonosov Moscow State University, Russia, 119991, Moscow, Leninskie Gory, 1 (marine-oganesyan@mail.ru)

**Negoria A. Rizaeva**, Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Human Anatomy and Histology Department, Sechenov First Moscow State Medical University, Russia, 119048, Moscow, Trubetskaya Str., 8, building 2; Associate Professor of the Normal and Topographic Anatomy Department, Basic Medicine Faculty, Lomonosov Moscow State University, Russia, 119991, Moscow, Leninskie Gory, 1 (rizaevan@yandex.ru)

**Aleksey V. Sankov**, student of Sechenov First Moscow State Medical University, Russia, 119048, Moscow, Trubetskaya Str., 8, building 2 (A.V.Sankov@yandex.ru)

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

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author





## Особенности естественного течения субклинического гипотиреоза у юных элитных спортсменов

А.С. Столярова, П.Л. Окорочков\*, И.В. Зябкин, Е.В. Бабаева, Е.П. Исаева

ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства», Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Цель:** оценить естественное течение субклинического гипотиреоза у юных элитных спортсменов.

**Материалы и методы.** В ходе проведения одноцентрового неконтролируемого исследования были изучены данные 3062 амбулаторных карт юных спортсменов обоих полов (средний возраст составил 15 [14; 16] лет), входящих в состав спортивных сборных команд Российской Федерации и прошедших углубленное медицинское обследование в период с января 2021 по сентябрь 2022 г. Среди них были выделены в отдельную группу спортсмены, результаты анализов крови которых соответствовали общепринятым критериям субклинического гипотиреоза (повышение уровня тиреотропного гормона в диапазоне от 5 до 10 мЕд/л при нормальном уровне свободного тироксина). В ходе динамического наблюдения в течение года спортсменам с субклиническим гипотиреозом проводилось повторное исследование концентрации тиреотропного гормона, свободного тироксина и антител к тиропероксидазе.

**Результаты.** В результате проведенного исследования признаки субклинического гипотиреоза были обнаружены у 58 юных спортсменов обоих полов, среди которых 30 (51,7 %) были юношами, а 28 (48,3 %) — девушками. При динамическом наблюдении на фоне сохранения привычной физической и психоэмоциональной нагрузки в течение года спонтанная нормализация уровня тиреотропного гормона отмечалась у 74 % юных спортсменов. При этом нормализация уровня этого гормона у девушек наблюдалась несколько реже по сравнению с юношами ( $p = 0,272$ ). Ни в одном случае не развился клинически выраженный гипотиреоз.

**Заключение.** У большинства юных спортсменов обоих полов с субклиническим гипотиреозом на фоне сохраняющейся физической и психоэмоциональной нагрузки отмечается спонтанная нормализация гормональных показателей. Полученные данные позволяют при условии возможности динамического наблюдения рекомендовать врачам, работающим с юными элитными спортсменами, не назначать таким спортсменам заместительную гормональную терапию и не модифицировать привычный режим жизнедеятельности.

**Ключевые слова:** тиреотропный гормон, тиреоидный профиль, щитовидная железа, элитный спорт, субклинический гипотиреоз, юные спортсмены, спортивная медицина

**Благодарности.** Работа выполнена в рамках НИР «Разработка новых подходов к диагностике эндокринных заболеваний и оценке нарушений энергетического баланса несовершеннолетних спортсменов спортивных сборных команд Российской Федерации на основе исследования функционального состояния, гормонального и метаболического статуса, регистрационный номер: 122041800079-0

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

**Для цитирования:** Столярова С.А., Окорочков П.Л., Зябкин И.В., Бабаева Е.В., Исаева Е.П. Особенности естественного течения субклинического гипотиреоза у юных элитных спортсменов // *Спортивная медицина: наука и практика*. 2023;13(2):39–45. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.2.5>

Поступила в редакцию: 13.01.2023

Принята к публикации: 01.10.2023

Online first: 09.10.2023

Опубликована: 21.11.2023

\* Автор, ответственный за переписку

## Features of the natural course of subclinical hypothyroidism in young athletes

Svetlana A. Stolyarova, Pavel L. Okorokov\*, Ilya V. Zyabkin, Elena V. Babaeva, Elena P. Isaeva

Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents of FMBA of Russia, Moscow, Russia

### ABSTRACT

**Objective:** to assess the natural course of subclinical hypothyroidism in young athletes.

**Methods:** In the prospective single-center uncontrolled study, data from 3,062 outpatient records of young athletes (members of the Russian national team) of both sexes (middle age — 15 [14; 16] years) and underwent medical examination in the period from January 2021 to September 2022 were studied. All athletes were divided into 2 groups according to the presence of subclinical hypothyroidism (an increase in the level of thyroid-stimulating hormone from 5 to 10 mU/l with a normal level of T4 free). During a dynamic follow-up (1 year), athletes with subclinical hypothyroidism underwent a repeated study of the concentration of thyroid-stimulating hormone, free thyroxine and antibodies to thyroperoxidase.

**Results:** Signs of subclinical hyperthyroidism were found in 58 young athletes (30 boys (51.7 %) and 28 (48.3 %) girls). During dynamic observation with continued habitual physical activity, spontaneous normalization of the level of thyroid-stimulating hormone was observed in 74 % of young athletes. At the same time, normalization of thyroid-stimulating hormone in girls was observed less often compared to boys ( $p = 0,272$ ). In no case did clinically pronounced hypothyroidism develop.

**Conclusion:** The majority of young male and female athletes with subclinical hypothyroidism have spontaneous normalization of hormonal profile against the background of persistent physical and psycho-emotional stress. The data obtained make it possible, subject to the possibility of dynamic observation, to recommend doctors working with young elite athletes not to prescribe hormonal replacement therapy and not to modify the usual lifestyle.

**Keywords:** thyroid stimulating hormone, thyroid profile, thyroid gland, elite sport, subclinical hypothyroidism, young athletes, sports medicine

**Acknowledgments:** The study was carried out within the framework of scientific research «Development of new approaches to the diagnosis of endocrine diseases and assessment of energy balance disorders of young elite athletes based on the study of the functional state, hormonal and metabolic status». Registration №: 122041800079-0

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

**For citation:** Stolyarova S.A., Okorokov P.L., Zyabkin I.V., Babaeva E.V., Isaeva E.P. Features of the natural course of subclinical hypothyroidism in young athletes. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2023;13(2):39–45. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.2.5>

**Received:** 13 January 2023

**Accepted:** 1 October 2023

**Online first:** 9 October 2023

**Published:** 21 November 2023

\*Corresponding author

### 1. Введение

Субклинический гипотиреоз (СГ) выявляется у 3,85 % юных элитных спортсменов по результатам углубленного медицинского обследования и составляет около 17 % от всей тиреоидной патологии, диагностируемой у юных атлетов [1, 2].

Основной причиной развития СГ в общепедиатрической популяции является хронический аутоиммунный тиреоидит [3]. Недостаточное потребление йода с пищей и дефицит железа также могут приводить к развитию субклинического снижения функции щитовидной железы у детей [4, 5]. Так, по данным Gökdeniz и соавт., у 16,6 % детей с железодефицитной анемией выявляется СГ [5]. Прием некоторых лекарственных препаратов (амиодарон, препараты лития, вальпроевой кислоты и интерферона- $\alpha$ , фенобарбитал, карбамазепин) также может приводить к повышению уровня ТТГ в сыворотке крови [6].

Кроме того, суточная секреция ТТГ подчинена циркадным ритмам: максимальная секреция тиреотропного гормона происходит в интервале между полуночью и 4 часами утра; минимальная — около полудня [7]. СГ

в общей популяции встречается в 2–3 раза чаще у девушек по сравнению с юношами, а его распространенность увеличивается с возрастом [8, 9]. Так, СГ у взрослых элитных спортсменов по данным отечественных авторов выявляется в 9,5 % случаев, что более чем в два раза превышает частоту данной патологии у юных атлетов [9].

Интерпретируя результаты исследования тиреоидного статуса у спортсменов, следует учитывать, что интенсивные силовые нагрузки могут способствовать повышению уровня ТТГ, в то время как процессы роста и полового созревания ребенка не оказывают существенного влияния на его секрецию [10, 11].

Однако в целом данные о влиянии продолжительности и интенсивности физических нагрузок на уровень ТТГ у спортсменов противоречивы. Так, ряд исследований не находят какого-либо взаимосвязи между физическими нагрузками и уровнем ТТГ [12, 13].

Повышение уровня ТТГ у спортсменов может быть связано с опосредованной физическими нагрузками гемоконцентрацией. Температура окружающей среды также может влиять на уровень ТТГ. Так, в работе A. Deligiannis и соавт. на группе пловцов показали,

что уровень ТТГ после тренировок в холодной воде (20 °С) значительно повышается, в то время как тренировки в теплой воде (32 °С) приводят к снижению данного показателя [14].

Терапия левотироксином натрия, в том числе для коррекции субклинического гипотиреоза, у спортсменов не запрещена Всемирным антидопинговым агентством, однако, по мнению ряда экспертов, может улучшать спортивные результаты у взрослых атлетов [15].

Развитие гипотиреоза оказывает неблагоприятное воздействие на состояние сердечно-сосудистой, нервной и костно-мышечной систем. Стойкая гипофункция щитовидной железы ассоциирована с развитием артериальной гипертензии, снижением метаболизма белка в организме, нарушениям процессов ремоделирования костной ткани [16]. Данные изменения могут обуславливать повышение спортивного травматизма и снижение толерантность к физической нагрузке у профессиональных спортсменов.

По данным с Hanke и соавт., прием левотироксина натрия в течение 2 месяцев у 25 женщин с повседневным уровнем физической активности и субклиническим гипотиреозом способствовал повышению толерантности к физическим нагрузкам и увеличению мышечной силы и выносливости, но не повлиял на показатели композиционного состава тела и уровень энергетического обмена в покое [17]. Все представленные данные о благоприятных эффектах левотироксина натрия на состояние сердечно-сосудистой и скелетно-мышечной систем получены на общей популяции и не могут быть в полной мере экстраполированы на когорту элитных спортсменов. Исследований по оценке влияния терапии левотироксином натрия на физическую работоспособность, толерантность к физическим нагрузкам, состояние основного обмена и композиционного состава тела у высококвалифицированных спортсменов в доступной литературе нами не найдено.

Таким образом, вопрос необходимости заместительной гормональной терапии СГ у элитных спортсменов остается дискуссионным. Длительное наблюдение за детьми с обычным уровнем физической активности и СГ демонстрирует спонтанную нормализацию уровня ТТГ у большинства обследованных [18]. Поиск в наиболее крупных базах данных позволяет сделать вывод об отсутствии в настоящее время данных о естественном течении гипотиреоза у юных элитных спортсменов обоих полов, что и послужило поводом для проведения данного исследования. Таким образом целью исследования определена оценка естественного течения субклинического гипотиреоза у юных элитных спортсменов.

## 2. Материалы и методы

Проведено проспективное, одноцентровое, неконтролируемое исследование. Всем спортсменам исходно в рамках углубленного медицинского обследования и однократно в рамках динамического наблюдения в течение

календарного года проведено исследование тиреотропного гормона (ТТГ), свободного тироксина (Т4 св.) и антител к тиреопероксидазе (АТ-ТПО). Исследование проводилось в период с января 2021 по сентябрь 2022 г. Определение ТТГ, Т4 св., АТ-ТПО сыворотки крови выполнено методом иммуноферментного анализа («Вектор-Бест», Россия) на автоматическом анализаторе Lazurit (США). Субклинический гипотиреоз диагностировался при повышении уровня ТТГ в диапазоне от 5 до 10 мЕд/л и нормальном уровне Т4 св. [19].

Критериями включения в исследование стали наличие субклинического гипотиреоза, согласно указанным критериям. Критерии исключения определены как повышение АТ-ТПО или наличие хронического аутоиммунного тиреоидита (ХАИТ) в анамнезе; заместительная терапия левотироксином натрия; неявка на контрольное исследование в течение 12 месяцев.

Из 3062 амбулаторных карт юных спортсменов спортивных сборных команд Российской Федерации, прошедших углубленное медицинское обследование с января 2021 по сентябрь 2022 г., критериям включения соответствовали 182 юных спортсмена.

Критериям исключения соответствовали 124 (67,4%) спортсмена, из них исключены 30 детей в связи с наличием ХАИТ или повышения титра АТ-ТПО; 14 спортсменов — в связи с заместительной терапией левотироксином натрия и 80 спортсменов — в связи с неявкой на повторное обследование в течение года от включения в исследование. Таким образом, протокол исследования был выполнен в полном объеме у 58 юных спортсменов с субклиническим гипотиреозом. Все включенные в исследование юные спортсмены были разделены на две группы в зависимости от пола.

Протокол исследования одобрен 04.10.2021 г. локальным этическим комитетом при АНО ДПО «Московский медико-социальный институт имени Ф.П. Гааза» (выписка из протокола № 4 от 04.10.2021 г.).

Статистическая обработка данных проводилась с использованием пакета прикладных программ Statistica (StatSoft Inc., USA, version 10.0). Так как изучаемые количественные показатели имели ненормальное распределение (согласно критерию Колмогорова — Смирнова), все данные представлены в виде медианы (Me) и 1-го и 3-го квартилей [Q1; Q3]. Для оценки статистической значимости различий количественных признаков использовался критерий Краскела — Уоллиса. Качественные признаки представлены в виде долей (%) с указанием абсолютного значения. Для оценки различий между качественными признаками построены таблицы сопряженности с последующей оценкой по критерию хи-квадрата ( $\chi^2$ ) Пирсона. Статистический уровень значимости различий принимали при  $p \leq 0,05$ .

## 3. Результаты

Средний возраст обследованных юных спортсменов составил 15 [14; 16] лет. Средний период наблюдения

составил 7,5 [6;11] месяца. Средний уровень исходного ТТГ составил 6,2 [5,4; 7,4] мЕд/л, Т4 св. — 15,8 [14,2; 17,2] пмоль/л. В первую группу вошли 30 юношей; средний возраст 16 [14;16] лет; средняя длительность наблюдения составила 7 [6; 11] мес. Вторую группу составили 28 девушек; средний возраст 14 [14; 16]; средняя длительность наблюдения составила 10 [7; 11,5] мес. Исследуемые группы не различались по возрасту ( $p = 0,875$ ), длительности динамического наблюдения ( $p = 0,342$ ) и исходному уровню ТТГ ( $p = 0,217$ ).

При динамическом наблюдении спонтанная нормализация уровня ТТГ отмечается у 43 (74%) юных спортсменов. Субклинический гипотиреоз сохраняется в 26% случаев (у 15 спортсменов). Ухудшения показателей тиреоидного профиля до манифестного гипотиреоза в ходе исследования не зафиксировано. У юношей спортсменов при повторном обследовании (см. таблицу 1) СГ сохраняется в 16% случаев; нормализация показателей гормонального профиля определяется у 25 юных атлетов (84% случаев).

У девушек спортсменок при динамическом наблюдении спонтанная нормализация ТТГ регистрируется в 65% случаев; субклинический гипотиреоз сохраняется у 36% спортсменок.

В ходе проведения исследования нежелательных явлений не зафиксировано.

#### 4. Обсуждение полученных результатов

Субклинический гипотиреоз выявляется у 3,85% юных элитных спортсменов по результатам углубленного медицинского обследования и составляет около 17% от всей тиреоидной патологии, диагностируемой у юных атлетов.

Данные о стойкости выявленного повышенного уровня ТТГ у элитных спортсменов в доступной литературе не найдены. В проведенном нами исследовании у большинства юных элитных спортсменов (74%) отмечается спонтанная нормализация ТТГ. Полученные данные согласуются с исследованием израильских авторов, которые выявили нормализацию ТТГ без лечения через 2 месяца у 73,6% детей с субклиническим гипотиреозом и обычным уровнем двигательной активности. При динамическом наблюдении в течение 5 лет за когортой детей с исходным уровнем ТТГ > 10 мЕд/л только половине потребовалось назначение левотироксина натрия [18]. Таким образом, субклинический гипотиреоз как в общей педиатрической популяции, так и у юных элитных спортсменов в большинстве случаев не требует назначения заместительной гормональной терапии.

По данным нашего исследования нормализация уровня ТТГ у девушек при динамическом наблюдении отмечается несколько реже по сравнению с юношами (65 vs 84%;  $p = 0,272$ ). У девушек с сохраняющимся СГ выявляются высоконормальные уровни АТ-ТПО — маркера хронического аутоиммунного тиреоидита, который является наиболее частой причиной первичного

гипотиреоза у детей и взрослых [3]. Таким образом, одной из причин более стойкой персистенции СГ у девушек-спортсменок при динамическом наблюдении может быть развивающийся ХАИТ.

Использование синтетических аналогов гормонов щитовидной железы распространено у высококвалифицированных спортсменов и является актуальной проблемой спортивной медицины и эндокринологии. При проведении допинг-контроля на XXXII летних Олимпийских играх в Токио 1,6% участников соревнований указали, что используют препараты левотироксина и трийодтиронина [16]. Левотироксин натрия является эргогенной субстанцией, наравне с препаратами смеси эфиров тестостерона, анаболическими стероидами и эритропоэтином. Однако в настоящее время препараты левотироксина натрия не запрещены к использованию у спортсменов согласно рекомендациям Всемирного антидопингового агентства (ВАДА). Ряд специалистов рассматривает субклинический гипотиреоз у спортсменов как проявление синдрома перетренированности, а гормональную терапию — как способ улучшения спортивных результатов [15, 16]. Однако эксперты ВАДА не выявляли взаимосвязи между синдромом перетренированности спортсменов и нарушениями функции щитовидной железы, а также убедительных доказательств влияния краткосрочной терапии левотироксином натрия на физическую работоспособность спортсменов [15, 20]. Избыток тиреоидных гормонов приводит к повышению синтеза белка, связывающего половые гормоны в печени и увеличению циркулирующего тестостерона, что может повышать анаболическую активность андрогенов. Однако до настоящего времени отсутствуют исследования, доказывающие значимое влияние синтетических аналогов тироксина и трийодтиронина на увеличение количества мышечной массы и снижение содержания жировой ткани в организме спортсменов [20]. Длительное использование левотироксина натрия у лиц с нормальной функцией щитовидной железы может оказывать неблагоприятное влияние на состояние здоровья в связи с развитием стойкого гипертиреоза. При этом часто выявляется снижение минеральной плотности и нарушение микроархитектоники костной ткани, что существенно повышает риск патологических переломов. Также описаны нарушения со стороны сердечно-сосудистой системы в виде нарушений сердечного ритма и склонности к гипертензивным реакциям [16, 20].

Говоря о лечении СГ у детей и подростков, в настоящее время существует достаточная доказательная база, чтобы рекомендовать заместительную терапию левотироксином натрия при уровне ТТГ > 10 мМЕ/л и нормальном уровне Т4 св. при отсутствии признаков ХАИТ [3]. В нашем исследовании у 6 несовершеннолетних спортсменов выявлено повышение ТТГ от 10 до 16 мМЕ/л, однако при динамическом наблюдении у всех отмечалась спонтанная нормализация данного показателя.

Таблица 1

Клинические исходы субклинического гипотиреоза у несовершеннолетних спортсменов в зависимости от пола

Table 1

Clinical outcomes of subclinical hypothyroidism in young athletes depending on gender

Пол	Кол-во наблюдений	Исходный ТТГ, мЕд/л	Период наблюдения, месяцы	Клинические исходы, % (n)		
				↑ТТГ/гипотиреоз	СГ	Эутиреоз
Мальчики	30	6,6 [5,4; 8,1]	7 [6, 11]	-	16 (5)	84 (25)
Девочки	28	6,0 [5,3; 6,8]	10 [7; 11,5]	-	35 (10)	65 (18)
p	-	0,11	0,342	-	0,213	0,272

Известно, что характер и интенсивность физических нагрузок в различных видах спорта может существенно влиять на уровень ТТГ, обуславливая его спонтанное повышение [11].

Опираясь на полученные результаты, можно предположить, что в случае выраженного повышения ТТГ (> 10 мМЕ/л) и нормальном уровне Т4 св. юным элитным спортсменам следует рекомендовать динамическое наблюдение с контролем показателей тиреоидного профиля, а не назначать заместительную гормональную терапию тиреоидными гормонами.

Важными ограничениями настоящей работы являются отсутствие данных о приеме йодида калия юными элитными спортсменами в период динамического наблюдения, а также большое количество выбывших из исследования в связи с неявкой на контрольное обследование.

**Вклад авторов:**

**Столярова Светлана Анатольевна** — разработка протокола исследования, сбор материала, подготовка рукописи;

**Окорок П.Л.** — обработка и интерпретация результатов, подготовка рукописи;

**Зябкин Илья Владимирович** — утверждение финальной версии рукописи;

**Бабаева Елена Викторовна** — критическая интерпретация результатов;

**Исаева Елена Петровна** — критическая интерпретация результатов.

**Список литературы**

1. Столярова С.А., Аксенова Н.В., Окорок П.Л., Бабаева Е.В., Зябкин И.В., Исаева Е.П. Структура патологии щитовидной железы в детско-юношеском спорте высших достижений по результатам углубленного медицинского обследования. Вопросы практической педиатрии. 2022;17(4):7–12. <https://doi.org/10.20953/1817-7646-2022-4-7-12>
2. Окорок П.Л., Аксенова Н.В., Бабаева Е.В., Зябкин И.В., Афанасьев А.Н. Особенности распространенности и структуры эндокринной патологии в детско-юношеском спорте высших достижений. Спортивная медицина: наука и практика. 2021;11(1):5–11. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.1.5>

Кроме того, при анализе данных гормонального профиля не учитывалась интенсивности и продолжительности физической нагрузки юных спортсменов, предшествующая забору крови в рамках проводимого исследования.

**5. Заключение**

У большинства юных спортсменов обоих полов с субклиническим гипотиреозом на фоне сохраняющейся физической и психоэмоциональной нагрузки отмечается спонтанная нормализация гормональных показателей. Полученные данные позволяют при условии возможности динамического наблюдения рекомендовать врачам, работающим с юными элитными спортсменами, не назначать таким спортсменам заместительную гормональную терапию и не модифицировать привычный режим жизнедеятельности.

**Author contributions:**

**Svetlana A. Stolyarova** — development of the research protocol, collection and processing of material, article text writing;

**Pavel L. Okorokov** — collection and processing of material, article text writing;

**Ilya V. Zybkin** — approval of the article final version;

**Elena V. Babaeva** — editing;

**Elena P. Isaeva** — editing.

**References**

1. Stolyarova S.A., Aksenova N.V., Okorokov P.L., Babaeva E.V., Zybkin I.V., Isaeva E.P. Structure of thyroid pathology in young elite athletes according to the results of comprehensive medical examination. *Voprosy prakticheskoi pediatrii = Clinical Practice in Pediatrics*. 2022;17(4):7–12. (In Russ.). <https://doi.org/10.20953/1817-7646-2022-4-7-12>
2. Okorokov P.L., Aksenova N.V., Babaeva E.V., Zybkin I.V., Afanasyev A.N. Frequency and structure of endocrine diseases in young elite athletes. *Sports medicine: research and practice*. 2021;11(1):72–78. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.1.5>

3. **Петеркова В.А., Безлепкина О.Б., Нагаева Е.В., Ширяева Т.Ю., Чикולהва О.А., Вадина Т.А. и др.** Клинические рекомендации «Тиреоидиты у детей». Клиническая и экспериментальная тиреоидология. 2021;17(3):4–21. <https://doi.org/10.14341/ket12711>
4. **Shrestha U., Gautam N., Agrawal K.K., Jha A.C., Jayan A.** Iodine Status among Subclinical and Overt Hypothyroid Patients by Urinary Iodine Assay: A Case-Control Study. *Indian J. Endocrinol. Metab.* 2017;21(5):719–723. [https://doi.org/10.4103/ijem.IJEM\\_413\\_16](https://doi.org/10.4103/ijem.IJEM_413_16)
5. **Gökdeniz E., Demir C., Dilek I.** The effects of iron deficiency anemia on the thyroid functions. *J. Clin. Exp. Invest.* 2010;1(3):156–160. <https://doi.org/10.5799/ahinjs.01.2010.03.0033>
6. **Metwalley K.A., Farghaly H.S.** Subclinical hypothyroidism in children: updates for pediatricians. *Ann. Pediatr. Endocrinol. Metab.* 2021;26(2):80–85. <https://doi.org/10.6065/apem.2040242.121>
7. **Scobbo R.R., VonDohlen T.W., Hassan M., Islam S.** Serum TSH variability in normal individuals: the influence of time of sample collection. *W. V. Med J.* 2004;100(4):138–42.
8. **Salerno M., Capalbo D., Cerbone M., De Luca F.** Subclinical hypothyroidism in childhood - current knowledge and open issues. *Nat. Rev. Endocrinol.* 2016;12(12):734–746. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2016.100>
9. **Турова Е.А., Теняева Е.А., Артикулова И.Н., Бадтиева В.А.** Субклинический гипотиреоз у спортсменов: результаты ретроспективного анализа данных углубленного медицинского обследования. Человек. Спорт. Медицина. 2023;23(1):132–139. <https://doi.org/10.14529/hsm230118>
10. **Ciloglu F., Peker I., Pehlivan A., Karacabey K., Ilhan N., Saygin O., Ozmerdivenli R.** Exercise intensity and its effects on thyroid hormones. *Neuro Endocrinol. Lett.* 2005;26(6):830–834; Erratum in: *Neuro Endocrinol. Lett.* 2006;27(3):292.
11. **Hackney A.C., Saeidi A.** The thyroid axis, prolactin, and exercise in humans. *Curr. Opin. Endocr. Metab. Res.* 2019;9:45–50. <https://doi.org/10.1016/j.coemr.2019.06.012>
12. **Smallridge R.C., Whorton N.E., Burman K.D., Ferguson E.W.** Effects of exercise and physical fitness on the pituitary-thyroid axis and on prolactin secretion in male runners. *Metabolism.* 1985;34(10):949–954. [https://doi.org/10.1016/0026-0495\(85\)90144-1](https://doi.org/10.1016/0026-0495(85)90144-1)
13. **Harber V.J., Petersen S.R., Chilibeck P.D.** Thyroid hormone concentrations and muscle metabolism in amenorrheic and eumenorrheic athletes. *Can. J. Appl. Physiol.* 1998;23(3):293–306. <https://doi.org/10.1139/h98-017>
14. **Deligiannis A., Karamouzis M., Kouidi E., Mougios V., Kallaras C.** Plasma TSH, T3, T4 and cortisol responses to swimming at varying water temperatures. *Br. J. Sports Med.* 1993;27(4):247–250. <https://doi.org/10.1136/bjism.27.4.247>
15. **Germano S.** Thyroid medication could be banned in sports. *Wall St. Journal.* July 7, 2015. Available at: <https://www.wsj.com/articles/thyroid-medication-could-be-added-to-banned-substance-list-1436221098> (accessed April 28, 2022).
16. **Gild M.L., Stuart M., Clifton-Bligh R.J., Kinahan A., Handelsman D.J.** Thyroid Hormone Abuse in Elite Sports: The Regulatory Challenge. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2022;107(9):e3562–e3573. <https://doi.org/10.1210/clinem/dgac223>
17. **Hanke L., Poeten P., Spanke L., Britz S., Diel P.** The Influence of Levothyroxine on Body Composition and Physical Performance in Subclinical Hypothyroidism. *Horm Metab. Res.* 2023;55(1):51–58. <https://doi.org/10.1055/a-1968-0106>
3. **Peterkova V.A., Bezlepkina O.B., Nagaeva E.V., Shiryayeva T.Y., Chikulaeva O.A., Vadina T.A., et al.** Clinical guidelines «Thyroiditis in children». *Clinical and experimental thyroidology.* 2021;17(3):4–21. (In Russ.). <https://doi.org/10.14341/ket12711>
4. **Shrestha U., Gautam N., Agrawal K.K., Jha A.C., Jayan A.** Iodine Status among Subclinical and Overt Hypothyroid Patients by Urinary Iodine Assay: A Case-Control Study. *Indian J. Endocrinol. Metab.* 2017;21(5):719–723. [https://doi.org/10.4103/ijem.IJEM\\_413\\_16](https://doi.org/10.4103/ijem.IJEM_413_16)
5. **Gökdeniz E., Demir C., Dilek I.** The effects of iron deficiency anemia on the thyroid functions. *J. Clin. Exp. Invest.* 2010;1(3):156–160. <https://doi.org/10.5799/ahinjs.01.2010.03.0033>
6. **Metwalley K.A., Farghaly H.S.** Subclinical hypothyroidism in children: updates for pediatricians. *Ann. Pediatr. Endocrinol. Metab.* 2021;26(2):80–85. <https://doi.org/10.6065/apem.2040242.121>
7. **Scobbo R.R., VonDohlen T.W., Hassan M., Islam S.** Serum TSH variability in normal individuals: the influence of time of sample collection. *W. V. Med J.* 2004;100(4):138–42.
8. **Salerno M., Capalbo D., Cerbone M., De Luca F.** Subclinical hypothyroidism in childhood - current knowledge and open issues. *Nat. Rev. Endocrinol.* 2016;12(12):734–746. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2016.100>
9. **Turova E.A., Tenyaeva E.A., Artikulova I.N., Badtieva V.A.** Subclinical hypothyroidism in athletes: a retrospective analysis of the data from a complete medical examination. *Chelovek. Sport. Meditsina = Human. Sport. Medicine.* 2023;23(1):132–139. (In Russ.). <https://doi.org/10.14529/hsm230118>
10. **Ciloglu F., Peker I., Pehlivan A., Karacabey K., Ilhan N., Saygin O., Ozmerdivenli R.** Exercise intensity and its effects on thyroid hormones. *Neuro Endocrinol. Lett.* 2005;26(6):830–834; Erratum in: *Neuro Endocrinol. Lett.* 2006;27(3):292.
11. **Hackney A.C., Saeidi A.** The thyroid axis, prolactin, and exercise in humans. *Curr. Opin. Endocr. Metab. Res.* 2019;9:45–50. <https://doi.org/10.1016/j.coemr.2019.06.012>
12. **Smallridge R.C., Whorton N.E., Burman K.D., Ferguson E.W.** Effects of exercise and physical fitness on the pituitary-thyroid axis and on prolactin secretion in male runners. *Metabolism.* 1985;34(10):949–954. [https://doi.org/10.1016/0026-0495\(85\)90144-1](https://doi.org/10.1016/0026-0495(85)90144-1)
13. **Harber V.J., Petersen S.R., Chilibeck P.D.** Thyroid hormone concentrations and muscle metabolism in amenorrheic and eumenorrheic athletes. *Can. J. Appl. Physiol.* 1998;23(3):293–306. <https://doi.org/10.1139/h98-017>
14. **Deligiannis A., Karamouzis M., Kouidi E., Mougios V., Kallaras C.** Plasma TSH, T3, T4 and cortisol responses to swimming at varying water temperatures. *Br. J. Sports Med.* 1993;27(4):247–250. <https://doi.org/10.1136/bjism.27.4.247>
15. **Germano S.** Thyroid medication could be banned in sports. *Wall St. Journal.* July 7, 2015. Available at: <https://www.wsj.com/articles/thyroid-medication-could-be-added-to-banned-substance-list-1436221098> (accessed April 28, 2022).
16. **Gild M.L., Stuart M., Clifton-Bligh R.J., Kinahan A., Handelsman D.J.** Thyroid Hormone Abuse in Elite Sports: The Regulatory Challenge. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2022;107(9):e3562–e3573. <https://doi.org/10.1210/clinem/dgac223>
17. **Hanke L., Poeten P., Spanke L., Britz S., Diel P.** The Influence of Levothyroxine on Body Composition and Physical Performance in Subclinical Hypothyroidism. *Horm Metab. Res.* 2023;55(1):51–58. <https://doi.org/10.1055/a-1968-0106>

18. Lazar L., Frumkin R.B., Battat E., Lebenthal Y., Philip M., Meyerovitch J. Natural history of thyroid function tests over 5 years in a large pediatric cohort. Clin. Endocrinol. Metab. 2009;94(5):1678–1682. <https://doi.org/10.1210/jc.2008-2615>

19. Абдулхабирова Ф.М., Безлепкина О.Б., Бровин Д.Н., Вадина Т.А., Мельниченко Г.А., Нагаева Е.В., и др. Клинические рекомендации «Заболевания и состояния, связанные с дефицитом йода». Проблемы Эндокринологии. 2021;67(3):10–25. <https://doi.org/10.14341/probl12750>

20. Hackney A.C., Constantini N.W. Endocrinology of Physical Activity and Sport. Third Edition. Humana Cham; 2020. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-33376-8>

18. Lazar L., Frumkin R.B., Battat E., Lebenthal Y., Philip M., Meyerovitch J. Natural history of thyroid function tests over 5 years in a large pediatric cohort. Clin. Endocrinol. Metab. 2009;94(5):1678–1682. <https://doi.org/10.1210/jc.2008-2615>

19. Abdulkhabirova F.M., Bezlepkina O.B., Brovin D.N., Vadina T.A., Melnichenko G.A., Nagaeva E.V., et al. Clinical practice guidelines “Management of iodine deficiency disorders”. Problems of Endocrinology. 2021;67(3):10–25. (In Russ.). <https://doi.org/10.14341/probl12750>

20. Hackney A.C., Constantini N.W. Endocrinology of Physical Activity and Sport. Third Edition. Humana Cham; 2020. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-33376-8>

#### Информация об авторах:

**Столярова Светлана Анатольевна**, к.м.н., врач — детский эндокринолог ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства», Россия, 115409, Москва, ул. Москворечье, 20 ([stolyarovasa@mail.ru](mailto:stolyarovasa@mail.ru))

**Окорок Павел Леонидович\***, к.м.н., врач — детский эндокринолог ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства», Россия, 115409, Москва, ул. Москворечье, 20. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9834-727X> ([pokorokov@gmail.com](mailto:pokorokov@gmail.com))

**Зябкин Илья Владимирович**, д.м.н., директор ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства», Россия, 115409, Москва, ул. Москворечье, 20 ([dr.zyabkin@gmail.com](mailto:dr.zyabkin@gmail.com))

**Бабаева Елена Викторовна**, врач спортивной медицины ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства», Россия, 115409, Москва, ул. Москворечье, 20 ([vrachsport@mail.ru](mailto:vrachsport@mail.ru))

**Исаева Елена Петровна**, зам. директора центра, заведующая детским консультативно-диагностическим центром ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства», Россия, 115409, Москва, ул. Москворечье, 20 ([dora7474@mail.ru](mailto:dora7474@mail.ru))

#### Information about the authors:

**Svetlana A. Stolyarova**, Ph.D. (Medicine), pediatric endocrinologist, Federal Scientific and Clinical Center for children and adolescents FMBA of Russia, Russia, 115409, Moscow, Moskvorechye str., 20 ([stolyarovasa@mail.ru](mailto:stolyarovasa@mail.ru))

**Pavel L. Okorokov\***, Ph.D. (Medicine), pediatric endocrinologist, Federal Scientific and Clinical Center for children and adolescents FMBA of Russia, Russia, 115409, Moscow, Moskvorechye str., 20. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9834-727X> ([pokorokov@gmail.com](mailto:pokorokov@gmail.com))

**Ilya V. Zyabkin**, M.D., D.Sc. (Medicine), Director, Federal Scientific and Clinical Center for children and adolescents FMBA of Russia, Russia, 115409, Moscow, Moskvorechye str., 20 ([dr.zyabkin@gmail.com](mailto:dr.zyabkin@gmail.com))

**Elena V. Babaeva**, sports physician, Federal Scientific and Clinical Center for children and adolescents FMBA of Russia, Russia, 115409, Moscow, Moskvorechye str., 20 ([vrachsport@mail.ru](mailto:vrachsport@mail.ru))

**Elena P. Isaeva**, Director associate, Federal Scientific and Clinical Center for children and adolescents FMBA of Russia, Russia, 115409, Moscow, Moskvorechye str., 20 ([dora7474@mail.ru](mailto:dora7474@mail.ru))

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.2.12>

УДК: 616.711.6-089

Тип статьи: Обзор литературы / Literature review



## Влияние перенесенной коронавирусной инфекции на заболевания эндокринной системы у спортсменов

Е.А. Теняева<sup>1,\*</sup>, Е.А. Турова<sup>1,2</sup>, В.А. Бадтиева<sup>1,2</sup>, Е.О. Оконкво<sup>2</sup>

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

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

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** изучение влияния коронавирусной инфекции на эндокринную систему спортсменов.

**Материалы и методы:** проанализированы данные 1114 спортсменов (средний возраст  $22,23 \pm 4,18$  года), прошедших углубленное медицинское обследование в период 2021–2022 годы. Обследование включало анализ спортивного и инфекционного анамнеза, результаты гормонального, биохимического и инструментального исследований.

**Результаты:** коронавирусную инфекцию перенесли большинство спортсменов — 724 человека (65%). В подавляющем большинстве случаев (91%) заболевание у них протекало бессимптомно или в легкой форме. У 390 спортсменов (35%) в анамнезе не было данных о перенесенной инфекции. Выявлено достоверное повышение частоты заболевания гипотиреозом, тиреотоксикозом, инсулинзависимым сахарным диабетом, аутоиммунным тиреоидитом среди спортсменов, перенесших коронавирусную инфекцию, при сравнении с не болевшими спортсменами. Развитие эндокринных заболеваний не зависело от тяжести инфекции и наиболее часто выявлялось при легком и бессимптомном ее течении. Во время проведения обследования среди спортсменов, перенесших коронавирусную инфекцию, было выявлено шесть случаев впервые выявленного сахарного диабета 1-го типа и восемь случаев — тиреотоксикоза. Развитие этих состояний не зависело от тяжести инфекции. В то же время у неболевших спортсменов был зарегистрирован лишь один случай заболевания тиреотоксикозом, ни одного нового случая заболеванием сахарным диабетом 1-го типа диагностировано не было. В настоящем исследовании не было обнаружено связи между перенесенной коронавирусной инфекцией и увеличением количества случаев узлового зоба, гиперпролактинемии и сахарного диабета 2-го типа.

**Заключение:** результаты исследования показали, что в отдаленном периоде после перенесенного COVID-19 у спортсменов достоверно более часто манифестировали аутоиммунные эндокринные заболевания, такие как первичный гипотиреоз, диффузно-токсический зоб с тиреотоксикозом, аутоиммунный тиреоидит, сахарный диабет 1-го типа, что, вероятно, связано с перекрестным поражением аутоиммунитета на фоне вирусной инфекции.

**Ключевые слова:** спортсмены, COVID-19, эндокринные заболевания, аутоиммунные заболевания, гипотиреоз, тиреотоксикоз, сахарный диабет

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

**Для цитирования:** Теняева Е.А., Турова Е.А., Бадтиева В.А., Оконкво Е.О. Влияние перенесенной коронавирусной инфекции на заболевания эндокринной системы у спортсменов. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2023;13(2):46–54. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.2.12>

Поступила в редакцию: 15.09.2023

Принята к публикации: 19.10.2023

Online first: 11.11.2023

Опубликована: 21.11.2023

\* Автор, ответственный за переписку



## Influence of the transferred coronavirus infection on diseases of the endocrine system in athletes

Elena A. Tenyaeva<sup>1,\*</sup>, Elena A. Turova<sup>1,2</sup>, Victoria A. Badtieva<sup>1,2</sup>, Emmanuella O. Okonkwo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of the Moscow Department of Healthcare, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

### ABSTRACT

**Purpose:** to study the effect of the transferred viral (on the example of COVID-19) infection on the endocrine system of athletes.

**Materials and methods:** the data of 1114 athletes (average age  $22.23 \pm 4.18$  years) who underwent in-depth medical examination in the period 2021–2022 were analyzed. The examination included an analysis of sports and infectious anamnesis, the results of hormonal, biochemical and instrumental studies.

**Results:** coronavirus infection was suffered by the majority of athletes — 724 people (65 %) — in the vast majority of cases (91 %), their disease was asymptomatic or mild. 390 athletes (35 %) had no history of infection. There was a significant increase in the incidence of hypothyroidism, thyrotoxicosis, insulin-dependent diabetes mellitus, autoimmune thyroiditis among athletes who had a coronavirus infection when compared with athletes who were not ill. The development of endocrine diseases did not depend on the severity of the infection and was most often detected with its mild and asymptomatic course. During the examination, six cases of newly diagnosed type 1 diabetes mellitus and eight cases of thyrotoxicosis were detected among athletes who had a coronavirus infection. The development of these conditions did not depend on the severity of the infection. At the same time, only 1 case of thyrotoxicosis was registered in athletes who were not ill, no new cases of type 1 diabetes mellitus were diagnosed. In the present study, no association was found between the transmitted coronavirus infection and an increase in the number of cases of nodular goiter, hyperprolactinemia and type 2 diabetes mellitus.

**Conclusion:** the results of the study showed that in the long-term period after COVID-19, autoimmune endocrine diseases, such as primary hypothyroidism, diffuse-toxic goiter with thyrotoxicosis, autoimmune thyroiditis, type 1 diabetes mellitus, were significantly more often manifested in athletes, which is probably associated with a cross-lesion of autoimmunity against a background of viral infection.

**Keywords:** athletes, COVID-19, endocrine diseases, autoimmune diseases, hypothyroidism, thyrotoxicosis, diabetes mellitus

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

**For citation:** Tenyaeva E.A., Turova E.A., Badtieva V.A., Okonkwo E.O. Influence of the transferred coronavirus infection on diseases of the endocrine system in athletes. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2023;13(2):46–54. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.2.12>

**Received:** 15 September 2023

**Accepted:** 19 October 2023

**Online first:** 11 November 2023

**Published:** 21 November 2023

\*Corresponding author

### 1. Введение

С момента своей вспышки коронавирусная болезнь 2019 года, вызванная коронавирусом-2 с тяжелым острым респираторным синдромом (SARS-CoV-2), известным тем, что в первую очередь вызывает поражение органов дыхания, была связана с многочисленными аутоиммунными и эндокринными проблемами, включая заболевания щитовидной железы [1, 2].

Однако до настоящего момента не вполне понятно, какие остаточные явления ожидают перенесших в той или иной форме воспалительный процесс, его влияние на состояние щитовидной железы, надпочечников, поджелудочной железы и гипофиза. Не до конца ясно влияние тех методов лечения, которые проводились в период заболевания, и каких остаточных функциональных и морфологических повреждений эндокринной системы можно ожидать [3].

В последнее время появились новые данные о влиянии COVID-19 на морфологическое и функциональное

состояние щитовидной железы. Известно, что щитовидная железа и вирусная инфекция с сопутствующими воспалительно-иммунными реакциями находятся в сложном взаимодействии. SARS-CoV-2 использует рецепторы ACE2 в сочетании с трансмембранной протеазой серин 2 (TMPRSS2) в качестве ключевого молекулярного комплекса для заражения клеток-хозяев. Установлено, что уровни экспрессии ACE2 и TMPRSS2 в щитовидной железе даже больше, чем в легких. Таким образом, можно предположить, что щитовидная железа и вся ось гипоталамо-гипофизарной системы могут быть релевантными мишенями повреждения SARS-CoV-2. В частности, имеются данные о таких заболеваниях щитовидной железы, связанных с COVID-19, как тиреотоксикоз, гипотиреоз, а также синдром нетиреоидных заболеваний [4, 5].

Также SARS-CoV-2 способен инфицировать и размножаться в эндокринных клетках поджелудочной железы человека [6], а вирусная РНК SARS-CoV-2

была обнаружена в  $\beta$ -клетках пациентов с COVID-19 при вскрытии [7].

Рецептор ACE2 и белок TMPRSS2 были обнаружены в микроциркуляторном русле поджелудочной железы [8]. Относительно недавно в  $\beta$ -клетках поджелудочной железы пациентов, умерших от COVID-19, была обнаружена переменная экспрессия ACE2, что коррелировало с реакцией цитокинов [9].

По данным исследований, в общей популяции среди поздних осложнений COVID-19 описаны такие эндокринные заболевания, как подострый тиреоидит, аутоиммунный тиреоидит (тиреоидит Хашимото) и тиреотоксикоз [10]. В доступной отечественной и зарубежной литературе в отношении заболеваемости спортсменов имеются данные о кардиологических, неврологических, пульмонологических и психологических последствиях инфекции, исследований эндокринной заболеваемости спортсменов не проводилось.

По результатам наших исследований на базе филиала № 1 ГАУЗ МНПЦ МРВСМ ДЗМ среди спортсменов, проходящих углубленное медицинское обследование, выявлена достаточно высокая распространенность эндокринной патологии и особенно заболеваний щитовидной железы [11], поэтому изучение влияния перенесенной коронавирусной инфекции как на спортсменов, имеющих ту или иную эндокринную патологию, так и на спортсменов, не имевших ранее заболеваний эндокринной системы, представляется весьма актуальным и своевременным.

**Цель исследования:** изучение влияния перенесенной вирусной (на примере COVID-19) инфекции на эндокринную систему спортсменов.

## 2. Материалы и методы

Проанализированы данные 1114 спортсменов, прошедших углубленное медицинское обследование с 2021 по 2022 г. Обследование включало анализ спортивного и инфекционного анамнеза, результаты гормонального, биохимического и инструментального исследований. Проведение данного ретроспективного исследования было одобрено локальным этическим комитетом при ГАУЗ МНПЦ МРВСМ (протокол № 5 от 22.05.2023 г.).

Статистическая обработка результатов проводилась с помощью языка программирования R: анализ проводился методом биномиальной регрессии, с установлением связи в отдельности по каждому из эндокринных диагнозов в связи с перенесенной коронавирусной инфекцией с расчетом коэффициента регрессии и оценки уровня статистической достоверности (доверительный интервал более 95 %); и пакета статистических программ Statistica 10 for Windows: оценивались статистически значимые различия выборки по ряду демографических и антропометрических показателей, в частности с использованием *t*-теста.

## 3. Результаты исследования

Среди 1114 обследованных было 515 мужчин и 599 женщин в возрасте от 12 до 54 лет, средний возраст составил  $22,23 \pm 4,18$  года. Коронавирусную инфекцию с 2020 по 2022 год перенесло большинство спортсменов — 724 человека (65%), из них 333 юноши и 391 девушка; у 390 спортсменов (35%) в анамнезе не было данных о перенесенной инфекции, из них 176 юношей и 214 девушек. Обе группы были сопоставимы по полу,

Таблица 1

Сравнение группы спортсменов, переболевших COVID-19 с группой спортсменов, не болевших COVID-19

Table 1

Comparison of a group of athletes who have had COVID-19 with a group of athletes who have not had COVID-19

	Спортсмены, переболевшие COVID-19 <i>n</i> = 724	Спортсмены, не болевшие COVID-19 <i>n</i> = 390	<i>p</i>
Средний возраст	22,8 ± 2,3 года	21,04 ± 2,8 года	> 0,05
ИМТ (индекс массы тела)	23,6 ± 2,81 кг/м <sup>2</sup>	23,8 ± 2,92 кг/м <sup>2</sup>	> 0,05
Средняя длительность занятий спортом	10,5 ± 3,2 года	11,3 ± 2,9 года	> 0,05
Мастера спорта международного класса	14 (2%)	7 (1,8%)	> 0,05
Заслуженные мастера спорта	12 (1,7%)	4 (1%)	> 0,05
Мастера спорта	187 (25,8%)	88 (23%)	> 0,05
Кандидаты в мастера спорта	286 (39,5%)	160 (41%)	> 0,05
1-й взрослый разряд	94 (13%)	58 (14,8%)	> 0,05
2-й взрослый разряд	32 (4,4%)	13 (3,3%)	> 0,05
3-й взрослый разряд	12 (1,7%)	8 (2%)	> 0,05
1-й и 2-й юношеские разряды	7 (1%)	2 (0,5%)	> 0,05
Нет данных	80 (11%)	50 (12%)	> 0,05

возрасту, антропометрическим параметрам, спортивной квалификации, видам (более 100) и длительности занятий спортом (см. табл. 1).

Большинство (91 %) спортсменов перенесло коронавирусную инфекцию в легкой или бессимптомной форме: бессимптомно (по данным исследования антител или ПЦР) — 282 спортсмена (39%), в легкой форме — 374 (52%). Среднетяжелое течение заболевания отмечалось у 55 спортсменов (7%), тяжелое, потребовавшее госпитализации — у 12 (2%). Определение степени тяжести клинического течения коронавирусной инфекции проводилось согласно Временным методическим рекомендациям «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Версия 17 (09.12.2022)» (утв. Минздравом России) [12]. Легкая форма характеризовалась симптомами респираторной инфекции с невысокой температурой (менее 38 °С), отсутствием одышки, поражения легких, часто единственным проявлением заболевания было отсутствие обоняния и вкусовых ощущений. Среднетяжелая форма протекала с выраженной лихорадкой (длительная температура выше 38 °С более 5 дней), одышкой, снижением  $SpO_2$ , поражением легких, характерным для вирусной инфекции, по данным компьютерной томографии, лечение амбулаторное. Тяжелая форма отличалась выраженной одышкой, распространенной вирусной пневмонией (более 50%), симптомами выраженной интоксикации, потребовавших госпитализации.

При сравнительном анализе заболеваний эндокринной системы у спортсменов, перенесших и не перенесших коронавирусную инфекцию, выявлена более высокая частота первичного субклинического гипотиреоза в группе, перенесшей инфекцию (у 27 % спортсменов vs 15%), их них в 70 % случаев (у 111 спортсменов, перенесших инфекцию) снижение функции щитовидной железы выявлено впервые и возникло после инфекции независимо от симптомов и степени тяжести заболевания, тогда как у спортсменов с субклиническим гипотиреозом, не болевших COVID-19, частота первичного выявления заболевания составила 41 % (25 спортсменов). Диагноз субклинического гипотиреоза устанавливался согласно клиническим рекомендациям при повышении уровня тиреотропного гормона (ТТГ) и нормальном уровне свободного тироксина (своб. Т4) [13]. В группе спортсменов с субклиническим гипотиреозом значения ТТГ колебались от 4,5 до 9,6 мМЕ/л, средний уровень ТТГ составил  $5,97 \pm 0,16$  мМЕ/л, тогда как у спортсменов, не имеющих гипотиреоза, средний уровень ТТГ составил  $1,76 \pm 0,26$  мМЕ/л ( $p < 0,05$ ). Уровень свободного Т4 находился у спортсменов в пределах нормальных значений (9,0–19,05 пМ/л) и в группе с субклиническим гипотиреозом составил  $12,3 \pm 0,44$  пМ/л, у здоровых спортсменов —  $17,4 \pm 0,35$  пМ/л ( $p < 0,05$ ).

Аутоиммунный тиреоидит (АИТ), диагностированный на основании ультразвуковых признаков наличия участков сниженной эхогенности и наличия антител

к тиреоидной пероксидазе [13], также достоверно чаще манифестировал в группе спортсменов, перенесших COVID-19, в отличие от неболевших спортсменов, при этом данные о наследственной предрасположенности к АИТ зарегистрированы не более чем у 25–30 % спортсменов в обеих группах (табл. 2).

После перенесенной вирусной инфекции у восьми спортсменов (1,1 %) впервые выявлен тиреотоксикоз на фоне диффузно-токсического зоба, из них лишь два человека перенесли среднетяжелое течение COVID-19, в остальных случаях заболевание возникло после легкого или бессимптомного течения коронавирусной инфекции. Среди неболевших спортсменов тиреотоксикоз манифестировал лишь у одного спортсмена (0,1 %). Диагноз тиреотоксикоза устанавливался согласно клиническим рекомендациям [14] при снижении уровня ТТГ менее 0,001 мМЕ/л и повышении своб. Т4 более 19,05 пМ/л и/или повышении своб. Т3 более 6,8 пмоль/л, а также наличии клинической симптоматики (тахикардия, тремор рук, снижение веса, слабость, увеличение щитовидной железы).

Узловой зоб по данным ультразвукового исследования диагностирован у 140 (19 %) спортсменов, перенесших инфекцию, и у 70 (17 %) неболевших спортсменов.

При сравнении распространенности заболеваний щитовидной железы у спортсменов, перенесших заболевание в бессимптомной, легкой и среднетяжелой формах, существенной разницы выявлено не было. Так, субклинический и гипотиреоз диагностирован у 17,7 % (50) спортсменов с бессимптомным течением, у 16 % (60) — с легким и у 16 % (9) — со среднетяжелым течением коронавирусной инфекции; диффузно-токсический зоб с тиреотоксикозом — у 1 % (3 спортсмена) перенесших бессимптомную форму, у 1,5 % (4) — легкую и у 1,8 % (1 спортсмен) — среднетяжелую форму инфекции.

Сахарный диабет 1-го типа (инсулинзависимый) наблюдался у 17 (2,3 %) спортсменов, перенесших коронавирусную инфекцию, из них у 6 (0,8 %) спортсменов заболевание выявлено впервые и манифестировало после перенесенной инфекции легкого течения. Диагноз сахарного диабета устанавливался на основании клинических рекомендаций при наличии двух диагностических критериев: двукратном выявлении уровня глюкозы крови натощак  $\geq 7,0$  ммоль/л или однократном определении уровня глюкозы крови натощак  $\geq 7,0$  ммоль/л и гликированного гемоглобина более 6,5%, или случайного определения гликемии выше 11,1 ммоль/л. Для дифференциальной диагностики СД 1-го типа и СД 2-го типа может быть проведено определение базального и стимулированного уровня С-пептида, аутоантител к инсулину (IAA), глутаматдекарбоксилазе (GAD), тирозинфосфатазе (IA2 и IA-2 $\beta$ ), а также выполнено молекулярно-генетическое исследование. [15]. Среди неболевших спортсменов сахарный диабет 1-го типа наблюдался у 3 спортсменов (0,7%), ни одного случая манифестации заболевания за время наблюдения не выявлено.

Сахарный диабет 2-го типа (инсулиннезависимый) [15] впервые выявлен у 3 спортсменов после перенесенного ковида легкого, тяжелого и бессимптомного течения. В группе спортсменов, не болевших коронавирусной инфекцией, 3 спортсмена имели сахарный диабет 2-го типа, который был диагностирован ранее, новых случаев не выявлено.

Гиперпролактинемия, характеризующаяся повышением уровня пролактина, выявлена у 43 переболевших спортсменов (5,9%), при повторном выявлении повышения пролактина после исключения феномена макропролактинемии (у 6 спортсменов) и выявлении признаков микроаденомы гипофиза по данным МРТ, лечение агонистами допаминовых рецепторов было назначено 4 спортсменам (0,5%). У 33 спортсменов при повторном обследовании с исключением всех факторов риска (стресс, половой акт, физическая нагрузка накануне и др.) уровень пролактина находился в пределах нормы. У спортсменов, не болевших коронавирусной инфекцией, гиперпролактинемия выявлена у 23 человек, что также составило 5,8%, из них у 3 спортсменов диагностирован феномен макропролактинемии. Лечение назначено одному спортсмену с подтвержденной микроаденомой гипофиза (0,3%). Повторное обследование 19 спортсменов при исключении факторов риска подтвердило физиологический характер гиперпролактинемии.

При проведении статистического анализа методом биномиальной логистической регрессии выявлено статистически значимое повышение частоты заболевания гипотиреозом на 52%, ( $p < 0,001$ ), тиреотоксикозом на 133% ( $p < 0,05$ ), диабетом 1-го типа на 97%

( $p < 0,05$ ), аутоиммунным тиреодитом на 52% ( $p < 0,05$ ) (см. табл. 2) среди спортсменов, перенесших COVID-19, в сравнении с неболевшими спортсменами.

Как показано на рисунке, специфически повышена частота заболеваний щитовидной железы, как правило, связанных с аутоиммунным поражением (АИТ, гипотиреоз, тиреотоксикоз).

В отличие от заболеваний, связанных с аутоиммунным поражением и нарушением функции щитовидной железы, в настоящем исследовании не было выявлено достоверного увеличения новых случаев узлового зоба в группе, перенесшей коронавирусную инфекцию. Частота развития гиперпролактинемии у спортсменов также не зависела от перенесения вирусной инфекции (см. рис.).

Спортсмены с тиреотоксикозом были отстранены от занятий спортом до достижения стойкой компенсации заболевания и нормализации уровня своб. Т3, своб. Т4 и антител к рецепторам ТТГ. Спортсмены с впервые выявленным сахарным диабетом также были отстранены от занятий спортом до достижения компенсации заболевания, прохождения школы диабета и проверки соблюдения правил инсулинотерапии при физической активности [15]. Для участия в соревнованиях спортсмены получали терапевтическое разрешение на использование инсулина. Абсолютных противопоказаний к занятиям спортом выявлено не было.

#### 4. Дискуссия

По данным исследований, тяжелая респираторная инфекция COVID-19 часто сопровождается аутоиммунными и эндокринными проблемами, включая

Таблица 2

Эндокринная патология у спортсменов, перенесших и не перенесших COVID-19

Table 2

Endocrine pathology in athletes who have and have not undergone COVID-19

Диагнозы	Предикторы	Коеф. регрессии	Std. error	z value	Pr (>  z )	P
Тиреотоксикоз	группа сравнения	-4,09	0,50	-8,12	0,00	< 0.001
	перенесли COVID-19	<b>1,33</b>	<b>0,56</b>	<b>2,38</b>	<b>0,02</b>	<b>&lt; 0.05</b>
Диабет 1-го типа	группа сравнения	-3,69	0,41	-8,93	0,00	< 0.001
	перенесли COVID-19	<b>0,97</b>	<b>0,47</b>	<b>2,05</b>	<b>0,04</b>	<b>&lt; 0.05</b>
Диабет 2-го типа	группа сравнения	-3,69	0,41	-8,93	0,00	< 0.001
	перенесли COVID-19	<b>-0,23</b>	<b>0,58</b>	<b>-0,40</b>	<b>0,69</b>	<b>non-sign.</b>
Гипотиреоз	группа сравнения	-1,14	0,13	-8,68	0,00	< 0.001
	перенесли COVID-19	<b>0,52</b>	<b>0,16</b>	<b>3,17</b>	<b>0,00</b>	<b>&lt; 0.01</b>
АИТ	группа сравнения	-2,01	0,19	-10,71	0,00	< 0.001
	перенесли COVID-19	<b>0,52</b>	<b>0,23</b>	<b>2,25</b>	<b>0,02</b>	<b>&lt; 0.05</b>
Гиперпролактинемия	группа сравнения	-2,05	0,19	-10,72	0,00	< 0.001
	перенесли COVID-19	<b>0,36</b>	<b>0,24</b>	<b>1,49</b>	<b>0,14</b>	<b>non-sign.</b>
Узловой зоб	группа сравнения	-0,88	0,12	-7,36	0,00	< 0.001
	перенесли COVID-19	<b>0,26</b>	<b>0,15</b>	<b>1,66</b>	<b>0,10</b>	<b>non-sign.</b>
Нарушение глюкозы натощак	группа сравнения	-2,77	0,27	-10,42	0,00	< 0.001
	перенесли COVID-19	<b>0,32</b>	<b>0,34</b>	<b>0,94</b>	<b>0,34</b>	<b>non-sign.</b>

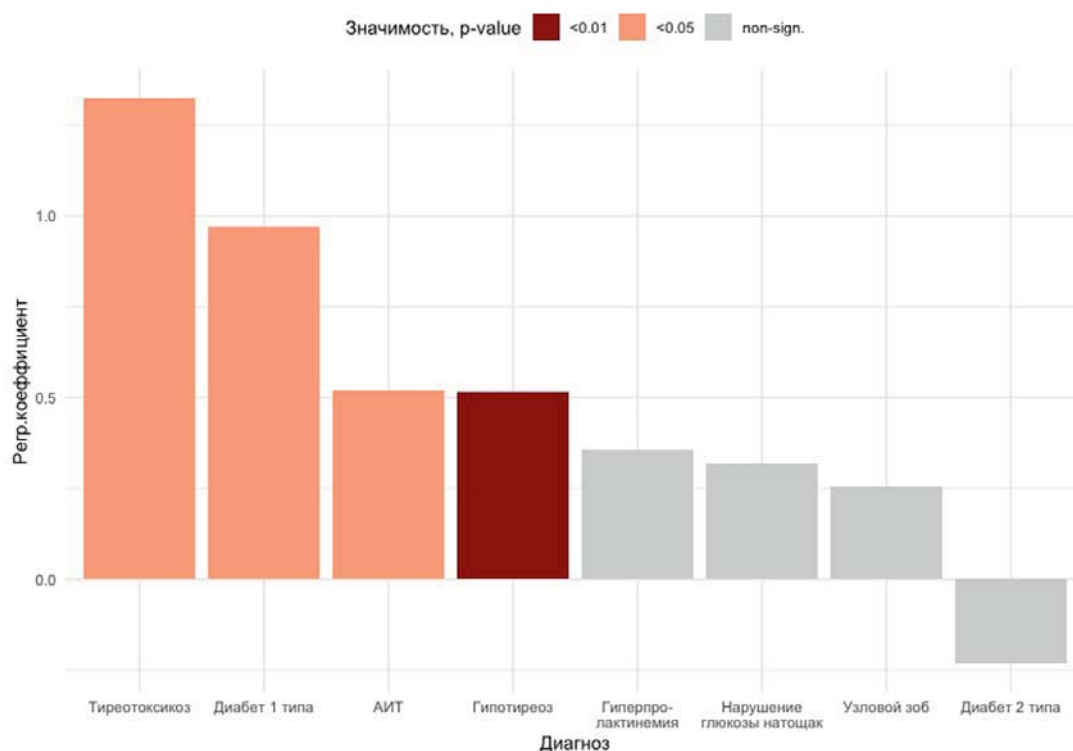


Рисунок. Зависимость развития эндокринных заболеваний от перенесения COVID-19  
Fig. Dependence of the development of endocrine diseases on the transmission of COVID-19

заболевания щитовидной железы. Было обнаружено, что ангиотензинпревращающий фермент (ACE2) в сочетании с трансмембранной сериновой протеазой 2 (TMPRSS2), ключевым молекулярным комплексом, используемым SARS-CoV-2 в качестве целевого рецептора для проникновения в ткани, в высокой степени экспрессируется как в щитовидной железе, так и в легких. Кроме того, из-за молекулярной мимикрии между белками SARS-CoV-2 и белками щитовидной железы было показано, что антитела против SARS-CoV-2 реагируют с тканью щитовидной железы [16]. Таким образом, либо через косвенное влияние аномальных системных воспалительно-иммунных реакций, вызванных инфекцией SARS-CoV-2, либо через прямое вирусное воздействие SARS-CoV-2 может усугублять существующие заболевания щитовидной железы или вызывать новые аномалии [17]. Исследование, проведенное на госпитализированных по поводу COVID-19 в отделениях неинтенсивной терапии, выявило значительную (20,2%) распространенность в остром периоде явного и субклинического тиреотоксикоза. В многомерном анализе тиреотоксикоз оказался значимо связанным с более высоким уровнем ИЛ-6 — показателем выраженной воспалительной реакции, часто проявляющейся цитокиновым штормом. Это исследование предоставляет доказательства того, что COVID-19 может быть связан с высоким риском тиреотоксикоза в связи с активацией системного иммунитета, вызванной инфекцией SARS-CoV-2 [18].

Цитируемые исследования констатируют достаточно высокую вероятность развития эндокринных нарушений в острой стадии заболевания, когда организм пациента переживает высокую нагрузку как на иммунную, так и на эндокринную систему, тогда как в нашем исследовании показано повышение вероятности этих заболеваний через 3–12 месяцев после перенесенной коронавирусной инфекции, а также отсутствие явной достоверной связи со степенью тяжести COVID-19. Это может свидетельствовать о возможности развития длительных и стойких нарушений аутоиммунитета, спровоцированных экспрессией SARS-CoV-2 в тироцитах, способствующей выработке антител против коронавируса, реагирующих в результате молекулярной мимикрии и на ткань щитовидной железы [16].

Как указано выше, нами было выявлено 6 новых случаев сахарного диабета 1-го типа у спортсменов, перенесших коронавирусную инфекцию, независимо от его тяжести, тогда как у неболевших спортсменов в течение периода наблюдения новых случаев инсулинзависимого диабета не диагностировано. Достоверного увеличения вероятности развития сахарного диабета 2-го типа и случаев нарушения глюкозы натощак или нарушения толерантности к глюкозе в группе переболевших спортсменов, в отличие от неболевших, не выявлено (см. рис.).

В исследовании Ф.А. Хайдарова и соавт. [19] у 20% детей, госпитализированных в клинику в связи с впервые выявленным сахарным диабетом 1-го

типа и кетоацидозом, имелся анамнез перенесенного COVID-19, течение было в легкой форме, у 80 % детей инфекция протекала бессимптомно. У всех детей на момент выявления были высокий уровень гликированного гемоглобина — выше 10 %, низкий уровень витамина D, высокие уровни антител к SARS-CoV-2 (IgG), потребность в инсулине выше средней, авторы также отмечают высоконормальный уровень ТТГ у всех детей, перенесших инфекцию.

Хотя долгосрочные эффекты COVID-19 на гипергликемию еще предстоит полностью выяснить, одно исследование показало, что через 6 месяцев после госпитализации у 63 % пациентов с гипергликемией, у которых была диагностирована гипергликемия во время госпитализации, восстановилась эугликемия [17, 20]. Тем не менее более чем у одной трети из них по-прежнему сохранялась гипергликемия, а у ~ 2 % был сахарный диабет.

К сожалению, данные об эндокринной заболеваемости спортсменов после коронавирусной инфекции в доступной литературе отсутствуют.

Подводя итог существующих исследований, заключаем: полученные нами данные о значимом влиянии перенесенной инфекции на развитие сахарного диабета 1-го типа у спортсменов и, напротив, отсутствии

#### Вклад авторов:

**Теняева Елена Анатольевна** — идея, систематизация данных, статистическая обработка данных, написание статьи;

**Турова Елена Арнольдовна** — идея, редактирование статьи;

**Бадтиева Виктория Асланбековна** — редактирование статьи;

**Оконкво Эммануэлла Огечукву** — помощь в статистической обработке данных.

#### Список литературы

1. **Bellamkonda A., Mustafa F., Chowdhury T., Gobena T.M., Bellamkonda R.** A Case Report and Literature Review of Thyroid Storm Precipitated by COVID-19 Infection: A Crucial Pointer for Early Suspicion. *Cureus*. 2023 Feb 20;15(2):e35208. doi: 10.7759/cureus.35208. PMID: 36960264; PMCID: PMC10031795.
2. **Al-Beltagi M., Saeed N.K., Bediwy A.S.** COVID-19 disease and autoimmune disorders: A mutual pathway. *World J Methodol*. 2022 Jul 20;12(4):200-223. doi: 10.5662/wjm.v12.i4.200. PMID: 36159097; PMCID: PMC9350728
3. **Трошина Е.А., Мельниченко Г.А., Сенюшкина Е.С., Мокрышева Н.Г.** Адаптация гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной и гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой систем к новому инфекционному заболеванию — COVID-19 в условиях развития COVID-19-пневмонии и/или цитокинового шторма. *Клиническая и экспериментальная тиреологическая медицина*. 2020;16(1):21–27. <https://doi.org/10.14341/ket12461>
4. **Scappaticcio L., Pitoia F., Esposito K., Piccardo A., Trimboli P.** Impact of COVID-19 on the thyroid gland: an update. *Rev. Endocr. Metab. Disord*. 2021;22(4):803–815. <https://doi.org/10.1007/s11154-020-09615-z>
5. **Lania A., Sandri M.T., Cellini M., Mirani M., Lavezzi E., Mazziotti G.** Thyro-toxicosis in patients with COVID-19: the THYRCOV study. *Eur. J. Endocrinol*. 2020;183(4):381–387. <https://doi.org/10.1530/EJE-20-0335>

достоверного воздействия на повышение вероятности сахарного диабета 2-го типа и гипергликемии в отдаленном периоде после ковида, скорее свидетельствуют о роли аутоиммунного поражения  $\beta$ -клеток и последующего развития недостаточности инсулина, тогда как отсутствие у спортсменов факторов риска сахарного диабета 2-го типа, таких как ожирение, метаболический синдром, малоподвижный образ жизни, предупреждает вероятность развития подобных обменных нарушений.

#### 5. Заключение

Таким образом, результаты исследования показали, что в отдаленном периоде после перенесенного COVID-19 у спортсменов достоверно более часто манифестировали аутоиммунные эндокринные заболевания, такие как первичный гипотиреоз, диффузно-токсический зоб с тиреотоксикозом, аутоиммунный тиреоидит, сахарный диабет 1-го типа, что, наиболее вероятно, связано с перекрестным поражением аутоиммунитета на фоне вирусной инфекции.

Целью дальнейших исследований в этой области будет выявление влияния перенесенной инфекции на биохимический и гормональный профиль спортсменов, а также параметры физической работоспособности.

#### Author contributions:

**Elena A. Tenyaeva** — idea, literature review, static processing, writing an article;

**Elena A. Turova** — editing;

**Victoria A. Badtieva** — editing;

**Emmanuella O. Okonkwo** — assistance in statistical processing.

#### References

1. **Bellamkonda A., Mustafa F., Chowdhury T., Gobena T.M., Bellamkonda R.** A Case Report and Literature Review of Thyroid Storm Precipitated by COVID-19 Infection: A Crucial Pointer for Early Suspicion. *Cureus*. 2023 Feb 20;15(2):e35208. doi: 10.7759/cureus.35208. PMID: 36960264; PMCID: PMC10031795.
2. **Al-Beltagi M., Saeed N.K., Bediwy A.S.** COVID-19 disease and autoimmune disorders: A mutual pathway. *World J Methodol*. 2022 Jul 20;12(4):200-223. doi: 10.5662/wjm.v12.i4.200. PMID: 36159097; PMCID: PMC9350728
3. **Troshina E.A., Melnichenko G.A., Senyushkina E.S., Mokrysheva N.G.** Adaptation of the hypothalamo-pituitary-thyroid and hypothalamo-pituitary-adrenal systems to a new infectious disease — COVID-19 in the development of COVID-19 pneumonia and/or cytokine storm. *Clinical and experimental thyroidology*. 2020;16(1):21–27 (in Russ.). <https://doi.org/10.14341/ket12461>
4. **Scappaticcio L., Pitoia F., Esposito K., Piccardo A., Trimboli P.** Impact of COVID-19 on the thyroid gland: an update. *Rev. Endocr. Metab. Disord*. 2021;22(4):803–815. <https://doi.org/10.1007/s11154-020-09615-z>
5. **Lania A., Sandri M.T., Cellini M., Mirani M., Lavezzi E., Mazziotti G.** Thyrotoxicosis in patients with COVID-19: the THYRCOV study. *Eur J Endocrinol*. 2020 Oct;183(4):381-387. doi: 10.1530/EJE-20-0335. PMID: 32698147; PMCID: PMC9494315

6. Müller J.A., Groß R., Conzelmann C., Krüger J. Merle U., Steinhart J., et al. SARS-CoV-2 infects and replicates in cells of the human endocrine and exocrine pancreas. *Nat. Metab.* 2021;3(2):149–165. <https://doi.org/10.1038/s42255-021-00347-1>
7. Rubino F., Amiel S.A., Zimmet P., Alberti K.G.M.M., Bornstein S., Eckel R.H., et al. New-onset diabetes in Covid-19. *N. Engl. J. Med.* 2020;383(8):787–789. <https://doi.org/10.1056/NEJMc2018688>
8. Steenblock C., Richter S., Berger I., Barovic M., Schmid J., Schubert U., et al. Viral infiltration of pancreatic islets in patients with COVID-19. *Nat. Commun.* 2021;12(1):3534. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-23886-3>
9. Coate K.C., Cha J., Shrestha S., Wang W., Gonçalves L.M., Almaça J., et al. SARS-CoV-2 Cell Entry Factors ACE2 and TMPRSS2 Are Expressed in the Microvasculature and Ducts of Human Pancreas but Are Not Enriched in  $\beta$  Cells. *Cell Metab.* 2020;32(6):1028–1040.e4. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2020.11.006>
10. Nalbandian A., Sehgal K., Gupta A., Madhavan M.V., McGroder C., Stevens J.S., et al. Post-acute COVID-19 syndrome. *Nat. Med.* 2021;27(4):601–615. <https://doi.org/10.1038/s41591-021-01283-z>
11. Бадтиева В.А., Теняева Е.А., Сичинава Н.В., Турова Е.А., Трухачева Н.В., Афонина В.И., и др. Анализ динамики и структуры заболеваемости спортсменов сборных команд Москвы по результатам углубленного медицинского обследования. *Спортивная медицина: наука и практика.* 2022;12(2):22–31. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.1>
12. Временные методические рекомендации. Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Версия 17: Утв. Минздравом России 09.12.2022 [интернет]. Режим доступа: <https://legalacts.ru/doc/vremennyye-metodicheskie-rekomendatsii-profilaktika-diagnostika-i-lechenie-novoi-koronavirusnoi/>
13. Fadeev V.V., Morgunova T.B., Melnichenko G.A., Dedov I.I. Проект клинических рекомендаций по гипотиреозу. Клиническая и экспериментальная тиреологическая. 2021;17(1):4–13. <https://doi.org/10.14341/ket12702>
14. Fadeyev V.V. По материалам клинических рекомендаций Европейской Тиреоидной Ассоциации по диагностике и лечению тиреотоксикоза при болезни Грейвса 2018 года. Клиническая и экспериментальная тиреологическая. 2020;16(1):4–20. <https://doi.org/10.14341/ket12474>
15. Dedov I.I., Shestakova M.V., Mayorov A.Yu., Mokrysheva N.G., Vikulova O.K., Galstyan G.R., et al. «Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом». Под редакцией И.И. Дедова, М.В. Шестаковой, А.Ю. Майорова. 10-й выпуск. Сахарный диабет. 2021;24(1S):1–148. <https://doi.org/10.14341/DM12802>
16. Li M.Y., Li L., Zhang Y., Wang X.S. Expression of the SARS-CoV-2 cell receptor gene ACE2 in a wide variety of human tissues. *Infect. Dis. Poverty.* 2020;9(1):45. <https://doi.org/10.1186/s40249-020-00662-x>
17. Clarke S.A., Abbara A., Dhillon W.S. Impact of COVID-19 on the Endocrine System: A Mini-review. *Endocrinology.* 2022;163(1):bqab203. <https://doi.org/10.1210/endo/bqab203>
18. Lania A., Sandri M.T., Cellini M., Mirani M., Lavezzi E., Mazziotti G. Thyro-toxicosis in patients with COVID-19: the THYRCOV study. *Eur. J. Endocrinol.* 2020;183(4):381–387. <https://doi.org/10.1530/EJE-20-0335>
19. Хайдарова Ф.А., Алимова Н.У., Алиева А.В., Садыкова А.С., Арипова М.Д. Влияние COVID-19-инфекции
6. Müller J.A., Groß R., Conzelmann C., Krüger J. Merle U., Steinhart J., et al. SARS-CoV-2 infects and replicates in cells of the human endocrine and exocrine pancreas. *Nat. Metab.* 2021;3(2):149–165. <https://doi.org/10.1038/s42255-021-00347-1>
7. Rubino F., Amiel S.A., Zimmet P., Alberti K.G.M.M., Bornstein S., Eckel R.H., et al. New-onset diabetes in Covid-19. *N. Engl. J. Med.* 2020;383(8):787–789. <https://doi.org/10.1056/NEJMc2018688>
8. Steenblock C., Richter S., Berger I., Barovic M., Schmid J., Schubert U., et al. Viral infiltration of pancreatic islets in patients with COVID-19. *Nat. Commun.* 2021;12(1):3534. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-23886-3>
9. Coate K.C., Cha J., Shrestha S., Wang W., Gonçalves L.M., Almaça J., et al. SARS-CoV-2 Cell Entry Factors ACE2 and TMPRSS2 Are Expressed in the Microvasculature and Ducts of Human Pancreas but Are Not Enriched in  $\beta$  Cells. *Cell Metab.* 2020;32(6):1028–1040.e4. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2020.11.006>
10. Nalbandian A., Sehgal K., Gupta A., Madhavan M.V., McGroder C., Stevens J.S., et al. Post-acute COVID-19 syndrome. *Nat. Med.* 2021;27(4):601–615. <https://doi.org/10.1038/s41591-021-01283-z>
11. Badtieva V.A., Tenyaeva E.A., Sichinava N.V., Turova E.A., Trukhacheva N.N., Afonina V.I., et al. Analysis of the dynamics and structure of morbidity of athletes of the national teams of Moscow based on the results of medical examination. *Sports medicine: research and practice.* 2022;12(2):22–31 (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.1>
12. Temporary methodological recommendations. Prevention, diagnosis and treatment of new coronavirus infection (COVID-19). Version 17: Approved by the Ministry of Health of Russia 09.12.2022 [Internet]. Available at: <https://legalacts.ru/doc/vremennyye-metodicheskie-rekomendatsii-profilaktika-diagnostika-i-lechenie-novoi-koronavirusnoi/> (In Russ.).
13. Fadeev V.V., Morgunova T.B., Melnichenko G.A., Dedov I.I. Draft of the clinical recommendations for diagnosis and treatment of hypothyroidism. *Clinical and experimental thyroidology.* 2021;17(1):4–13 (In Russ.) <https://doi.org/10.14341/ket12702>
14. Fadeyev V.V. Review of European Thyroid Association Guideline (2018) for the Management of Graves' Hyperthyroidism. *Clinical and experimental thyroidology.* 2020;16(1):4–20 (In Russ.) <https://doi.org/10.14341/ket12474>
15. Dedov I.I., Shestakova M.V., Mayorov A.Yu., Mokrysheva N.G., Vikulova O.K., Galstyan G.R., et al. Standards of specialized diabetes care. Edited by Dedov I.I., Shestakova M.V., Mayorov A.Yu. 10th edition. *Diabetes mellitus.* 2021;24(1S):1–148 (In Russ.) <https://doi.org/10.14341/DM12802>
16. Li M.Y., Li L., Zhang Y., Wang X.S. Expression of the SARS-CoV-2 cell receptor gene ACE2 in a wide variety of human tissues. *Infect. Dis. Poverty.* 2020;9(1):45. <https://doi.org/10.1186/s40249-020-00662-x>
17. Clarke S.A., Abbara A., Dhillon W.S. Impact of COVID-19 on the Endocrine System: A Mini-review. *Endocrinology.* 2022;163(1):bqab203. <https://doi.org/10.1210/endo/bqab203>
18. Lania A., Sandri M.T., Cellini M., Mirani M., Lavezzi E., Mazziotti G. Thyro-toxicosis in patients with COVID-19: the THYRCOV study. *Eur. J. Endocrinol.* 2020;183(4):381–387. <https://doi.org/10.1530/EJE-20-0335>
19. Khaydarova F.A., Alimova N.U., Alieva A.V., Sadykova A.S., Aripova M.D. Impact of COVID-19 infection on the

на развитие сахарного диабета 1 типа у детей и подростков. Сахарный диабет. 2022;25(1):21–26. <https://doi.org/10.14341/DM12785>

20. **Montefusco L., Ben Nasr M., D'Addio F., Loretelli C., Rossi A., Pastore I., et al.** Acute and long-term disruption of glycometabolic control after SARS-CoV-2 infection. *Nat. Metab.* 2021;3(6):774–785. <https://doi.org/10.1038/s42255-021-00407-6>

development of type 1 diabetes mellitus in children and adolescents. *Diabetes mellitus.* 2022;25(1):21–26 (In Russ.) <https://doi.org/10.14341/DM12785>

20. **Montefusco L., Ben Nasr M., D'Addio F., Loretelli C., Rossi A., Pastore I., et al.** Acute and long-term disruption of glycometabolic control after SARS-CoV-2 infection. *Nat. Metab.* 2021;3(6):774–785. <https://doi.org/10.1038/s42255-021-00407-6>

#### Информация об авторах:

**Теняева Елена Анатольевна\***, ведущий научный сотрудник отдела спортивной медицины и клинической фармакологии ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения г. Москвы», Россия, 105120, ул. Земляной вал, 53 ([teniaeva@mail.ru](mailto:teniaeva@mail.ru))

**Турова Елена Арнольдовна**, профессор, д.м.н., зам. директора по науке ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения г. Москвы», Россия, 105120, ул. Земляной вал, 53; профессор кафедры восстановительной медицины, реабилитации и курортологии ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119048, г. Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2 ([aturova55@gmail.com](mailto:aturova55@gmail.com))

**Бадтиева Виктория Асланбековна**, член-корр. РАН, д.м.н., профессор, заведующий филиалом № 1 ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения г. Москвы», Россия, 105120, ул. Земляной вал, 53; руководитель отдела спортивной медицины и клинической фармакологии; профессор кафедры восстановительной медицины, реабилитации и курортологии ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова», Россия, 119048, г. Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2 ([maratik2@yandex.ru](mailto:maratik2@yandex.ru))

**Оконкво Эммануэлла Огечукву**, аспирант кафедры восстановительной медицины, реабилитации и курортологии ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119048, г. Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2 ([okonkwoemmanuella.eo@gmail.com](mailto:okonkwoemmanuella.eo@gmail.com))

#### Information about the authors:

**Elena A. Tenyeva\***, leading researcher of the Department of Sports Medicine and Clinical Pharmacology, Ph.D., Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of the Moscow Department of Healthcare, Russia, 105120, Moscow, Zemlyanoy val, 53 ([teniaeva@mail.ru](mailto:teniaeva@mail.ru))

**Elena A. Turova**, Professor, M.D., D.Sc. (Medicine), Deputy Director of Science, Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of the Moscow Department of Healthcare, Russia, 105120, Moscow, Zemlyanoy val, 53; Professor of the Department of Restorative Medicine, Rehabilitation and Balneology of the Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Russia, 119991, Moscow, Trubetskaya str., 8, 2 ([aturova55@gmail.com](mailto:aturova55@gmail.com))

**Victoria A. Badtieva**, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, Head of Branch №1 of Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of the Moscow Department of Healthcare, 105120, Moscow, Zemlyanoy val, 53; Head of the Sports Medicine and Clinical Pharmacology section, Professor of the Department of Restorative Medicine, Rehabilitation and Balneology of the Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Russia, 119991, Moscow, Trubetskaya str., 8, 2 ([maratik2@yandex.ru](mailto:maratik2@yandex.ru))

**Emmanuella O. Okonkwo**, Postgraduate student of the structural unit: Department of Restorative Medicine, Rehabilitation and Balneology of the Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Russia, 119991, Moscow, Trubetskaya str., 8, 2 ([okonkwoemmanuella.eo@gmail.com](mailto:okonkwoemmanuella.eo@gmail.com))

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author





## Применение медицинской виброплатформы в лечении пациентов с плантарным фасциитом

С.И. Джадаев<sup>1,\*</sup>, А.В. Джадаева<sup>2</sup>, В.В. Иванов<sup>3</sup>, М.В. Коврижных<sup>4</sup>, Д.Т. Алиев<sup>5</sup>, О.Э. Апрышко<sup>5</sup>

<sup>1</sup> ГАУЗ Московской области «Химкинская областная больница», Химки, Россия

<sup>2</sup> Филиал «Зеленоградский» ГБУЗ «Московский научно-практический центр дерматовенерологии и косметологии Департамента здравоохранения города Москвы», Зеленоград, Россия

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, Самара, Россия

<sup>4</sup> ГБУЗ «Городская поликлиника № 68 Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия

<sup>5</sup> ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И. М. Сеченова» Минздрава России, Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** оценить влияние применения медицинской виброплатформы на выраженность боли, качество жизни, функциональные и анатомические характеристики стопы и голеностопного сустава у пациентов с плантарным фасциитом.

**Материалы и методы:** в исследовании принял участие 91 пациент с плантарным фасциитом, среди них 73 (80,2%) женщины, 18 (19,8%) мужчин. Пациенты были разделены на две группы: основную группу составили 43 пациента, контрольную — 48 пациентов. В основной группе проводили стандартное лечение, включавшее ударно-волновую терапию, кинезиотейпирование, стандартную лечебную физкультуру в первую неделю и лечебную физкультуру на медицинской виброплатформе на второй и третьей неделе, в контрольной группе лечебную физкультуру на второй и третьей неделе проводили в положении пациента стоя на полу. Для оценки динамики лечения проводили анкетирование при помощи ВАШ, шкалы AOFAS и опросника SF-36. Инструментальные методы обследования включали оценку подологического индекса Фридланда, Y-баланс тест. Все параметры оценивали до лечения, после лечения и через три месяца после лечения.

**Результаты:** применение лечебной физкультуры на медицинской виброплатформе в комплексном лечении пациентов с плантарным фасциитом по сравнению с лечебной физкультурой на полу позволило статистически значимо снизить уровень боли после лечения ( $p < 0,05$ ), увеличить стабильность стоп и голеностопного сустава ( $p < 0,05$ ), а в отдаленном периоде позволило значимо снизить уровень боли ( $p < 0,05$ ), повысить качество жизни ( $p < 0,05$ ), увеличить стабильность стопы и голеностопного сустава ( $p < 0,05$ ).

**Выводы:** применение лечебной физкультуры на медицинской виброплатформе способствует снижению уровня боли после лечения и через три месяца после лечения, улучшению качества жизни в отсроченной перспективе, а также увеличению стабильности стоп.

**Ключевые слова:** плантарный фасциит, пяточная шпора, пяточная боль

**Для цитирования:** Джадаев С.И., Джадаева А.В., Иванов В.В., Коврижных М.В., Алиев Д.Т., Апрышко О.Э. Применение медицинской виброплатформы в лечении пациентов с плантарным фасциитом. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2023;13(2):55–61. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.2.1>

Поступила в редакцию: 07.03.2023

Принята к публикации: 21.06.2023

Online first: 23.06.2023

Опубликована: 21.11.2023

\*Автор, ответственный за переписку

# The use of a medical vibration platform in the treatment of patients with plantar fasciitis

Sergey I. Dzhadayev<sup>1,\*</sup>, Anna V. Dzhadayeva<sup>2</sup>, Viktor V. Ivanov<sup>3</sup>, Maxim V. Kovrizhnyh<sup>4</sup>,  
Daniil T. Aliev<sup>5</sup>, Olga E. Aprishko<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Khimki Regional Hospital, Khimki, Russia

<sup>2</sup> Moscow Center for Dermatovenereology and Cosmetology, Zelenogradsky Branch, Zelenograd, Russia

<sup>3</sup> Samara State Medical University, Samara, Russia

<sup>4</sup> City Polyclinic № 68, Moscow, Russia

<sup>5</sup> Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

## ABSTRACT

**Aim:** to evaluate the effect of using a medical vibration platform on the severity of pain, quality of life, functional and anatomical characteristics of the foot and ankle in patients with plantar fasciitis.

**Materials and methods:** the study involved 91 patients with plantar fasciitis, among them 73 (80.2 %) women, 18 (19.8 %) men. The patients were divided into two groups: the main group consisted of 43 patients, the control group — 48 patients. In the main group, standard treatment was performed, including shock wave therapy, kinesiо taping, standard exercises in the first week and exercises on a medical vibration platform in the second and third weeks, in the control group, exercises in the second and third weeks were performed with the patient standing on the floor. To assess the dynamics of treatment, a questionnaire was conducted using the VAS, the AOFAS scale, and the SF-36 questionnaire. Instrumental methods of examination included the evaluation of Friedland's podological index, Y-balance test. All parameters were assessed before treatment, after treatment, and 3 months after treatment.

**Results:** the use of exercise therapy on a medical vibration platform in the complex treatment of patients with plantar fasciitis, compared with exercise therapy on the floor, made it possible to statistically significantly reduce the level of pain after treatment ( $p < 0.05$ ), increase the stability of the feet and ankle joint ( $p < 0.05$ ), and in the long-term period allowed to significantly reduce the level of pain ( $p < 0.05$ ), improve the quality of life ( $p < 0.05$ ), increase the stability of the foot and ankle joint ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** the use of physiotherapy exercises on a medical vibroplatform helps to reduce the level of pain after treatment and after 3 months after treatment, improve the quality of life in the long term, as well as increase the stability of the feet.

**Keywords:** plantar fasciitis, heel spur, heel pain

**For citation:** Dzhadayev S.I., Dzhadayeva A.V., Ivanov V.V., Kovrizhnyh M.V., Aliev D.T., Aprishko O.E. The use of a medical vibration platform in the treatment of patients with plantar fasciitis. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2023;13(2):55–61. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.2.1>

**Received:** 7 March 2023

**Accepted:** 21 June 2023

**Online first:** 23 June 2023

**Published:** 21 November 2023

\*Corresponding author

## 1. Введение

Длительный период времени физические упражнения не рассматривались как метод лечения плантарного фасциита (ПФ) в связи с выраженным положительным клиническим эффектом на фоне применения физиотерапевтических методов и инъекций кортикостероидов (КС) [1–3]. Однако в первое десятилетие XXI века появились сообщения о том, что упражнения для растяжения подошвенной фасции могут снизить уровень боли у пациентов с ПФ как в остром, так и в хроническом периоде [4–5], но точные биомеханические изменения, которые выступают в качестве причины снижения уровня болезненных ощущений, оставались неизвестными [6–8].

Недавний систематический обзор Siriphorn A. et al. (2020) показал, что эффективность растяжки подошвенной фасции не превосходит другие методы лечения, а существующие исследования представляют доказательства умеренного или очень низкого качества [9].

Отдельно отмечена взаимосвязь ПФ и стабильности голеностопного сустава [10–12], отмечено, что ПФ увеличивает риск падений и негативно влияет на баланс. Представленные данные обращают внимание на подбор упражнений, стабилизирующих голеностопный сустав у таких пациентов [13]. Одним из вариантов подобных физических упражнений является вибрационная тренировка (WBV — whole body vibration).

Тренировки такого рода увеличивают совместное сокращение мышц, стабильность суставов, баланс и улучшают работу механорецепторов [14].

## 2. Материалы и методы

Настоящее исследование проведено на базе ГАУЗ МО «Химкинская областная больница». В исследовании приняли участие пациенты, предъявляющие жалобы на боль в области подошвенной части пятки ( $n = 91$ ), среди которых были 73 (80,2 %) женщины и 18 (19,8 %) мужчин. Пациенты были разделены на две группы:

основную группу составили 43 пациента (35 женщин и 8 мужчин), контрольную — 48 пациентов (38 женщин, 10 мужчин). В основной группе проводили стандартное лечение, включавшее ударно-волновую терапию (УВТ), кинезиотейпирование, стандартную лечебную физкультуру в первую неделю и лечебную физкультуру на медицинской виброплатформе на второй и третьей неделе, в контрольной группе лечебную физкультуру на второй и третьей неделе проводили в положении пациента стоя на полу. Пациенты получали лечение по предложенному протоколу три раза в неделю (перерыв между процедурами составлял 1–2 дня) в течение трех недель.

Оценку боли проводили согласно визуальной аналоговой шкале (ВАШ). Оценку качества жизни проводили при помощи опросника The Short Form-36 (SF-36). Функцию стопы оценивали с помощью шкалы клинической оценки заболеваний стопы и голеностопного АОФАС. Плантоскопию выполняли при помощи плантоскопа с монохромной подсветкой и сенсорным управлением (модель РР-1201, длина 45 см, ширина 42 см).

Оценку анатомической структуры стопы проводили при помощи подометрического индекса Фридланда. Оценку стабильности голеностопного сустава и стопы проводили при помощи модифицированного теста Y-Balance Test (YBT) для нижних конечностей. Все методы обследования проводили до лечения, после лечения и через три месяца после лечения.

Статистический анализ проводился с использованием программ SPSS и Excel для Windows.

Количественные показатели, имеющие нормальное распределение, описывались с помощью средних арифметических величин (М) и стандартных отклонений (SD), границ 95 % доверительного интервала (95 % ДИ). В случае отсутствия нормального распределения количественные данные описывались с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1–Q3). Категориальные данные описывались с указанием абсолютных значений и процентных долей. Сравнение двух групп по количественному показателю, имеющему нормальное распределение, при условии равенства дисперсий выполнялось с помощью *t*-критерия

Таблица 1

**Сопоставимость пациентов основной и контрольной групп по показателям боли и качества жизни**

Table 1

**Comparability of patients of the main and control groups in terms of pain and quality of life**

Показатель	Группа		p	
	основная, Me [Q1–Q3]	контрольная, Me [Q1–Q3]		
ВАШ	5,00 [4,00–7,00]	5,00 [4,00–6,00]	0,765	
АОФАС	72,00 [65,00–72,00]	72,00 [69,00–72,00]	0,305	
SF-36	PF	70,00 [55,00–75,00]	67,50 [55,00–80,00]	0,547
	RP	50,00 [25,00–75,00]	50,00 [50,00–50,00]	0,543
	BP	51,00 [17,00–72,00]	62,00 [41,00–75,00]	0,095
	GH	72,00 [65,00–72,00]	72,00 [69,00–72,00]	0,199
	VT	70,00 [47,50–75,00]	70,00 [52,50–80,00]	0,229
	SF	62,50 [37,50–68,75]	62,50 [46,88–65,62]	0,441
	RE	33,40 [0,00–66,70]	33,40 [33,40–66,70]	0,621
MH	56,00 [46,00–70,00]	64,00 [56,00–74,00]	0,127	

Таблица 2

**Сопоставимость пациентов основной и контрольной групп по показателям стабильности стопы и голеностопного сустава**

Table 2

**Comparability of patients of the main and control groups in terms of the foot and ankle stability**

Направление		Основная группа, M ± SD/Me [Q1–Q3]	Контрольная группа, M ± SD/Me [Q1–Q3]	p
Левая нога	Переднее направление (см)	69,00 [58,00–80,00]	76,00 [60,00–84,00]	0,172
	Задненаружное направление (см)	65,74 ± 10,20	69,17 ± 11,65	0,142
	Задневнутреннее направление (см)	60,23 ± 11,77	62,23 ± 9,41	0,372
Правая нога	Переднее направление (см)	69,00 [56,00–79,00]	74,00 [64,00–78,00]	0,756
	Задненаружное направление (см)	66,05 ± 9,71	69,98 ± 10,39	0,066
	Задневнутреннее направление	62,00 [52,00–67,00]	62,00 [55,00–71,00]	0,234

Стьюдента. Сравнение двух групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполнялось с помощью *U*-критерия Манна — Уитни.

### 3. Результаты исследования

При попарном сравнении основной и контрольной групп до лечения не было выявлено статистически значимых различий по полу ( $p = 1,000$ ), возрасту ( $p = 0,802$ ), длительности заболевания ( $p = 0,144$ ) и ИМТ ( $p = 0,278$ ). Также не обнаружено статистически значимой разницы в показателях боли и качества жизни пациентов обеих групп (табл. 1).

Аналогичным образом не отмечено статистической разницы по показателям стабильности стопы и голеностопного сустава (табл. 2).

В процессе анализа данных ВАШ обеих групп после лечения были установлены статистически значимые различия ( $p = 0,001$ ) в пользу основной группы. Через три месяца после лечения статистическая достоверность сохранилась,  $p < 0,001$  (рис. 1).

Согласно данным шкалы AOFAS, после лечения не удалось установить статистически значимых различий ( $p = 0,212$ ) между группами. Однако через три месяца нами были выявлены статистически значимые различия,  $p = 0,039$  (рис. 2).

Проведенный анализ индекса Фридланда показал, что после лечения и через три месяца после лечения не удалось выявить значимых различий ( $p = 0,179$  и  $p = 0,188$  соответственно).

При оценке пациентов обеих групп по всем субшкалам опросника SF-36 выявили, что статистически

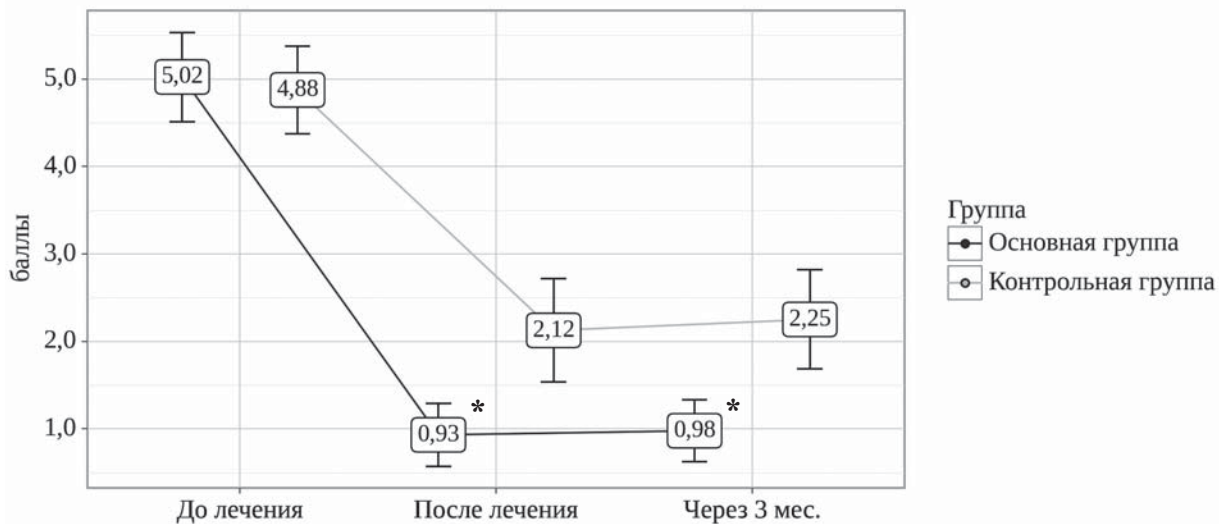


Рис. 1. Сравнительный анализ основной и контрольной групп по уровню боли согласно ВАШ (\* $p < 0,05$  по отношению к контрольной группе)

Fig. 1. Comparative analysis of the main and control groups in terms of pain level according to VAS (\* $p < 0.05$  in relation to the control group)

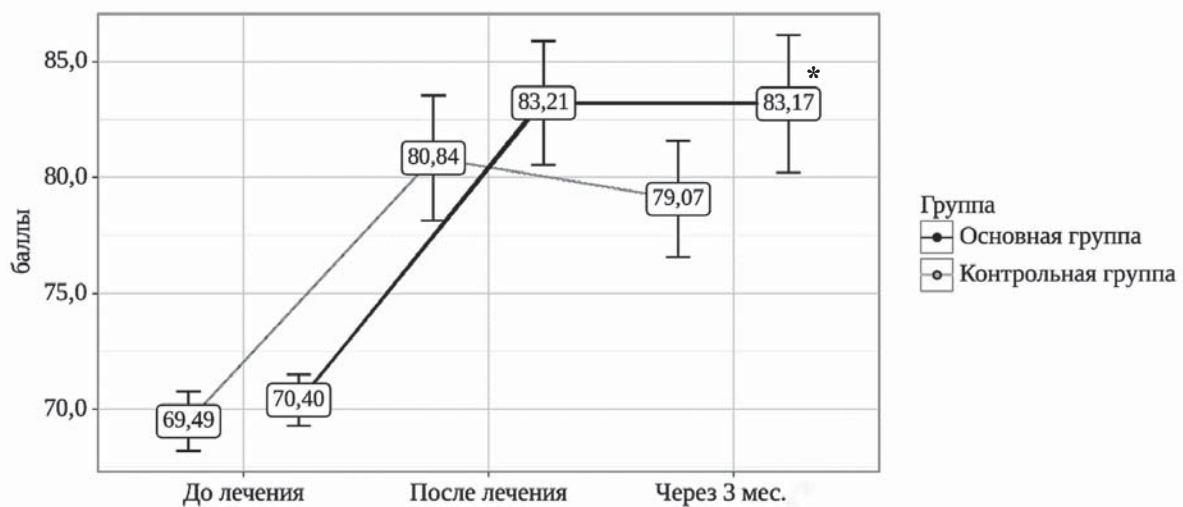


Рис. 2. Сравнительный анализ основной и контрольной групп согласно шкале AOFAS (\* $p < 0,05$  по отношению к контрольной группе)

Fig. 2. Comparative analysis of the main and control groups in terms of pain level according to AOFAS (\* $p < 0.05$  in relation to the control group)

Таблица 3

Сравнительный анализ основной и контрольной групп по качеству жизни согласно субшкалам опросника SF-36

Table 3

Comparative analysis of the main and control groups in terms of quality of life according to the subscales of the SF-36 questionnaire

SF-36	Группа		p
	основная, Ме [Q1-Q3]	контрольная, Ме [Q1-Q3]	
PF	80,00 [75,00–90,00]	80,00 [75,00–85,00]	< 0,001*
RP	75,00 [75,00–75,00]	75,00 [50,00–75,00]	< 0,001*
BP	84,00 [62,00–84,00]	62,00 [51,00–84,00]	< 0,001*
GH	92,00 [60,00–92,00]	60,00 [60,00–92,00]	< 0,001*
VT	85,50 [60,00–95,00]	75,00 [60,00–80,00]	< 0,001*
SF	75,00 [59,38–75,00]	62,50 [50,00–75,00]	< 0,001*
RE	66,70 [66,70–66,70]	66,70 [33,40–66,70]	< 0,001*
MH	76,00 [67,00–88,00]	68,00 [58,00–80,00]	< 0,001*

Примечание: \* — различия показателей статистически значимы ( $p < 0,05$ ).

Note: \* — differences in indicators are statistically significant ( $p < 0.05$ ).

Таблица 4

Сравнительный анализ основной и контрольной групп по стабильности стопы и голеностопного сустава

Table 4

Comparative analysis of the main and control groups on the foot and ankle stability

Направление		Основная группа, Ме	Контрольная группа, Ме	p
Левая нога	Переднее направление (см)	69,00	76,00	0,627
	Задненаружное направление (см)	65,00	69,00	0,142
	Задневнутреннее направление (см)	60,00	62,00	0,372
Правая нога	Переднее направление (см)	69,00	74,50	0,756
	Задненаружное направление (см)	66,00	63,00	0,046*
	Задневнутреннее направление	67,00	62,00	0,034*

Примечание: \* — различия показателей статистически значимы ( $p < 0,05$ ).

Note: \* — differences in indicators are statistically significant ( $p < 0.05$ ).

значимая разница была отмечена по всем показателям (табл. 3).

При сравнении данных теста YBT в обеих группах статистически значимая разница обнаружена при тестировании в задненаружном и в задневнутреннем направлении —  $p = 0,046$  и  $0,034$  соответственно (таблица 4).

#### 4. Выводы

Таким образом, применение лечебной физкультуры на медицинской виброплатформе способствует снижению уровня боли после лечения и через три месяца после лечения, улучшению качества жизни в отсроченной перспективе, а также увеличению стабильности стоп при тестировании с помощью Y-balance test в задненаружном и в задневнутреннем направлении.

Эффект вибрации в восстановительном лечении пациентов с травмами и заболеваниями опорно-двигательного аппарата был неоднократно отмечен ранее. Так, Sierra-Guzmán R. et al. (2017) показали, что тренировки на неустойчивой поверхности виброплатформы улучшают время реакции короткой и длинной малоберцовых мышц и передней большеберцовой мышц на физическую нагрузку [15]. Прирост мышечной силы при тренировке с помощью WBV отмечен в исследовании, где к WBT добавлялись упражнения с отягощениями или применялись динамические упражнения [16].

Таким образом, при лечении пациентов с ПФ целесообразным можно считать комбинацию из упражнений силового характера и вибрационных тренировок.

**Вклад авторов:**

**Джадаев Сергей Игоревич** — сбор и обработка материала, написание текста статьи, редактирование, утверждение финальной версии статьи.

**Джадаева Анна Вячеславовна** — сбор и обработка материала, написание текста статьи.

**Иванов Виктор Вячеславович** — статистический анализ.

**Коврижных Максим Владимирович** — сбор и обработка материала.

**Алиев Даниил Теймурович** — сбор и обработка материала.

**Апрышко Ольга Эдуардовна** — сбор и обработка материала.

**Список литературы / References**

1. Alam M.M., Khan A.A., Farooq M. Effect of whole-body vibration on neuromuscular performance: A literature review. *Work*. 2018;59(4):571–583. <https://doi.org/10.3233/wor-182699>
2. Bidonde J., Busch A.J., van der Spuy I., Tupper S., Kim S.Y., Boden C. Whole body vibration exercise training for fibromyalgia. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2017;9(9):CD011755. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD011755.pub2>
3. Bruyere O., Wuidart M.-A., Di Palma E., Gourlay M., Ethgen O., Richey F., Reginster J.-Y. Controlled whole body vibration to decrease fall risk and improve health-related quality of life of nursing home residents. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2005;86(2):303–307. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2004.05.019>
4. Buehler R., Simpkins C., Yang F. Effects of vibration training on quality of life in older adults: a preliminary systematic review and meta-analysis. *Qual. Life Res.* 2022;31(11):3109–3122. <https://doi.org/10.1007/s11136-022-03135-w>
5. Furness T.P., Maschette W.E. Influence of whole body vibration platform frequency on neuromuscular performance of community-dwelling older adults. *J. Strength Cond. Res.* 2009;23(5):1508–1513. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181a4e8f9>
6. Kim J.S., Hwang U.J., Choi M.Y., Kong D.H., Chung K.S., Ha J.K., Kwon O.Y. Correlation Between Y-Balance Test and Balance, Functional Performance, and Outcome Measures in Patients Following ACL Reconstruction. *Int. J. Sports Phys. Ther.* 2022;7(2):193–200. <https://doi.org/10.26603/001c.31873>
7. López-López D., Pérez-Ríos M., Ruano-Ravina A., Losa-Iglesias M.E., Becerro-de-Bengoa-Vallejo R., Romero-Morales C., et al. Impact of quality of life related to foot problems: A case-control study. *Sci. Rep.* 2021;11(1):14515. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93902-5>
8. Romero-Moraleda B., Gonzalez-Garcia J., Cuellar-Rayó A., Balsalobre-Fernández C., Muñoz-García D., Morencos E. Effects of Vibration and Non-Vibration Foam Rolling on Recovery after Exercise with Induced Muscle Damage. *J. Sports Sci. Med.* 2019;18(1):172–180.

**Информация об авторах:**

**Джадаев Сергей Игоревич\***, врач — травматолог-ортопед ГАУЗ Московской области «Химкинская областная больница», 141400, Россия, Химки, Куркинское шоссе, 11 ([seregин\\_yaschik@mail.ru](mailto:seregин_yaschik@mail.ru))

**Джадаева Анна Вячеславовна**, врач-дерматовенеролог филиала «Зеленоградский» ГБУЗ «Московский научно-практический Центр дерматовенерологии и косметологии Департамента здравоохранения города Москвы», 124575, Россия, Зеленоград, к. 910

**Иванов Виктор Вячеславович**, к.м.н., доцент кафедры травматологии, ортопедии и экстремальной хирургии им. академика РАН А.Ф. Краснова ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России 443079, Россия, Самара, пр. Карла Маркса, 1656 ([Viktor\\_travm@bk.ru](mailto:Viktor_travm@bk.ru))

**Коврижных Максим Владимирович**, к.м.н., заведующий отделением неотложной травматологии и ортопедии ГБУЗ «Городская поликлиника № 68 Департамента здравоохранения города Москвы», 119180, Россия, Москва, ул. Малая Якиманка, д. 22, стр. 1 ([maximuskovr@mail.ru](mailto:maximuskovr@mail.ru))

**Authors' contributions:**

**Sergey I. Dzhadayev** — collection and processing of the material, article text writing, editing, final approval of the manuscript.

**Anna V. Dzhadayeva** — collection and processing of the material, article text writing.

**Viktor V. Ivanov** — statistical analysis.

**Maxim V. Kovrizhnyh** — collection and processing of the material.

**Daniil T. Aliev** — collection and processing of the material.

**Olga E. Aprishko** — collection and processing of the material.

9. Siriphorn A., Eksakulkla S. Calf stretching and plantar fascia-specific stretching for plantar fasciitis: A systematic review and meta-analysis. *J. Bodyw. Mov. Ther.* 2020;24(4):222–232. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2020.06.013>
10. Tohidast S.A., Bagheri R., Safavi-Farokhi Z., Hashemian M.K., Delkosh C.T. The Effects of Acute and Long-Term Whole-Body Vibration Training on the Postural Control During Cognitive Task in Patients With Chronic Ankle Instability. *J. Sport Rehabil.* 2021;30(8):1121–1128. <https://doi.org/10.1123/jsr.2021-0034>
11. Wang Z., Zhang X., Sun M. The application of whole-body vibration training in knee osteoarthritis. *Joint Bone Spine.* 2022;89(2):105276. <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2021.105276>
12. Young S., Wallmann H.W., Quiambao K.L., Grimes B.M. The Effects of Whole Body Vibration on the Limits of Stability in Adults With Subacute Ankle Injury. *Int. J. Sports Phys. Ther.* 2021;16(3):749–755. <https://doi.org/10.26603/001c.24250>
13. Zhang J., Wang R., Zheng Y., Xu J., Wu Y., Wang X. Effect of Whole-Body Vibration Training on Muscle Activation for Individuals with Knee Osteoarthritis. *Biomed. Res. Int.* 2021;2021:6671390. <https://doi.org/10.1155/2021/6671390>
14. Zhang M., Wei J., Wu X. Effects of whole-body vibration training on lower limb motor function and neural plasticity in patients with stroke: protocol for a randomised controlled clinical trial. *BMJ Open.* 2022;12(6):e060796. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-060796>
15. Sierra-Guzmán R., Jiménez J., Ramírez C., Esteban P., Abián-Vicén J. Effects of synchronous whole body vibration training on a soft, unstable surface in athletes with chronic ankle instability. *Int. J. Sports Med.* 2017;38(06):447–455. <https://doi.org/10.1055/s-0043-102571>
16. Stania M., Krol P., Sobota G., Polak A., Bacik B., Juhas G. The effect of the training with the different combinations of frequency and peak-to-peak vibration displacement of whole-body vibration on the strength of knee flexors and extensors. *Biol. Sport.* 2017;34(2):127–136. <https://doi.org/10.5114/biol-sport.2017.64586>

**Алиев Даниил Теймурович**, студент ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И. М. Сеченова» Минздрава России, 119991, Россия, Москва, ул. Трубецкая, д. 8

**Апрышко Ольга Эдуардовна**, студент ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И. М. Сеченова» Минздрава России, 119991, Россия, Москва, ул. Трубецкая, д. 8

**Information about the authors:**

**Sergey I. Dzhadayev\***, traumatologist-orthopedist of the Khimki Regional Hospital, 11 Kurkinskoye highway, Khimki, 141400, Russia (seregin\_yaschik@mail.ru)

**Anna V. Dzhadayeva**, dermatovenereologist of the Moscow Center for Dermatovenereology and Cosmetology, Zelenogradsky Branch, bld. 910 Zelenograd, 124575, Russia

**Viktor V. Ivanov**, Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Extreme Surgery named after Academician of the Russian Academy of Sciences A.F. Krasnov, Samara State Medical University, 165B Karla Marksa str., Samara, 443079, Russia (Viktor\_travm@bk.ru)

**Maxim V. Kovrizhnyh**, Ph.D. (Medicine), Head of the Department of Emergency Traumatology and Orthopedics of the City Polyclinic № 68, 22 bld. 1, Malaya Yakimanka str., Moscow, 119180, Russia (maximuskovr@mail.ru)

**Daniil T. Aliev**, Student of the I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 8, Trubetskaya str., Moscow, 119991, Russia

**Olga E. Aprishko**, Student of the I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 8, Trubetskaya str., Moscow, 119991, Russia

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.2.6>

УДК: 796.357.2

Тип статьи: Обзорная статья / Review



## A Systematic Review: Significance of Plyometric Training on Functional Performance and Bone Mineral Density in Basketball Players of Different Age Groups

Ahamed T. Anversha<sup>1,2,\*</sup>, Vinodhkumar Ramalingam<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Saveetha Institute of Medical and Technical Sciences, Tamil Nadu, India

<sup>2</sup>Sri Ramakrishna Institute of Paramedical Sciences, Coimbatore, India

### ABSTRACT

**Aim:** Basketball necessitates a holistic approach to player development, encompassing both skill and physicality, with a critical emphasis on understanding these requirements due to its complex tactics. Plyometric training's potential in sport performance lacks comprehensive research. This systematic review, guided by PRISMA guidelines, aims to analyse diverse range of literature concerning healthy athletes, investigating its significance on functional performance and bone mineral density in basketball players of different age groups (pre-teen, adolescent, and young adult).

**Methods:** The study conducted electronic searches in databases like PubMed, ScienceDirect, and ResearchGate, supplemented with manual reference searches, covering the period from 2013 to June 2023. Initially, 783 items were identified. Inclusion criteria involved English-language publications focusing on basketball players aged 8 to 28 years, assessing plyometric training's effect on functional performance with quantitative measurements. Screening began with titles and abstracts, followed by full-text evaluation to ensure eligibility.

**Results:** A database search yielded 26 peer-reviewed articles, primarily randomized controlled trials, showing significant functional improvements through plyometric training (4-36 weeks, 2-3 times weekly). Assessments covered explosive leg power, agility, sprinting, muscle strength, and bone density. Male participants dominated, but female and mixed-gender groups were included. Results consistently highlighted plyometric training's positive impact with statistical significance.

**Conclusion:** This review provides evidence that plyometric training improves agility, sprinting ability, leg power, basketball skills as well as BMD across different age groups of players. It establishes plyometrics as effective for boosting on-court performance. Integrating plyometric training holds great promise in advancing athlete success in basketball.

**Keywords:** basketball, plyometric training, leg power, jumping, sprint, agility, muscle strength, bone mineral density, performance

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

**For citation:** Anversha A.T., Ramalingam V. A Systematic Review: Significance of Plyometric Training on Functional Performance and Bone Mineral Density in Basketball Players of Different Age Groups // *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2023;13(2):62–76. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.2.6>

**Received:** 16 August 2023

**Accepted:** 21 September 2023

**Online first:** 16 October 2023

**Published:** 21 November 2023

\*Corresponding author



# Систематический обзор: Значимость плиометрических тренировок для функциональных показателей и минеральной плотности костной ткани у баскетболистов разных возрастных групп

А. Т. Анверша<sup>1,2,\*</sup>, В. Рамалингам<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт медицинских и технических наук Савита, Тамил Наду, Индия

<sup>2</sup> Институт парамедицинских наук Шри Рамакришны, Коимбатор, Индия

## РЕЗЮМЕ

**Цель:** Баскетбол требует всестороннего подхода к развитию игрока, включающего в себя навыки, физическую подготовку. Потенциал плиометрических тренировок для повышения спортивной результативности изучен недостаточно. Этот систематический обзор, проводимый в соответствии с рекомендациями PRISMA, анализирует разнообразные литературные источники, включающие здоровых спортсменов. Обзор исследует роль плиометрики для функциональных показателей и минеральной плотности костей у баскетболистов разных возрастных групп.

**Методы:** Был произведен поиск в электронных базах данных PubMed, ScienceDirect и ResearchGate в период с 2013 года по июнь 2023 года. Изначально было выявлено 783 публикации. В исследование включались публикации на английском языке, фокусирующиеся на баскетболистах в возрасте от 8 до 28 лет и оценивающие влияние плиометрической тренировки на функциональные показатели с использованием количественных измерений. Сначала проводилась проверка по названиям и аннотациям, а затем был проведен анализ полных текстов статей для определения соответствия критериям включения.

**Результаты:** По результатам поиска в базе данных было найдено 26 публикаций, в основном рандомизированных контролируемых исследований, демонстрирующих значительные улучшения функциональных показателей при использовании плиометрических тренировок (4–36 недель, 2–3 раза в неделю). Оценивались взрывная сила ног, ловкость, спринтерская способность, мышечная сила и плотность костей. В исследованиях в основном изучались мужчины, но имелись исследования только среди женщин и без разделения по половому признаку. Результаты продемонстрировали статистически значимое положительное влияние плиометрических тренировок на все изучаемые показатели.

**Заключение:** Плиометрические тренировки улучшают ловкость, спринтерскую способность, силу ног, навыки баскетбола, а также плотность минералов в костях у игроков разных возрастных групп. Интеграция плиометрических тренировок эффективна для повышения спортивной результативности в баскетболе.

**Ключевые слова:** баскетбол, плиометрическая тренировка, сила ног, прыжки, спринт, ловкость, мышечная сила, минеральная плотность костей, результативность

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

**Для цитирования:** Анверша А.Т., Рамалингам В. Систематический обзор: Значимость плиометрических тренировок для функциональных показателей и минеральной плотности костной ткани у баскетболистов разных возрастных групп // Спортивная медицина: наука и практика. 2023;13(2):62–76. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.2.6>

Поступила в редакцию: 16.08.2023

Принята к публикации: 21.09.2023

Online first: 16.10.2023

Опубликована: 21.11.2023

\* Автор, ответственный за переписку

## 1. Introduction

Sports encompass physical activities that are engaged in for leisure or competition, aiming to enhance and maintain an individual's physical fitness and overall well-being. The participation in sports is steadily increasing worldwide, transcending age barriers, as it fosters a positive self-perception, encourages a healthy lifestyle, and cultivates stronger social connections within society [1]. Sports policies and frameworks play a pivotal role in determining the success of a nation's sporting endeavours on the global stage. The medal tally in prestigious international events such as the Olympics serves as a testament to an individual's achievements, cultural diversity, and a nation's strength. The accomplishments of athletes hinge on their personal or collective performances, strategic approaches, and the allocation of resources dedicated to their respective sports. Beyond personal achievements, sports possess the potential to generate

substantial socio-economic benefits for a nation and its populace. Furthermore, sports assume a crucial responsibility in promoting physical fitness and fostering a healthy lifestyle. Consequently, there is a growing demand for enhanced sports facilities and comprehensive programs. However, a noticeable trend in recent times is the increasing involvement of youth in sports, characterized by early specialization and year-round training. This trend has correspondingly resulted in an upsurge of sports-related injuries among junior athletes [2].

Basketball is a globally revered team sport that demands both effective aerobic recovery from high-intensity activities and robust anaerobic capacity. It encompasses a wide range of techniques and skill-based forceful movements, such as sprints, jumps, and the ability to swiftly change directions during gameplay. In a competitive environment, players strive to showcase their skills and perform assertively. However, the

success rate of players relies significantly on their individual skill level and physical strength. Given the intricate movements involved, there is a risk of physical injuries, influenced by factors such as age, training level, and physical fitness of the players. These demands necessitate improved functional performance, which can be achieved through a combination of regular, intense training sessions focused on skill development and a well-designed conditioning program.

#### A. Functional Performance Indicators and BMD

Developing junior basketball athletes poses a significant challenge in enhancing their physiological, physical, practical, and strategic competences. To effectively improve these capabilities, training must align with the specific requirements of competitive play. The physical and physiological demands of basketball are influenced by factors such as player tactics, the strength and style of the opposition, and the level of competition. It is essential to accurately assess the impact of these demands on junior athletes and develop optimal training programs to foster their long-term development as athletes. However, the availability of research on the physiological and physical demands specific to basketball sports is limited, and there is a scarcity of studies investigating key performance indicators in junior basketball competitions.

When comparing basketball with sports like handball and volleyball, it becomes evident that basketball necessitates the highest proportion of high intensity running to sprinting. Furthermore, basketball involves the most frequent occurrence of lateral movements, with players engaging in up to 450 lateral movements per game. Additionally, basketball players are required to execute a substantial number of jumps during each match, ranging from 42 to 56 jumps [3]. Usually, heavy static resistance strength training has been widely advocated in sports-related fitness to improve functional performance and prevent injuries. However, it is essential to recognize that this approach may not be universally applicable to all sports. In the context of basketball, specific aspects play a pivotal role in determining functional performance, such as increased muscle strength, explosive leg power, sprinting capabilities, and agility, as well as bone mineral density using Dual-energy X-ray absorptiometry scans. Within the realm of basketball sports, the development of explosive power in the legs holds paramount importance. Vertical jumping, a fundamental element of explosive performance, significantly influences the execution of various skills. Notably, jumping entails a complex coordination of multiple joints and requires the generation of significant force and power output. Enhancing degree of coordination and skill proficiency in executing movements, as well as optimizing the utilization of the stretch-shortening cycle within the muscles, are essential elements influencing vertical jump performance [4].

Agility holds significant importance as a key component of fitness in basketball sports. It encompasses the ability to initiate rapid acceleration, efficiently decelerate and stabilize, and swiftly change direction while maintaining optimal posture [5]. Agility demands excellent neuromuscular efficiency,

enabling athletes to effectively control their centre of gravity over their base of support when executing directional changes at varying speeds. Additionally, sprint running plays a varying but significant role in achieving success in basketball sports contributing to various aspects of performance such as fast breaks, transition offense, defensive transitions, rebounding, court coverage, penetration and driving to the basket. Developing sprinting technique, speed, and acceleration is crucial for basketball players, and it can be achieved through targeted training drills and exercises. Integrating sprinting into their comprehensive conditioning program holds the potential to significantly enhance their overall performance on the basketball court [6].

Bone mineral density (BMD) holds utmost importance in the well-being and performance of basketball players [7]. The nature of basketball, with its high-impact movements like jumping and landing, subjects the skeletal system to substantial stress. Therefore, ensuring optimal BMD is crucial for minimizing the likelihood of stress fractures and other bone-related injuries. Regular participation in basketball, especially during the growing years, can have a positive impact on bone health and development. The repetitive loading and impact forces experienced during basketball activities stimulate bone remodelling, leading to increased bone mineral content and density. However, it is important to note that factors such as nutritional status, hormonal balance, and training load can influence BMD in basketball players. Monitoring BMD through periodic assessments, such as dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) scans, can provide valuable information about an athlete's bone health [8]. These assessments can help identify any deficiencies or potential risks and guide interventions to optimize bone health.

#### B. Plyometric Training

Plyometric training, also known as “jump training” or “plyos,” is a highly regarded and widely adopted method of training in dynamic sports. It involves executing exercises that demand muscles to generate maximal force within short time intervals [9]. The primary goal of plyometric exercises, such as jumping, hopping, skipping, and bounding, is to enhance dynamic muscular performance. Extensive research has demonstrated the effectiveness and safety of plyometric training in improving physical performance, particularly in young basketball players. Moreover, the versatility and practicality of plyometric exercises allow for easy integration into regular training routines [10].

Plyometric Training (PT) is an effective method for developing explosive strength and enhancing body power. This training approach involves exercises that facilitate quick and forceful movements, characterized by explosive concentric muscle contractions preceded by eccentric muscle actions [11]. Plyometric exercises evoke the elastic properties of muscle fibers and connective tissues, allowing for the storage and release of energy during the deceleration and acceleration phases. By incorporating plyometric drills that involve explosive changes in direction, rapid starts and stops, athletes

can develop key components such as agility [5]. Improving sprinting performance encompasses various training methodologies, and plyometric training is a commonly employed technique. Alongside sprint drills, over-speed training, resistance sprinting, and weight training, plyometric training plays a significant role [12].

Research has indicated that Plyometric training can have positive effects on bone mass, resulting in relative gains ranging from 1 % to 8 %. Notably, jump training programs implemented in school have demonstrated an increase in bone mass among children, along with improvements in bone structure and strength. Furthermore, plyometric training in junior athletes has shown a long-term impact that surpasses the effects of typical growth and development [6]. More recent findings suggest that when appropriate training guidelines are followed, plyometric training can also be safe and effective for adolescents [4].

## 2. Literature review

### A. Objective

This systematic review adhered to the guidelines outlined in the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) statement [13], ensuring the appropriate conduct and transparent reporting of the study refer Figure1. It is important to note that no review protocol was registered for this review since it exclusively focused on healthy athletes of varying age groups. This review answers the research question, “Does plyometric training intervention have any impact on functional performance and bone

mineral density in Basketball players of different age groups?”. This paper surveys into the profound impact of plyometric training on various aspects crucial to basketball sports. Specifically, it studies the effects of plyometric training on improving agility, sprint performance, vertical jump, explosive leg power, muscle strength, and bone mineral density of athletes within the competitive basketball environment. By examining a wide range of relevant factors, this review paper sheds light on the multifaceted benefits of plyometric training and its potential to significantly enhance athletic performance in basketball.

### B. Data Source and Search Criteria

This study involved an electronic data source search, encompassing the National Library of Medicine (NLM) — PubMed, Elsevier — ScienceDirect, ResearchGate databases and other journal websites. The search spanned a period of the past 10 years, starting from 2013 up to June 2023, to retrieve relevant studies. The search focused on English-language, peer-reviewed randomized controlled trials (or) clinical trials research that used the following terms either individually or in combination: “plyometric training,” “plyometrics,” “basketball,” “sports,” “junior,” “adolescents,” “athletes,” “jump training,” “functional performance,” “bone mineral density,” “agility,” “muscle strength,” and “sprint.” The following exclusion criteria were applied: Participants whose characteristics did not align with the search parameters of selected databases, Data extracted from theses or non-English articles and Data obtained from chapters within books.

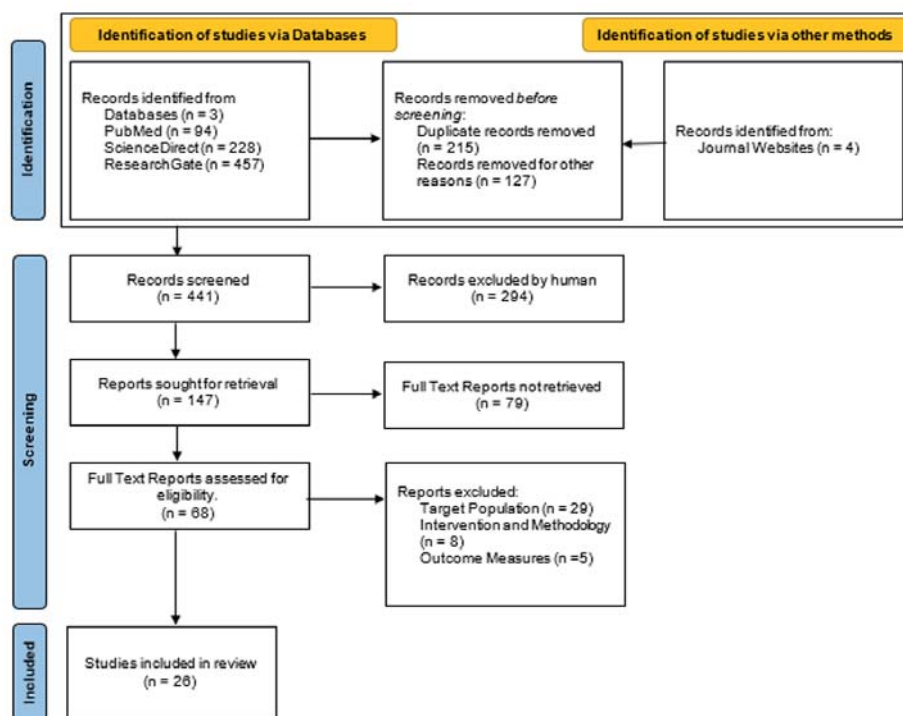


Fig.1. PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) Flow Diagram for identifying and including articles for systematic review

Рисунок 1. PRISMA (Предпочитаемые элементы отчетности для систематических обзоров и метаанализов) Блок-схема выявления и включения статей для систематического обзора

### A. Data Retrieval

The analysis covered a diverse array of characteristics, including participant characteristics/demographics, gender, performance level, the nature of interventions, outcome measures, statistical analysis technique, results, and study inference.

### B. Study articles profile

A systematic assessment of study methods in accordance with PRISMA resulted in the selection of 26 original-research peer-reviewed articles. Each of these works underwent careful analysis to evaluate the actual effects (expressed as relative effect %) of Plyometric Training (PT) either independently or when combined with strength/other technique training on different age group (pre-teen to young adult) basketball players functional performance using clinical trials (or) randomized controlled trials, wherein they compared the impact of plyometric training interventions with a control group.

Table 1 presents a compilation of research articles related to basketball player with plyometric training interventions. This compilation encompasses studies conducted over a significant period, ranging from 2013 to 2023. The articles cover a broad spectrum of sample sizes, with participant groups varying in numbers from 10 to 200 individuals. Likewise, the different age groups involved in these studies span a wide range from 8 to 28 years (pre-teen, adolescent, young adult), making the research findings relevant to a diverse set of basketball players. Among the different intervention types explored in these studies, plyometric training emerges as the most prevalent approach.

Researchers have extensively examined the impact of plyometric exercises on basketball players, suggesting its significance as a training modality for this sport. Additionally, the trial designs employed to evaluate these interventions primarily favoured randomized controlled trials, highlighting the rigorous methodology used in the research. Training durations varied between 4 and 36 weeks, 6 weeks duration was mostly used with a common frequency of 2 (or) 3 days per week. Regarding participant demographics, male participants predominated, however, it is essential to acknowledge that research on female participants and mixed-gender groups is also present, contributing to a more comprehensive understanding of training interventions across various populations. The table provides valuable insights into diverse plyometric training approaches and their study on basketball players of various age groups and skill levels.

### C. Methods to minimize bias assessment

To ensure the integrity of research in plyometric training studies with basketball players, it is imperative to address potential systematic errors or bias. This can be achieved through rigorous measures such as randomization and blinding during participant assignment, the inclusion of control groups for accurate baseline comparisons, and the use of adequate sample sizes and baseline measurements to maintain statistical validity. Standardization of training protocols

and outcome measures across studies is essential for drawing meaningful conclusions, and thorough statistical analyses are necessary for bias detection and correction. In addition, the inclusion of a diverse range of participants enhances the generalizability of findings, and transparent reporting of methods and results is paramount.

### D. Functional Performance and Outcome Measures

Within the realm of basketball sports, the effects of PT on players were categorized into following outcome measures extracted from the study: jumping performance indicating explosive leg power, agility, sprinting, flexibility and stability using physical/muscle strength as well as bone mineral density measure using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) scans.

#### i. Explosive Leg Power — Jumping

The outcome measures mentioned in Table 2. are various tests used to assess different aspects of an individual's jumping ability, and explosive leg power capabilities, helping to evaluate athletic performance, track progress, and identify areas for improvement.

#### ii. Change of Direction — Agility

The outcome measures summarized in Table 3. are commonly used agility tests in sports performance assessments, rehabilitation, and research to evaluate an individual's ability to change direction quickly, react to stimuli, and maintain balance during dynamic movements. They provide valuable insights into an individual's agility and athletic performance, helping to identify strengths and areas for improvement in multidirectional movement and overall athletic ability.

#### iii. Speed/Running — Sprinting

The outcome measures in Table 4. are speed-related tests commonly used in sports performance assessments, talent identification, and training programs to evaluate an individual's sprinting abilities, acceleration, and overall speed performance in different contexts and distances.

#### iv. Physical/Muscle Strength — Flexibility and Stability

These outcome measures summarized in Table 5. are commonly used in fitness assessments, sports performance evaluations, and clinical settings to gain insights into an individual's physical abilities, health, and performance levels. Each test provides valuable information about specific aspects of fitness and function, allowing professionals to tailor exercise programs or interventions to meet individual needs.

#### v. Bone Mineral Density

Dual-Energy X-ray Absorptiometry (DXA) is widely considered a reliable and accurate method for assessing bone health and body. It is a medical imaging technique used to assess body composition, particularly bone mineral density (BMD), lean mass, and fat mass. The scan provides

Table 1

Study Articles Profile Summary

Таблица 1

Статьи, включенные в систематический обзор

Article Profile	Category	No. of Articles
Publication Year	2013 [14]	1
	2014 [15, 16]	2
	2015 [17, 18]	2
	2016 [19]	1
	2017 [20, 21]	2
	2018 [22, 23]	2
	2019 [24, 25, 26]	3
	2020 [27, 28]	2
	2021 [29, 30, 31]	3
	2022 [32, 33, 34, 35, 36]	5
	2023 [37, 38, 39]	3
Sample Size Range	10–20 [14, 17, 18, 19, 23, 24, 27, 30, 37]	9
	21–30 [20, 22, 25, 29, 32, 33, 36, 39]	8
	31–40 [15, 26, 28, 31, 34, 35]	6
	51–200 [16, 21, 38]	3
Age Range	Pre-teen ~8–12 Years [16, 21, 23]	3
	Adolescent/Young ~13–19 Years [15, 17, 18, 19, 20, 24–31, 34, 35, 37, 39]	17
	Young Adult ~20–28 Years [14, 22, 32, 36, 39]	6
Type of Population — Development Level	Prepubertal basketball players [16, 21, 23]	3
	Young/Adolescent/High-School basketball players [15, 18–20, 24–28, 31, 32, 34–36, 39]	17
	University/Collegiate basketball players [17, 29, 33]	3
	Elite/Professional basketball players [14, 22, 30]	3
Intervention Training Type	Plyometric* [14–20, 23–30, 32, 34–38]	22
	Plyometric* + Isometric [21]	1
	Plyometric* + Strength + Change of Direction [31]	1
	Plyometric* + Whole-body Vibration [33]	1
	High Intensity [39]	1
Intervention Trial Type	Single Arm Clinical Trial [14, 37]	2
	Parallel Group Clinical Trial [20]	1
	Randomized Controlled Trial [15–19, 21–32, 34–36, 39]	22
	Randomized Crossover Trial [33]	1
Intervention Training Period	4 Weeks [17, 24, 27, 29, 30]	5
	6 Weeks [14, 15, 18, 19, 28, 32, 34, 36]	9
	7 Weeks [23, 31]	2
	8 Weeks [37, 39]	2
	9 Weeks [16]	1
	10 Weeks [21, 26]	2
	12 Weeks [25, 35, 38]	3
	36 Weeks [20]	1
Period not specified [33]	1	
Intervention Training Fre- quency	2 days per Week [15–19, 21–24, 26, 27, 29, 31]	13
	3 days per Week [28, 30, 32, 34, 36, 37, 38, 39]	8
	5 days per Week [14, 25, 35]	3
	Frequency not specified [20, 33]	2
Gender	Male [14, 16–18, 20–27, 30–33, 35, 36, 37, 38]	20
	Female [15, 19]	2
	Male and Female [28, 29, 34, 37]	4

Note: \*Plyometric with regular basketball training.

Примечание: \*Плиометрия при регулярных тренировках по баскетболу.

Table 2

**Explosive Leg Power — Jumping Performance Outcome Measures**

Таблица 2

**Взрывная сила ног — показатели результатов прыжка**

Outcome Measure	Description
Counter Movement Jump Test (CMJT) [14–16, 19, 21, 23, 28, 31, 33, 37]	Vertical jump height and lower body power with preliminary movement
Two Step Run Up Jump Test (TRJT) [14]	Vertical jump performance with short run-up for power generation
Squat/Vertical Jump Test (SJT) [15–17, 21, 27, 28, 35, 36, 38]	Vertical jump and Lower body explosive power from static squatting position
Drop Jump Test (DJT) [21, 23]	Reactive strength and neuromuscular control by jumping after stepping off a platform
Standing Long Jump/Stead Jump (SLJT) [19, 21, 25, 27, 38]	Horizontal jumping ability and lower body power from a stationary position
High Jump Test (HJT) [25]	Vertical jumping ability and clearance height with a running jump
Single Leg Triple Hop Test (SLTHT) [29, 38]	Single-leg power and symmetry by horizontal jumping on one leg
Approach Jump Test (AJT) [27]	Jumping performance with an approach for increased momentum
Abalakov jump (ABKJT) [31]	Evaluating jump height, distance, technique efficiency, difficulty level, and progress over time in ice climbing
Jump from Place to Length Test (JPLT) [24]	Explosive power and distance covered by horizontal jumping
Jump from place to Height Test (JPHT) [24]	Explosive power and distance covered by vertical jumping
High Jump with One Foot Test (HJOFT) [24]	Vertical jumping ability and clearance height with single-foot take-off using a running approach

Table 3

**Change of Direction — Agility Performance Outcome Measures**

Таблица 3

**Изменение направления — показатели эффективности гибкости**

Outcome Measure	Description
Agility — "T" Drill Test (ATT) [14, 16, 21–25, 27, 33, 36, 37]	Rapid changes of direction and quick movements in a "T" pattern
Hexagonal Obstacle Test (HOT) [14]	Navigating through a hexagonal pattern of obstacles
Illinois Agility Test (IAT) [24, 27, 30, 34]	Quick changes of direction through a specific course
Reactive Agility Test (RAT) [29]	Reacting to visual or auditory cues to change direction quickly
Lateral Hop Test (LHT) [19]	Hopping side-to-side over an obstacle or line
Lateral Shuffle Test (LST) [19]	Shuffling sideways as quickly as possible
Star Excursion Balance Test (SEBT) [18]	Reaching in multiple directions from a single-leg stance
Zigzag Barrow Test (ZBT) [22]	Running in a zigzag pattern while pushing a barrow/sled, assessing agility, speed and lateral movements
10 m Zig-Zag Test (ZT) [31]	Change of Direction in a zigzag pattern over a 10-meter distance, testing agility and speed

Table 4

**Speed/Running — Sprinting Performance Outcome Measures**

Таблица 4

**Скорость/бег — показатели результативности спринта**

Outcome Measure	Description
Shuttle Run Test (SRT) [36]	Back-and-forth running between two points, testing speed and agility with changes of direction
5/10/15/20/30/80/100-Meter Sprint Test (MST) [16, 17, 21, 23–27, 30–34, 37, 38]	Sprinting as fast as possible over a 5/10/20/30/80/100-meter distance from a stationary start testing acceleration and top-end speed

Table 5

**Physical/Muscle Strength — Flexibility and Stability Outcome Measures**

Таблица 5

**Физическая/мышечная сила — показатели гибкости и стабильности**

Outcome Measure	Description
Push-Up Test (PUT) [24, 27]	Assesses upper body strength and endurance. Participants perform as many push-ups as they can with proper form, and the number of completed push-ups is recorded
Abdominal Muscle Test (AMT) [24, 25, 27]	Evaluates the strength and endurance of the abdominal muscles. Participants typically perform a set number of abdominal crunches or sit-ups, and the number of completed repetitions is recorded
Medicine Ball Throw Distance Test (MBDT) [24, 25, 27]	Measures upper body power. Participants throw a medicine ball as far as they can, and the distance achieved is measured
Sit and Reach Flexibility Test (SRFT) [24, 25, 27, 31, 32, 36]	Assesses the flexibility of the lower back and hamstrings. Participants sit with their legs extended and reach forward as far as they can. Distance reached is recorded
Balance Error Scoring System (BESS) [29]	Evaluates static balance. Participants perform various stances on a firm or foam surface, and errors in maintaining balance are scored
SpO2 Test [32]	Measures blood oxygen saturation levels (SpO2). Usually performed with a pulse oximeter by clipping it onto a finger
Anaerobic Power Test (APT) [32]	Assesses anaerobic power and capacity. Involves short, intense bursts of activity like cycling or running to measure peak power output
Flamingo Balance Test (FBT) [36]	Assessing balance and stability by measuring the duration of one-legged stance.
Isokinetic Muscle Strength Test (IMST) [35]	Measures muscle strength and endurance at a constant velocity. Participants perform exercises on specialized machines that control the speed of movement, and the peak torque generated by the muscles is recorded

Table 6

**Summary Mapping of Article Study — Functional Performance Indicators and BMD**

Таблица 6

**Сводная карта исследования статьи — показатели функциональной эффективности и BMD**

S.No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
Article Ref.No.	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39		
<b>F U N C T I O N A L P E R F O R M A N C E I N D I C A T O R S</b>	<b>Explosive Leg Power - Jumping</b>	yes	yes	yes	yes		yes		yes		yes	yes	yes		yes	yes	yes		yes		yes		yes	yes	yes	yes	yes	H i g h T r a n s i t i v e n e s s
	<b>Change of Direction - Agility</b>	yes			yes	yes	yes		yes	yes	yes	yes		yes		yes	yes	yes		yes	yes		yes	yes				I n i t i a l s i t y
	<b>Speed/Running Power - Sprinting</b>			yes	yes				yes		yes	yes	yes	yes			yes	yes	yes	yes	yes	yes		yes	yes	yes		
	<b>Physical/Muscle Strength - Flexibility and Stability</b>											yes	yes		yes		yes		yes	yes			yes	yes				
<b>Bone Mineral Density (BMD)</b>			yes				yes																				yes	

information about bone mineral density (BMD), which is crucial for diagnosing osteoporosis and assessing fracture or injury risk. DXA scans are commonly used to diagnose osteoporosis and monitor changes in body composition over time. [16, 20, 39] It is often used in clinical settings, research studies, and sports performance evaluations to gain insights into the overall health and physical characteristics of individuals.

The Table 6 summarizes the plyometric training used to evaluate different aspects of physical fitness in basketball players including explosive power, agility, speed, strength, flexibility, stability, and bone health extracted from study articles.

The table reveals that 18 articles [14–17, 19, 21, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 31, 33, 35, 36, 37] conducted exercises to assess explosive leg power, 17 articles [14, 17–19, 21–25, 30–34, 36, 37] focused on evaluating change of direction agility, 16 articles [16, 17, 21, 23–27, 30–34, 36–38] included exercises that measured speed and running power, 8 articles [24, 25, 27, 29, 31, 32, 35, 36] conducted test specific to evaluate physical/muscle strength, flexibility, and stability, and 3 articles [16, 20, 39] assessed bone mineral density (BMD) through DXA. Only 5 articles [24, 25, 27, 31, 36] focus on all considered functional performance except BMD. Presence of «Yes» entries in the table indicates that the respective functional performance measures and BMD were assessed in the corresponding articles. This compilation serves as a valuable resource for researchers, trainers, and practitioners seeking to design effective plyometrics exercise programs for competitive players of different age groups and enhance various aspects in basketball sports.

### E. Statistical Analysis Techniques

The diverse statistical analysis techniques used to examine data in the study articles providing valuable insights into the methods employed to draw meaningful conclusions from the data. The analysis includes tests related to data normality using Shapiro — Wilk test [17, 18, 32–36], and Kolmogorov-Smirnov test [21, 26, 31], descriptive statistics using mean and standard deviation (Mean  $\pm$  STD) [14–21, 24, 25, 28, 30–37], variance homogeneity using Levene's test [7, 8, 13, 31], reliability using Intraclass Correlation Coefficient (ICC) [15, 18, 26, 31], bivariate correlation [3] and Pearson/partial correlation [20], covariance using ANCOVA [16, 19–21, 26], repeated measures using Univariate — ANOVA [14, 16, 18, 19, 21, 23, 27–31, 33, 34, 35] or Multivariate — MANOVA [15, 27], chi-square [14], Paired T-test [17, 22] and Unpaired T-test [4, 22, 24, 25, 30, 32, 35, 36], and post hoc paired mean difference using Bonferroni *post hoc* test [29, 31, 33], LSD de Fisher *post hoc* test [16] and Wilcoxon paired test [14]. Mostly all the studies employed a hypothesis testing statistical significance level *p*-value (probability value) of  $p < 0.01$  [8, 33] (or)  $p < 0.05$  [14, 16, 18–21, 27, 30, 32, 33, 35–38] (or)  $p \leq 0.05$  [15, 17, 22–26, 29, 31, 34], with a confidence interval set at either 90% (or) 95%. Different statistical analysis tools like Statistica v8.0 and v10.0 [14, 16, 23], SPSS version varying

from v10.0 to v25.0 [15, 18, 19, 21, 24–38], and BioEstat v5.0 [20] were used for these analyses.

### F. Results

A variety of plyometric training programs, ranging from 4 to 12 weeks in duration, have demonstrated significant improvements in speed, agility, jumping ability, sprint performance, explosive strength, and overall physical performance in basketball players [14, 15, 17–19, 21–38]. These training interventions have shown positive effects on different aspects of athletic performance, including neuromuscular control, joint position sense, and injury risk reduction [15, 18, 35]. Notably, plyometric training has also been linked to improved bone health and density, which is especially beneficial for young athletes engaged in basketball, a sport known for its impact on bones and joints [16, 20, 39]. However, it's worth acknowledging the variability in individual responses and shorter duration programs, potential limitations in directly affecting certain attributes, and the need for tailored training strategies, longer and more intensive training regimens to optimize outcomes [14, 21, 23, 28, 36].

The Table 7 summarizes the outcomes of various studies on plyometric training's effects on basketball performance, including the Statistical Significance Improvement (SSI) results in terms of *p*-value within the experimental group (EG) and between the EG and control group (CG). It offers insights into the varied effects of plyometric training on different aspects of basketball performance. While some studies demonstrate significant improvements in jumping ability, agility, and sprint speed, others indicate mixed or no effects. Individual responses, training approaches, and duration play a crucial role in determining the impact of plyometric training on basketball players' performance and BMD.

These studies have extensively explored the significant effects of plyometric training on various facets of basketball performance, including jumping ability, sprint speed, agility, overall physical capabilities as well as bone health. The collective findings provide valuable insights into the potential benefits of integrating plyometric training to elevate athletic prowess among basketball players.

### G. Discussion

Attene et al. [15], Begu et al. [25], and GAF Correia et al. [28], indicate that plyometric training contributes to significant improvements in jumping ability. Plyometric exercises seem to enhance explosive strength, thereby enhancing vertical jump performance, which is crucial for basketball players. Research by Nikola Aksović [26], Poomsalood and Pakulanon [17], and Androutsopoulos et al. [23] highlights the positive effects of plyometric training on sprint speed. This improvement is particularly important for basketball players during fast breaks and defensive drills. Research by Sáez de Villarreal et al. [31], Muşide Türki & Önder Dağlıoğlu [32], and GAF Correia et al. [28] uniformly underscore the affirmative impact of plyometric training on vertical jump performance.



**Result Summary of Plyometric Training Significant Effects on Basketball Performance Measures and BMD**

**Сводка результатов плиометрической тренировки. Значительное влияние на показатели баскетбольной результативности и минеральной плотности костей**

S.No.	Article Ref.No.	Outcome Measure — SSI Result (p -value)	Within EG	Between EG and CG
1	14	<b>Jump</b> — CMJT: $p = 0.32 \downarrow^*$ ; TRJT: $p = 0.32 \downarrow^*$ <b>Agility</b> — ATT: $p = 0.21 \downarrow^*$ ; HOT: $p = 0.01 \uparrow^*$	No SSI in Jump and Agility except HOT	
2	15	<b>Jump</b> — CMJT: $p > 0.001 \uparrow^{**}$ , SJT: $p > 0.05 \uparrow^{**}$		SSI in Jump
3	16	<b>Jump</b> — CMJT: $p > 0.001 \uparrow^{**}$ ; SJT: $p > 0.001 \uparrow^{**}$ <b>Sprint</b> — xMST: $p > 0.001 \uparrow^{**}$ <b>BMD- DXA</b> : $p > 0.05 \downarrow^{**}$		SSI in Jump, Sprint except BMD
4	17	<b>Jump</b> — SJT: $p = 0.003 \uparrow^*$ , $p = 0.262 \downarrow^{**}$ <b>Agility</b> — ATT: $p = 0.001 \uparrow^*$ , $p = 0.011 \uparrow^{**}$ <b>Sprint</b> — xMST: $p = 0.018 \uparrow^*$ , $p = 0.003 \uparrow^{**}$	SSI in Jump, Agility and Sprint	SSI in Agility and Sprint except Jump
5	18	<b>Agility</b> — SEBT: $p = 0.001 \uparrow^{**}$		SSI in Agility (COD)
6	19	<b>Jump</b> — CMJT: $p = 0.0001 \uparrow^*$ , $p > 0.05 \downarrow^{**}$ ; SLJT: $p = 0.0001 \uparrow^*$ , $p > 0.05 \downarrow^{**}$ <b>Agility</b> — LHT: $p = .006 \uparrow^*$ , $p > 0.05 \downarrow^{**}$ ; LST: $p = 0.002 \uparrow^*$ , $p > 0.05 \downarrow^{**}$	SSI in Jump and Agility	No SSI in Jump and Agility
7	20	<b>BMD- DXA</b> : $p = 0.008 \uparrow^{**}$		SSI in BMD
8	21	<b>Jump</b> — CMJT: $p > 0.001 \uparrow^{**}$ ; SJT: $p > 0.04 \uparrow^{**}$ ; DJT: $p = 0.014 \uparrow^{**}$ ; SLJT: $p = 0.579 \downarrow^{**}$ <b>Agility</b> — ATT: $p = 0.004 \uparrow^{**}$ <b>Sprint</b> — xMST: $p > 0.002 \uparrow^{**}$		SSI in Agility, Sprint, and Jump except SLJT
9	22	<b>Agility</b> — ATT: $p = 0.000 \uparrow^*$ , $p = 0.303 \downarrow^{**}$ ; ZBT: $p = 0.001 \uparrow^*$ , $p = 0.002 \uparrow^{**}$	SSI in Agility	SSI in Agility — ZBT and Not in ATT
10	23	<b>Jump</b> — CMJT: $p > 0.03 \uparrow^{**}$ ; DJT: $p > 0.01 \uparrow^{**}$ <b>Agility</b> — ATT: $p = 0.004 \uparrow^{**}$ <b>Sprint</b> — xMST: $p > 0.03 \uparrow^{**}$		SSI in Jump, Agility and Sprint
11	24	<b>Jump</b> — JPLT: $p = 0.003 \uparrow^*$ ; JPHT: $p = 0.147 \downarrow^*$ ; HJOFT: $p = 0.035 \uparrow^*$ <b>Agility</b> — ATT: $p = 0.821 \downarrow^*$ ; IAT: $p = 0.012 \uparrow^*$ <b>Sprint</b> — xMST: $p = 0.023 \uparrow^*$ <b>Strength</b> — PUT: $p = 0.004 \uparrow^*$ ; AMT: $p = 0.036 \uparrow^*$ ; MBDT: $p = 0.078 \downarrow^*$ ; SRFT: $p = -0.581 \downarrow^*$	SSI in Jump except JPHT, Agility except ATT, Sprint, Strength except MBDT, SRFT	
12	25	<b>Jump</b> — SLJT: $p = 0.004 \uparrow^*$ , $p = 0.015 \uparrow^{**}$ ; HJT: $p = 0.001 \uparrow^*$ , $p = 0.05 \uparrow^{**}$ <b>Agility</b> — ATT: $p = 0.000 \uparrow^*$ , $p = 0.303 \downarrow^{**}$ <b>Sprint</b> — xMST: $p = 0.185 \downarrow^*$ , $p = 0.072 \downarrow^{**}$ <b>Strength</b> — AMT: $p = p = 0.05 \uparrow^*$ , $p = 0.279 \downarrow^{**}$ ; MBDT: $p = 0.133 \downarrow^*$ , $p = 0.242 \downarrow^{**}$ ; SRFT: $p = 0.063 \downarrow^*$ , $p = 0.194 \downarrow^{**}$	SSI in Jump, Agility, Strength except MBDT, SRFT and Not in Sprint	No SSI in Agility, Sprint and Strength except Jump
13	26	<b>Sprint</b> — xMST: $p = 0.012 \uparrow^{**}$		SSI in Sprint

14	27	<p><b>Jump</b> — SLJT: <math>p = 0.244\downarrow^*</math>, <math>p = 0.024\uparrow^{**}</math>; SJT: <math>p = 0.064\uparrow^*</math>, <math>p = 0.007\uparrow^{**}</math>; AJT: <math>p = 0.442\downarrow^*</math>, <math>p = 0.939\downarrow^{**}</math> <b>Agility</b> — ATT: <math>p = 0.668\downarrow^*</math>, <math>p = 0.179\downarrow^{**}</math> IAT: <math>p = 0.063\uparrow^*</math>, <math>p = 0.533\downarrow^{**}</math> <b>Sprint</b> — xMST: <math>p = 0.185\downarrow^*</math>, <math>p = 0.072\downarrow^{**}</math> <b>Strength</b> — AMT: <math>p = 0.05\uparrow^*</math>, <math>p = 0.279\uparrow^{**}</math>; MBDT: <math>p = 0.133\downarrow^*</math>, <math>p = 0.242\downarrow^{**}</math>; SRFT: <math>p = 0.063\downarrow^*</math>, <math>p = 0.194\downarrow^{**}</math></p>	No SSI in Jump except SJT, Agility except IAT, Sprint, and Strength except AMT	No SSI in Agility, Sprint, Strength and Jump except SLJT, SJT
15	28	<p><b>Jump</b> — CMJT: <math>p = 0.007\uparrow^*(m)</math>, <math>p = 0.58\downarrow^{**}(m)</math>; <math>p = 0.008\uparrow^*(f)</math>, <math>p &gt; 0.05\downarrow^{**}(f)</math>; SJT: <math>p = 0.007\uparrow^*(m)</math>, <math>p = 0.1\downarrow^{**}(m)</math>; <math>p = 0.009\uparrow^*(f)</math>, <math>p = 0.05\uparrow^{**}(f)</math></p>	SSI in Jump(f) and Jump(m) except SJT(m)	No SSI in Jump (m) and Jump(f) except SJT(f)
16	29	<p><b>Jump</b>- SLTHT: <math>p = 0.8\downarrow^{**}</math>; <b>Agility</b>- RAT: <math>p = 0.001\uparrow^{**}</math>; <b>Strength</b> — BESS: <math>p = 0.06\downarrow^{**}</math></p>		SSI in Agility and Not in Jump and Strength
17	30	<p><b>Agility</b> — IAT: <math>p &gt; 0.001\uparrow^*</math>, <math>p = 0.028\uparrow^{**}</math> <b>Sprint</b> — xMST: <math>p &gt; 0.001\uparrow^*</math>, <math>p = 0.004\uparrow^{**}</math></p>	SSI in Agility and Sprint	SSI in Agility and Sprint
18	31	<p><b>Jump</b>- CMJT: <math>p = 0.02\uparrow^*</math>, <math>p &gt; 0.05\downarrow^{**}</math>; ABKJT: <math>p = 0.009\uparrow^*</math>, <math>p &gt; 0.05\downarrow^{**}</math> <b>Agility</b>- ZT: <math>p = 0.012\uparrow^*</math>, <math>p = 0.001\uparrow^{**}</math> <b>Sprint</b> — xMST: <math>p = 0.015\uparrow^*</math>, <math>p = 0.004\uparrow^{**}</math> <b>Strength</b> — SRFT: <math>p &gt; 0.05\uparrow^*</math>, <math>p = 0.036\uparrow^{**}</math></p>	SSI in Jump, Agility, Sprint and Strength	SSI in Agility, Sprint and Strength except Jump
19	32	<p><b>Sprint</b> — xMST: <math>p = 0.001\uparrow^*</math> <b>Strength</b> — SRFT: <math>p = 0.001\uparrow^*</math>; SpO2: <math>p = 0.001\uparrow^*</math>; APT: <math>p = 0.001\uparrow^*</math></p>	SSI in Sprint and Strength	
20	33	<p><b>Jump</b>- CMJT: <math>p = 0.001\uparrow^*</math>, <math>p = 0.807\downarrow^{**}</math> <b>Agility</b>- ATT: <math>p = 0.001\uparrow^*</math>, <math>p = 0.135\downarrow^{**}</math> <b>Sprint</b> — xMST: <math>p = 0.001\uparrow^*</math>, <math>p = 0.156\downarrow^{**}</math></p>	SSI in Jump, Agility and Sprint	No SSI in Jump, Agility and Sprint
21	34	<p><b>Agility</b> — IAT: <math>p = 0.002\uparrow^*(m)</math>, <math>p = 0.86\downarrow^*(f)</math> <b>Sprint</b> — xMST: <math>p = 0.006\uparrow^*(m)</math>, <math>p = 0.008\uparrow^*(f)</math></p>	SSI in Agility(m), Sprint(m&f) except Agility(f)	
22	35	<p><b>Jump</b>- SJT: <math>p &lt; 0.05\uparrow^*</math>, <math>p &lt; 0.05\uparrow^{**}</math> <b>Strength</b> — IMST: <math>p &gt; 0.05\uparrow^*</math>, <math>p &gt; 0.05\downarrow^{**}</math></p>	SSI in Jump and Strength	SSI in Jump and Not in Strength
23	36	<p><b>Jump</b>- SJT: <math>p = 0.000\uparrow^*</math> <b>Agility</b> — ATT: <math>p = 0.000\uparrow^*</math> <b>Sprint</b> — SRT: <math>p = 0.001\uparrow^*</math>; xMST: <math>p = 0.001\uparrow^*</math> <b>Strength</b> — SRFT: <math>p = 0.000\uparrow^*</math>; APT: <math>p = 0.000\uparrow^*</math></p>	SSI in Jump, Agility, Sprint and Strength	
24	37	<p><b>Jump</b>- CMJT: <math>p &lt; 0.05\uparrow^*</math> <b>Agility</b>- ATT: <math>p &lt; 0.05\uparrow^*</math> <b>Sprint</b> — xMST: <math>p &lt; 0.05\uparrow^*</math></p>	SSI in Jump, Agility and Sprint	
25	38	<p><b>Jump</b>- SJT: <math>p = 0.000\uparrow^*</math>, <math>p &lt; 0.05\uparrow^{**}</math>; SLJT: <math>p = 0.020\uparrow^*</math>, <math>p &lt; 0.05\uparrow^{**}</math>. SLTHT: <math>p = 0.035\uparrow^*</math>, <math>p &lt; 0.05\uparrow^{**}</math> <b>Sprint</b> — xMST: <math>p = 0.028\uparrow^*</math>, <math>p &lt; 0.05\uparrow^{**}</math></p>	SSI in Jump and Sprint	SSI in Jump and Sprint
26	39	<p><b>BMD</b>- DXA: <math>p &gt; 0.05\uparrow^{**}</math></p>		SSI in BMD

Note: SSI — Statistically Significance Improvement

$p$ : Statistical Significance Test Result, Significance level set to  $p < 0.01$  (or)  $p < 0.05$  (or)  $p \leq 0.05$

\*: Statistically Significance difference within the Plyometric Experimental group (EG) over pre and post test

\*\* : Statistically Significance difference between the Plyometric Experimental Group (EG) and Control Group (CG) over pre and post test

↑: Statistically Significance improvement effect

↓: No Statistically Significance improvement effect

( $m$ ) — male, ( $f$ ) — female, xMST — x indicates 5/10/15/20/30/80/100 Metre

This crucial enhancement directly influences players' scoring, defensive tactics, and rebounding proficiency.

Charan Singh [22], Hernández et al. [23], and Androutsopoulos et al. [30] underscore plyometric training's ability to enhance agility, allowing players to execute quick shifts, cuts, and changes of direction on the court. The studies by Murşide Türki & Önder Dağlıoğlu [32], Munshi et al. [33], and Xia Jin et al. [39] collectively advocate for plyometric training's positive effects on sprint speed and agility. These dynamic attributes prove pivotal in executing rapid on-court movements, contributing to agile defensive plays, swift breakaways, and court coverage. Zribi et al. [16], Júnior et al. [20] and Xia Jin et al. [39], demonstrate that plyometric training can positively influence bone health markers like BMD, especially in young athletes. This is particularly relevant in basketball, a sport that places considerable strain on bones and joints.

Lehnert et al. [14] and Kryeziu, A.R. [24]'s studies reveal that individual responses to plyometric training can vary. Additionally, players with higher initial fitness levels might experience challenges in achieving significant improvements, Lehnert et al. [14] and Latorre Román et al. [21]'s findings. Attene et al. [15] and McCormick et al. [19] emphasize that plyometric training's mechanical specificity and varied exercises contribute to its effectiveness. Incorporating different jump drills, as suggested by Hernández et al. [23] may enhance performance outcomes. Sáez de Villarreal et al. [31] champion a comprehensive training regimen encompassing plyometric, strength, and change of direction exercises. Their study demonstrates that a holistic approach results in broader physical enhancements, highlighting the multifaceted demands of basketball performance. It accentuates plyometric training's potential, coupled with neuromuscular and resistance exercises, to mitigate injury risks. This insight holds particular significance within basketball, where players face diverse injury vulnerabilities due to the sport's high-intensity nature.

Kryeziu et al. [24] and Charan Singh [22]'s studies suggest that relatively short-term plyometric training programs (4-12 weeks) can lead to significant improvements. Both Murşide Türki & Önder Dağlıoğlu [32] and Mehmet Emin Demiri & Önder Dağlıoğlu [36] converge on the effectiveness of relatively brief well designed plyometric training interventions (6-7 weeks) in driving substantial advancements in physical performance and significant gains in muscle power and explosive strength. These findings underscore the potency of even short-duration training in elevating the athletic capabilities of basketball players. While short-term plyometric training can yield notable improvements, the collective studies indicate that longer and more intensive training regimens might be necessary to unlock the full potential of muscle strength enhancement, indicating the long-term commitment required for optimal outcomes.

Studies by Androutsopoulos et al. [23] and Munshi et al. [33] observed no significant enhancements in sprint performance despite plyometric training. Similarly, GAF Correia

et al. [28] found that certain plyometric exercises had no significant impact on jumping ability. These findings highlight the variability in individual responses and the potential limitations of plyometric training in directly affecting these attributes. Munshi et al. [33] conducted a comparative study involving plyometric and whole-body vibration (WBV) exercises, revealing that neither modality offered additional benefits for improving jump height and agility compared to plyometric training alone. This suggests that while plyometric training has its merits, other training approaches may yield comparable outcomes for specific performance aspects. Lehnert et al. [14] and Latorre Román et al. [21] discovered that players with higher initial fitness levels experienced challenges in achieving significant improvements through plyometric training. This emphasizes the interplay between an athlete's starting point and the potential for further advancements, highlighting the need for tailored training strategies.

Kryeziu AR et al. [24, 38] stress the significance of customized plyometric training programs that cater to distinct skills and age groups. These studies advocate for targeted training interventions that yield remarkable improvements in speed, explosive strength, and other pertinent attributes essential for basketball excellence. Sáez de Villarreal et al. [31] introduce the concept of gender-specific training strategies grounded in maturity levels. Acknowledging the distinct physiological and developmental trajectories of male and female basketball players, this approach underscores the importance of tailored training modalities to optimize performance outcomes.

The limitations identified in this discussion regarding plyometric training for basketball players encompass several key factors. Firstly, there is considerable variability in individual responses to plyometric training, implying that not all athletes may experience the same degree of improvement. Secondly, athletes with higher initial fitness levels may encounter challenges in achieving significant enhancements through plyometric training. Additionally, the effectiveness of plyometric training is contingent on exercise specificity and variation, necessitating the incorporation of diverse jump drills. While short-term plyometric programs can yield notable improvements, longer and more intensive training regimens may be needed for maximal muscle strength enhancement. Some studies observed no significant impact on sprint performance or jumping ability, highlighting the variability in individual outcomes. Finally, the importance of customized training programs tailored to distinct skills, age groups, and gender-specific considerations is underscored, emphasizing the need for personalized training modalities to optimize performance outcomes in basketball players.

In summary, plyometric training holds promise as an effective method for enhancing various physical attributes crucial to basketball performance. Its positive impact on jumping ability, sprint speed, agility, muscle strength and bone health make it a valuable tool in the training means of basketball players belonging to different age groups. While individual responses, initial fitness level, specificity, duration,

and gender-specific considerations can influence outcomes, integrating plyometric exercises into basketball training programs, tailored to the athletes' needs, can lead to meaningful performance gains, and can propel basketball athletes toward heightened excellence.

### 3. Conclusion

In conclusion, the systematic review of literature on plyometric training's effect on functional performance and bone mineral density in basketball players of varying age groups reveals significant insights and valuable implications for sports training and performance enhancement. Plyometric training, characterized by dynamic and explosive movements, has emerged as a highly effective method for improving key physical attributes essential for success in basketball sports.

The findings of the reviewed studies consistently suggest that plyometric training positively affects various aspects of functional performance crucial for basketball players. The improvements in explosive leg power, as seen in vertical and horizontal jump tests, indicate enhanced jumping ability. The agility tests underscored the training's effectiveness in facilitating rapid changes of direction, a vital skill in basketball. Plyometric training also demonstrated the potential to enhance sprinting speed, a crucial aspect of fast breaks and overall court coverage. By enhancing agility, plyometric training enables players to execute rapid changes of direction, crucial for evasive moves and defensive strategies.

Additionally, the reviewed research highlights plyometric training's potential to promote bone health, particularly

#### Author contributions:

**Ahamed Thajudeen Anversha** — concept and publication design, writing the first draft of manuscript;

**Vinodhkumar Ramalingam** — editing of the text, collection and analysis of study data, collection and analysis of literature.

### References / Список литературы

1. Myer G.D., Jayanthi N., DiFiori J.P., Faigenbaum A.D., Kiefer A.V., Logerstedt D., Micheli L.J. Sports Specialization, Part II: Alternative Solutions to Early Sport Specialization in Youth Athletes. *Sports Health*. 2016;8(1):65–73. <https://doi.org/10.1177/1941738115614811>
2. Egger A.C., Oberle L.M., Saluan P. The Effects of Endurance Sports on Children and Youth. *Sports Med. Arthrosc. Rev*. 2019;27(1):35–39. <https://doi.org/10.1097/JSA.0000000000000230>
3. Ferioli D., Bosio A., Bilsborough J.C., La Torre A., Tornaghi M., Rampinini E. The Preparation Period in Basketball: Training Load and Neuromuscular Adaptations. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2018;13(8):991–999. <https://doi.org/110.1123/ijspp.2017-0434>
4. Fatouros I.G., Jamurtas A.Z., Leontsini D., Taxildaris K., Aggelousis N., Kostopoulos N., Buckenmeyer P. Evaluation of Plyometric Exercise Training, Weight Training, and Their Combination on Vertical Jumping Performance and Leg Strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2000;14(4):470–476. <https://doi.org/10.1519/00124278-200011000-00016>

important in a high-impact sport like basketball. Notably, improvements in bone mineral density (BMD) were observed, indicating reduced risk of stress fractures and injuries. Plyometric training's effectiveness in enhancing physical/muscle strength, flexibility, and stability further underlines its comprehensive impact on functional performance and BMD. Diversity of statistical analysis techniques employed in the studies enhances the robustness of the findings. While the overall findings are promising, it's important to consider individual variability in responses to plyometric training. Factors such as initial fitness levels, training duration, and exercise specificity can influence outcomes. Short- to medium-term interventions (4–12 weeks) have demonstrated significant improvements, but longer and more intensive training might be necessary for optimal results. Tailoring plyometric training programs to the specific needs and characteristics of basketball players can enhance the benefits derived from this training modality.

In essence, plyometric training emerges as a powerful tool for enhancing explosive leg power, agility, sprinting speed, muscle strength, BMD and overall functional performance in basketball players. The review underscores the importance of incorporating plyometric exercises into training regimens to unlock the full potential of athletes, contributing to their success and advancement in the realm of basketball sports. As the demand for comprehensive sports training programs continues to grow, plyometric training stands out as a valuable and scientifically supported approach to developing well-rounded and high-performing basketball players.

#### Вклад авторов:

**Ахамед Таюдин Анверша** — концепция и дизайн публикации, написание первой версии текста;

**Винодхумар Рамалингам** — написание и редактирование текста, сбор и анализ данных исследования, сбор и анализ литературных данных.

5. Davies G.J., Riemann B.L. Current concepts of plyometrics for the lower extremity. In: Noyes F., Barber-Westin S. (eds). *Return to Sport after ACL Reconstruction and Other Knee Operations*. Springer, Cham; 2019, p. 277–304. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-22361-8\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-22361-8_13)
6. Edwin R., Sleivert G. Effects of a Plyometric intervention program on Sprint Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2000;14(3):295–301. <https://doi.org/10.1519/00124278-200008000-00009>
7. Kasem M. Effectiveness of Shock Plyometric Training of Bone Density and Protection from Fractures Injury in Athletes. *World Journal of Sport Sciences*. 2010;3(S):01–06.
8. Kuo T.R., Chen C.H. Bone biomarker for the clinical assessment of osteoporosis: recent developments and future perspectives. *Biomark. Res*. 2017;5:18. <https://doi.org/10.1186/s40364-017-0097-4>
9. McGlashan A.J., Finch C.F. The extent to which behavioural and social sciences theories and models are used in sport injury prevention research. *Sports Med*. 2010;40(10):841–858. <https://doi.org/10.2165/11534960-000000000-00000>
10. Rahimi R., Behpur N. The effects of plyometric, weight and plyometric — weight training on anaerobic power and mus-

cular strength. *Facta Universitatis. Series: Physical education and sport.* 2005;3(1):81–91.

11. **Sayers M.** Running techniques for field sport players. *Sports Coach: Australian coaching magazine.* 2000;23(1):26–27.

12. **Stone M.H., O'Bryant H.S.** A Scientific approach of weight training. Minneapolis: Burgess;1984.

13. **Moher D., Liberati A., Tetzlaff J., Altman D.G.;** PRISMA Group. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med.* 2009;6(7):e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>

14. **Lehnert M., Hülka K., Malý T., Fohler J., František F.** The Effects of a 6 Week Plyometric Training Programme on Explosive Strength and Agility in Professional Basketball Players. *Acta Gymnica.* 2013;43(4):7–15. <https://doi.org/10.5507/AG.2013.019>

15. **Attene G., Iuliano E., Di Cagno A., Calcagno G., Moalla W., Aquino G., Padulo J.** Improving neuromuscular performance in young basketball players: plyometric vs. technique training. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 2015;55(1-2):1–8.

16. **Zribi A., Zouch M., Chaari H., Bouajina E., Ben Nasr H., Zaouali M., Tabka Z.** Short-term lower-body plyometric training improves whole body BMC, bone metabolic markers, and physical fitness in early pubertal male basketball players. *Pediatr. Exerc. Sci.* 2014;26(1):22–32. <https://doi.org/10.1123/pes.2013-0053>

17. **Poomsalood S., Pakulanon S.** Effects of 4-Week Plyometric Training on Speed, Agility, and Leg Muscle Power in Male University Basketball Players: A Pilot Study. *Kasetsart J. Soc. Sci.* 2015;36(3):598–606.

18. **Asadi A., Saez de Villarreal E., Arazi H.** The Effects of Plyometric Type Neuromuscular Training on Postural Control Performance of Male Team Basketball Players. *J. Strength. Cond. Res.* 2015;29(7):1870–1875. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000832>

19. **McCormick B.T., Hannon J.C., Newton M., Shultz B., Detling N., Young W.B.** The Effects of Frontal- and Sagittal-Plane Plyometrics on Change-of-Direction Speed and Power in Adolescent Female Basketball Players. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2016;11(1):102–107. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0058>

20. **Júnior M.A.R., Agostinete R.R., de Marco R.L., Ito I.H., dos Santos M.R.R., Fernandes R.A.** Bone mineral density gains related to basketball practice in boys: cohort study. *J. Hum. Growth Dev.* 2017;27(1):71–76. <https://doi.org/10.7322/jhgd.127655>

21. **Latorre Román P.Á., Villar Macias F.J., García Pinillos F.** Effects of a contrast training programme on jumping, sprinting and agility performance of prepubertal basketball players. *J. Sports Sci.* 2018;36(7):802–808. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1340662>

22. **Singh C.** Assessment of Plyometric Training on Agility in Basketball Players. *International Journal of Physical Education and Sports Sciences.* 2018;13(6):45–50. <https://doi.org/10.29070/13/57895>

23. **Hernández S., Ramirez-Campillo R., Álvarez C., Sanchez-Sanchez J., Moran J., Pereira L.A., Loturco I.** Effects of Plyometric Training on Neuromuscular Performance in Youth Basketball Players: A Pilot Study on the Influence of Drill Randomization. *J. Sports Sci. Med.* 2018;17(3):372–378.

24. **Kryeziu A.R., Begu B., Asllani I., Iseni A.** Effects of the 4-week plyometric training program on explosive strength and agility for basketball players. *Turk. J. Kinesiol.* 2019;5(3):110–116. <https://doi.org/10.31459/turkjkin.553453>

25. **Begu B., Kryeziu A., Havolli J.** 12-Week Effect of Plyometric Program in Ages 17- 18 Years in Basketball [internet]. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/333855573\\_12-WEEK\\_EFFECT\\_OF\\_PLYOMETRIC\\_PROGRAM\\_IN\\_AGES\\_17-18\\_YEARS\\_IN\\_BASKETBALL#full-text](https://www.researchgate.net/publication/333855573_12-WEEK_EFFECT_OF_PLYOMETRIC_PROGRAM_IN_AGES_17-18_YEARS_IN_BASKETBALL#full-text)

26. **Aković N., Berić D., Kocić M., Jakovljević S., Milanović F.** Plyometric Training and Sprint Abilities of Young Basketball Players. *Facta Universitatis. Series: Physical Education and Sport.* 2019;17(3):539–548. <https://doi.org/10.22190/FUPES190315048A>

27. **Kryeziu A.R.** Applying the weekly plyometric model to jumping and agility in young basketball players. *Sport Science.* 2020;13(1):127–131.

28. **Correia G.A.F., Freitas-Júnior C.G., Lira H.A., Oliveira S.F.M., Santos W.R., Silva C.K. de F.B. da, Silva P.H.V., Paes P.P.** The Effect of Plyometric Training on Vertical Jump Performance in Young Basketball Athletes. *J. Phys. Educ.* 2020;31(1):e3175. <https://doi.org/10.4025/jphyseduc.v31i1.3175>

29. **Lee J., Martin J., Wildehain R., Ambegaonkar J.** Plyometrics or balance training effects on lower body power, balance and reactive agility in collegiate basketball athletes: A randomized control trial. *Turk. J. Sports Med.* 2021;56(1):5–12. <http://doi.org/10.47447/tjism.0472>

30. **Androutsopoulos P., Blantas I., Papadopoulos K., Lapsanis K., Eleftheriadis G., Alexopoulos P.** The Effectiveness of Plyometric Training in Speed and Agility in Young Basketball Players. *Journal of Modern Education Review.* 2021;11(9):947–956.

31. **Sáez de Villarreal E., Molina J.G., de Castro-Maque-da G., Gutiérrez-Manzanedo J.V.** Effects of Plyometric, Strength and Change of Direction Training on High-School Basketball Player's Physical Fitness. *J. Hum. Kinet.* 2021;78:175–186. <http://doi.org/10.2478/hukin-2021-0036>

32. **Türk M., Dağlıoğlu Ö.** The Effect of Plyometric Training on Athletic Performance and Oxygen Saturation in Young Male Basketball Players. *European Journal of Physical Education and Sport Science.* 2022;9(3):106–115. <https://doi.org/10.46827/ejpe.v9i3.4621>

33. **Munshi P., Khan M.H., Arora N.K., Nuhmani S., Anwer S., Li H., Alghadir A.H.** Effects of plyometric and whole-body vibration on physical performance in collegiate basketball players: a crossover randomized trial. *Sci. Rep.* 2022;12(1):5043 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09142-8>

34. **Paes P.P., Correia G.A.F., Damasceno V.D.O., Lucena E.V.R., Alexandre I.G., Da Silva L.R.** Effect of plyometric training on sprint and change of direction speed in young basketball athletes. *Journal of Physical Education and Sport (JPES).* 2022;22(2):305–310. <https://doi.org/10.7752/jpes.2022.02039>

35. **Pamuk O., Hanci E., Ucar N., Hasanli N., Gundogdu A., Gul Ozkaya Y.** Resisted Plyometric Exercises Increase Muscle Strength in Young Basketball Players. *Rev. Bras. Med. Esporte.* 2022;28(4):331–335. [https://doi.org/10.1590/1517-8692202228042020\\_0125](https://doi.org/10.1590/1517-8692202228042020_0125)

36. **Demir M.E., Dağlıoğlu Ö.** The Effect of Plyometric Training Program on Physical Performance in Basketball Players. *European Journal of Physical Education and Sport Science.* 2022;9(3):86–96. <https://doi.org/10.46827/ejpe.v9i3.4608>

37. **Huang H., Huang W.-Y., Wu C.-E.** The Effect of Plyometric Training on the Speed, Agility, and Explosive Strength Performance in Elite Athletes. *Applied Sciences.* 2023;13(6):3605. <https://doi.org/10.3390/app13063605>

38. **Kryeziu A.R., Iseni A., Teodor D.F., Croitoru H., Badau D.** Effect of 12 Weeks of the Plyometric Training Program Model on Speed and Explosive Strength Abilities in Adolescents. *Applied Sciences.* 2023;13(5):2776. <https://doi.org/10.3390/app13052776>

39. **Jin X., Jin Y., Yuan J., Li F., Bai C.** Effect of High-Intensity Training on Bone Mineral Density in Basketball Players. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte.* 2023;29. [https://doi.org/10.1590/1517-8692202329012022\\_0256](https://doi.org/10.1590/1517-8692202329012022_0256)

**Information about the authors:**

**Anversha Ahamed Thajudeen\***, Research Scholar, Saveetha College of Physiotherapy, Saveetha Institute of Medical and Technical Sciences — Saveetha Nagar, 602105, India, Tamil Nadu, Thandalam, Chennai; Professor, College of Physiotherapy, Sri Ramakrishna Institute of Paramedical Sciences — 641044, India, Siddharpudur, Coimbatore, Sarojini Naidu Road (ahamptsp@gmail.com)

**Ramalingam Vinodhkumar**, Professor, Saveetha College of Physiotherapy, Saveetha Institute of Medical and Technical Sciences — Saveetha Nagar, 602105, India, Tamil Nadu, Thandalam, Chennai (vinodhkumar.scpt@saveetha.com)

**Информация об авторах:**

**Анверша Ахамед Таюдин\***, научный сотрудник Колледжа физиотерапии Савита, Институт медицинских и технических наук Савита — Савита Нагар, 602105, Индия, Тамил Наду, Тандалам, Ченнаи; профессор Колледжа физиотерапии, Институт парамедицинских наук Шри Рамакришны — 641044, Индия, Сиддхапудур, Коимбатур, Сароджини Найдун Роуд (ahamptsp@gmail.com)

**Рамалингам Винодхумар**, профессор Колледжа физиотерапии Савита, Институт медицинских и технических наук Савита — Савита Нагар, 602105, Индия, Тамил Наду, Тандалам, Ченнаи (vinodhkumar.scpt@saveetha.com)

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author



## Cardiovascular Effects of Anabolic-Androgenic Steroids in Dietary Supplements

Pieter van der Bijl<sup>1,\*</sup>, Pieter van der Bijl (Jr)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Stellenbosch University, Tygerberg, Cape Town, South Africa

<sup>2</sup> Netcare Kuils River Hospital, Kuils River, Cape Town, South Africa

### ABSTRACT

Dietary supplements are regularly consumed by more than 70 % of the US population, as well as by competitive and non-competitive athletes. Anabolic-androgenic steroids (AAS) are frequently found in dietary supplements, and have the potential for multi-organ toxicity, including significant effects on the cardiovascular system. Cardiovascular toxicities of AAS include coronary artery effects, e.g. spasm, thrombosis and plaque rupture, leading to acute coronary syndromes and myocardial infarctions, as well as direct myocardial toxicity, causing left ventricular hypertrophy, fibrosis and dysfunction. Coronary and myocardial effects converge towards a common final pathway, causing heart failure, life-threatening arrhythmias and sudden cardiac death. The unregulated nature of AAS in dietary supplements has many ramifications. Both coaches and athletes should be aware that testing positive for a prohibited substance (including AAS) constitutes a potential doping violation. We advocate for improved education of the public at large regarding the potential for AAS to be included in dietary supplements, as well as its regulation by the appropriate authorities.

**Keywords:** cardiovascular, anabolic steroids, dietary supplements, myocardial infarct, stroke, sudden cardiac death

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

**For citation:** van der Bijl P, van der Bijl P. (Jr). Cardiovascular Effects of Anabolic-Androgenic Steroids in Dietary Supplements. *Sportivnaya medicina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2023;13(2):77–83. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.2.11>

**Received:** 13 June 2023

**Accepted:** 31 October 2023

**Online first:** 11 November 2023

**Published:** 21 November 2023

\*Corresponding author

# Сердечно-сосудистые эффекты анаболических андрогенных стероидов в пищевых добавках

П. ван дер Бийл<sup>1,\*</sup>, П. ван дер Бийл (мл.)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Стелленбошский университет, Тайгерберг, Кейптаун, Южная Африка

<sup>2</sup>Больница Куилс Ривер, Куилс Ривьер, Кейптаун, Южная Африка

## АННОТАЦИЯ

Пищевые добавки регулярно потребляются более чем 70 % населения США, а также участвующими в соревнованиях и не участвующими в соревнованиях спортсменами. Анаболические и андрогенные стероиды (ААС) часто встречаются в пищевых добавках и обладают потенциальной полиорганной токсичностью, в том числе значительным воздействием на сердечно-сосудистую систему. Сердечно-сосудистая токсичность ААС влияет на коронарные артерии, вызывая спазм, тромбоз и разрыв бляшки, приводящие к острым коронарным синдромам и инфарктам миокарда, а также прямую миокардиальную токсичность, вызывающую гипертрофию, фиброз и дисфункцию левого желудочка. Коронарные и миокардиальные эффекты в итоге вызывают сердечную недостаточность, опасные для жизни аритмии и внезапную сердечную смерть. Нерегулируемость ААС в пищевых добавках имеет множество последствий. И тренеры, и спортсмены должны знать, что положительный результат теста на запрещенное вещество (включая ААС) представляет собой потенциальное нарушение антидопинговых правил. Мы выступаем за улучшение информирования широкой общественности о возможности включения ААС в пищевые добавки, а также за его регулирование соответствующими органами.

**Ключевые слова:** сердечно-сосудистая система, анаболические стероиды, пищевые добавки, инфаркт миокарда, инсульт, внезапная сердечная смерть

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

**Для цитирования:** ван дер Бийл П., ван дер Бийл П. (мл.). Сердечно-сосудистые эффекты анаболических андрогенных стероидов в пищевых добавках. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2023;13(2):77–83. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.2.11>

**Поступила в редакцию:** 13.06.2023

**Принята к публикации:** 31.10.2023

**Online first:** 11.11.2023

**Опубликована:** 21.11.2023

\* Автор, ответственный за переписку

## 1. Introduction

Dietary supplements in various forms are consumed daily by more than 70 % of the US population, including competitive and non-competitive athletes [1, 2]. This has led to an ever-expanding, multi-billion dollar global industry. This phenomenon is underpinned by aggressive marketing techniques in which scientifically unsubstantiated claims are frequently made. Anabolic-androgenic steroids (AAS), which have the potential for serious adverse effects relating to the cardiovascular system, are frequently found in dietary supplements. In this review, we provide an overview of the regulatory aspects of dietary supplements, and subsequently, a summary of the cardiovascular effects of AAS.

## 2. Regulatory aspects of dietary supplements

The explosive growth of the dietary supplement industry has been facilitated in many countries by acts similar to the US Dietary Supplement Health and Education Act (DSHEA) of 1994 [3]. According to this and similar acts, a dietary supplement is defined as any product intended to supplement the human diet, and is not subject to a strict definition or regulatory scrutiny before market approval. This may include a plethora of compounds, e.g. but not limited to: vitamins, minerals, herbs or other botanical products, amino acids and substances such as enzymes, organ tissue extracts, glandulars, and metabolites [3, 4]. Dietary supplements may

be formulated as tablets, capsules, soft gels, gelcaps, liquids or powders. These supplements may also take the form of foodstuffs, e.g. snack bars, in which case labelling can be misleading.

The DSHEA categorizes dietary supplements as “foods”, not drugs, and requires that every supplement added to a dietary food supplement, be labelled separately as such.<sup>5</sup> Foods items that are fortified with nutrients e.g. vitamins and minerals to raise nutrient levels, are not considered dietary supplements. The term “nutraceutical” is not defined by US law, but is generally understood to be a purified product derived from a human food source, which is purported to provide extra health benefits beyond the basic nutritional value found in foods. The Food and Drug Administration (FDA) regulates dietary supplements in a very different way than pharmaceuticals. A manufacturer of a pharmaceutical compound is required to document and submit its safety and efficacy data, which regulatory authorities then scrutinize before allowing marketing approval. Manufacturers of dietary supplements are not allowed to claim that the supplement can be used to diagnose, cure, mitigate, treat or prevent any particular disease. However, in the US, statements pertaining to general well-being, bodily function and health are allowed, provided a disclaimer is added to the product label with the following text: “This statement has not been evaluated by the FDA. This product is not intended to diagnose,



treat, cure, or prevent any disease". The burden rests on regulatory authorities to demonstrate that a particular product is harmful before steps can be taken to remove it from the market. In this respect, the FDA logged 776 dietary supplements from 2007 to 2016 as being adulterated with pharmaceutical compounds [6]. These lax dietary supplement regulations have facilitated the bringing to market of potentially harmful substances, to which not only the general population but also athletes, are exposed [2]. Estimated use in the latter group of individuals varies between 44 % and 100 % [2]. Large quantities of nutrients, commonly found in normal human diets, are consumed without there being much knowledge of possible health risks and the maximum daily safe doses involved [7].

While concentrations of these non-approved substances may be too low to achieve any health or performance-enhancing effects, they may be high enough for athletes to fail a doping test.

Abuse of an ever-expanding armamentarium of chemical entities to boost, even by small margins, their strength and performance is prevalent among professional as well as amateur athletes [8]. In addition to providing an unfair advantage to athletes, significant potential health risks are associated with the abuse of performance-enhancing agents. While a multitude of potential adverse effects exist, those pertaining to the cardiovascular system are the most life-threatening [9]. Substances primarily responsible for adverse cardiovascular effects can be grouped into three major classes i.e. 1) AAS, 2) stimulants and 3) narcotics. "Classic AAS", however, are the most commonly abused, and therefore the proximate cause of the majority of adverse effects in cases of doping.

### 3. "Classic" AAS

The vast majority of drug doping cases in athletes involve anabolic-androgenic agents. [10]. Studies from 2001 and 2002, based on nutritional supplements purchased in 13 different countries, including the US, suggested that approximately 15 % of nutritional supplements contained undeclared AAS [11]. The steroid category of compounds includes the "classic" AAS, e.g. metandienone, stanozolol, boldenone, oxandrolone and dehydrochloromethyl-testosterone, which have been found in high amounts (> 1mg/g) in certain over-the-counter dietary supplements and vitamin preparations [12]. These AAS were either listed on package labels under alternative names or not disclosed at all. Amounts of steroids identified in supplements were often of such orders that even within the limits of recommended supplement intake, potentially harmful doses of AAS would be ingested [12]. Many athletes and non-athletes, including women, adolescents and children, regularly consume dietary supplements in excess of the recommended, safe daily doses, exposing them to the potential harmful effects of e.g. AAS [12]. Athletes are prone to use supraphysiologic doses of AAS, e.g. testosterone. While the replacement of testosterone in individuals with hypotestosteronaemia is unlikely to have any adverse effects, even physiologic doses may be harmful in those without a deficiency

AAS upregulate and increase the number of androgen receptors, leading to an acceleration of the transcription of deoxyribonucleic acid (DNA) in skeletal muscle [14]. These agents are consumed to increase skeletal muscle mass and strength, while at the same time they reduce adipose tissue [15, 16]. AAS are not selective in their action, and exert effects on multiple organ systems in humans that are in possession of androgen receptors [17]. In men acne, hepatic injury, testicular atrophy, prostatomegaly, decreased spermatogenesis, subfertility, erectile dysfunction and changes in libido may occur [18]. Furthermore, gynecomastia can also develop in some male abusers of steroids. In women using AAS, acne, potentially irreversible masculinization, clitoromegaly, menstrual irregularities and changes in libido may result. Psychiatric effects may be induced in both males and females, e.g. aggression (so-called "roid" rage), psychoses, mood disorders and anxiety disorders. Long-term steroid abuse has also been associated with dependency and a withdrawal syndrome associated with suicidal ideation, an increased incidence of tumors and premature mortality. In adolescents and children, virilization and premature closure of the epiphyseal growth plates, which may result in stunted growth, have been described.

Of particular concern are the effects of AAS on the cardiovascular system, including cholesterol and lipid metabolism, arterial hypertension and procoagulant effects, leading to acute coronary syndromes, myocardial infarctions and strokes. The preponderance of data on the cardiovascular toxicity of AAS originate from case reports, and are not consistent with regard to all adverse effects [14, 17]. This may be a reflection of the lack of systematic data, the heterogeneity of individuals sampled and the fact that many different substances or steroids are often abused in conjunction. A systematic autopsy series of 34 patients, however, confirmed coronary artery disease, left ventricular hypertrophy and myocardial fibrosis to be the most common abnormalities (Figure 1) [17, 19]. Abuse of these agents may lead to increases in arterial blood pressure at rest and during exercise, elevation of low-density lipoprotein (LDL) and lowering of high-density lipoprotein (HDL) levels, causing atherosclerosis [14, 20, 21]. Male recreational weight lifters in the age group 34 – 54, abusing AAS, have been compared to a steroid-free control group, demonstrating increased levels of coronary artery plaque, compared to those in the control group [22]. Plaque rupture, intracoronary thrombus formation and spasm lead to acute coronary syndromes, with or without myocardial infarction [18]. Spasm may be caused by inhibition of the extraneuronal uptake of neuroamines, leading to augmentation of the arterial response to norepinephrine [17]. Coronary artery spasm may also be mediated by a deficiency of nitric oxide (a vasodilator) [14]. A procoagulant state may be induced by AAS, causing or contributing to coronary artery thrombus formation [14]. Thrombin levels are increased, in conjunction with thrombocyte activation, increased levels of factors VIII and IX and enhanced erythropoiesis [14, 23, 24]. AAS increase the platelet production of thromboxane A<sub>2</sub>, as well

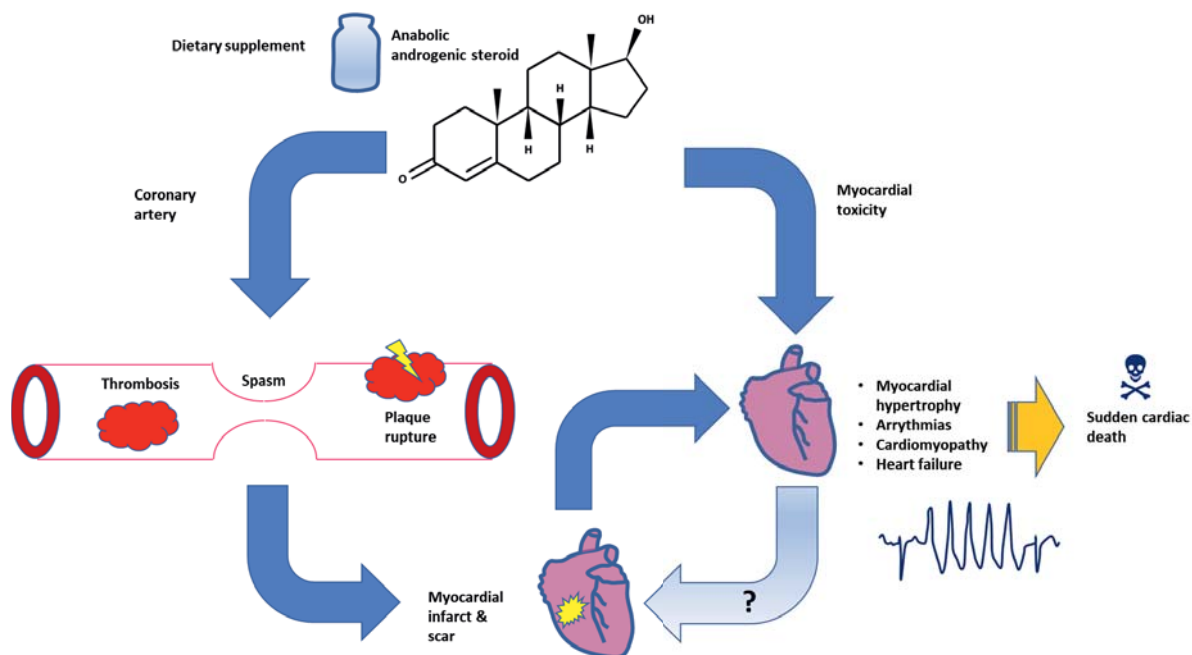


Fig. 1. Cardiovascular effects of anabolic-androgenic steroids (AAS). AAS cause cardiovascular toxicity by means of coronary artery-mediated mechanisms and direct myocardial effects. Direct myocardial toxicity leads to left ventricular hypertrophy, arrhythmias and heart failure, which are associated with an increased risk of sudden cardiac death

Рис. 1. Сердечно-сосудистые эффекты анаболично-андрогенных стероидов (ААС). ААС вызывают сердечно-сосудистую токсичность посредством механизмов, опосредованных коронарными артериями, и прямого воздействия на миокард. Прямая токсичность для миокарда приводит к гипертрофии левого желудочка, аритмиям и сердечной недостаточности, которые связаны с повышенным риском внезапной сердечной смерти

an increase in the density (but not affinity) of thromboxane A<sub>2</sub> receptors [25, 26].

A second mechanism of cardiovascular toxicity comprises direct myocardial effects, which include left ventricular dilatation and hypertrophy, as well as myocardial fibrosis (Figure 2) [14, 17, 18, 27]. Myocardial fibrosis is postulated to be a response to cardiomyocyte necrosis, similar to what is seen in catecholamine toxicity, and is accompanied by intimal hyperplasia of the intramural coronary arteries [17, 18]. Diastolic dysfunction of the left ventricle has been reported, as well as effects on right ventricular function [14, 28]. Both coronary and direct myocardial toxicity have the potential to cause heart failure, lethal arrhythmias and sudden cardiac death (Figure 1) [28]. Preclinical models have furnished evidence of autonomic dysregulation with chronic exposure to AAS, which constitutes a further risk factor for lethal arrhythmias and sudden cardiac death [29]. Life-threatening arrhythmias require a trigger (e.g. myocardial ischemia caused by coronary artery spasm) imposed on an arrhythmic substrate (e.g. myocardial scar tissue) [30]. The arrhythmogenic process can be further facilitated by modulating factors, e.g. autonomic nervous system dysregulation. The triad of a trigger, substrate and modulator, is sometimes known as Coumel's triangle of arrhythmogenesis [30]. Direct arrhythmogenic effects of AAS may include prolonged activation of repolarizing potassium channels, and electrocardiographic risk markers for ventricular arrhythmias, e.g. prolonged QTc intervals and QT dispersion, have been recognized in the presence of

AAS abuse [31]. Since AAS are most often abused by athletes, the distinction between so-called "athlete's heart" (structural and functional changes in response to a high frequency and/or high intensity of training, e.g. myocardial hypertrophy), hypertrophic cardiomyopathy and AAS-induced cardiomyopathy, is not always straightforward [14, 17, 18, 32]. Echocardiographically-derived left ventricular myocardial work is a potential imaging biomarker with which to distinguish these entities.<sup>32</sup> Subtle signs of cardiac dysfunction have been documented in AAS abusers, e.g. impaired left ventricular and left atrial speckle tracking strain [28, 33]. Interestingly, echocardiographic evidence for impaired left atrial electromechanical function has been demonstrated in persons who abuse AAS [34]. This is often a precursor to atrial fibrillation, which may be a complication of AAS abuse [34, 35].

#### 4. "Designer" AAS

These steroid molecules were first synthesized some five decades ago and evaluated in pre-clinical studies for their anabolic and androgenic effects. While they are not approved for clinical use, they are classified as prohibited substances by the World Anti-Doping Agency (WADA) and are manufactured exclusively for the dietary supplement "black" market. Examples of such designer agents are prostanazol, methasterone, andostatrienedione, 1-testosterone (dihydroboldenone), trenbolone enanthate, desoxymethyltestosterone, tetrahydrogestrinone and methylstenboloneprostanazol, but

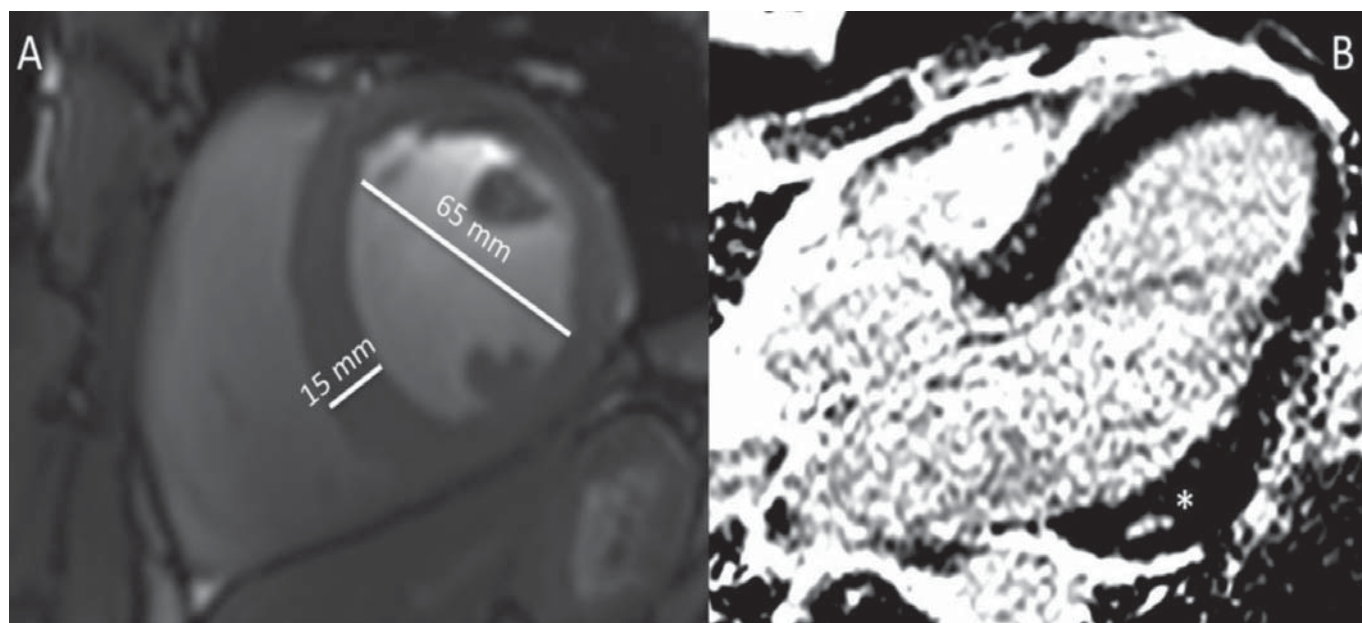


Fig. 2. Cardiac magnetic resonance. Steady-state free precession, short-axis image, demonstrating a dilated (65 mm) and hypertrophied (15 mm) left ventricle in a patient who had been abusing anabolic-androgenic steroids (panel A). Late gadolinium enhancement in the inferolateral wall (asterisk \*) of the left ventricle in the same patient (panel B). Reproduced from Sivalokanathan et al. [14]

Рис. 2. Магнитно-резонансная томография сердца. Стационарная свободная прецессия, изображение по короткой оси, демонстрирующее расширенный (65 мм) и гипертрофированный (15 мм) левый желудочек у пациента, злоупотреблявшего анаболическими-андрогенными стероидами (панель А). Позднее увеличение содержания гадолиния в нижнелатеральной стенке (звездочка \*) левого желудочка у того же пациента (панель В). Воспроизведено по материалам Sivalokanathan et al. [14]

to date a multitude of such “designer” steroid molecules have been detected in laboratories analyzing dietary supplements [36]. Because these agents are not registered for therapeutic use, little is known regarding their pharmacological actions and safety profiles in humans. Should metabolites of these “designer” steroids, however, be detected in an athlete’s urine, doping infringement charges will more than likely ensue. The potential cardiotoxic effects of these agents are assumed to be similar to “classic” AAS.

### 5. AAS boosters

So-called “testosterone boosters” are products advertised to ‘naturally’ increase testosterone levels. These supplements typically contain numerous compounds, and include tongkat ali extract, horny goat weed, saw palmetto extract, boron and nettle extract, amongst others [37]. In addition, some testosterone boosters have been found to contain AAS [37]. Testosterone-boosters have not been adequately studied with respect to their constituents, nor their effects in humans [37]. While some may increase testosterone levels, their safety and efficacy have not been documented [38].

### 6. Data collection on AAS abuse

Attempting to study the cardiovascular toxicity of AAS is limited by the fact that ethical and legal constraints prohibit their administration in athletes, even for research purposes. Accordingly, AAS preparations, dosage and duration of abuse are based on athlete self-reporting. Additionally, the majority of studies comprised cohorts of limited size and

the majority of athletes consume combinations of different substances (sometimes referred to as “stacking”), prohibited or not, such that the registered effects cannot be attributed to AAS with certainty [39]. Despite these limitations, the results of 49 studies over the last 10 years in 1467 athletes abusing AAS, clearly demonstrate an increased frequency of coronary artery disease, arterial hypertension, myocardial infarction, heart failure, arrhythmias and sudden cardiac death [40].

### 7. Conclusions and future perspectives

Dietary supplement use among athletes to enhance performance is proliferating rapidly as more individuals strive to obtain a competitive edge. As a result, the concomitant use of dietary supplements containing AAS of those falling in the categories outlined in the current review, can also be expected to rise. A large variety of “classic AAS”, most of them on the prohibited drug list of the WADA, are being produced on commercial scales in illicit factories worldwide, audacious marketing strategies are being employed by companies and these supplements can be easily ordered via e.g. the internet (“dark web”). It is also reasonable to expect that there will be an increased availability in future of supplements containing “designer” AAS.

On the counter side, ever-increasing sophisticated analytical methodologies are being used and developed to assay dietary supplement and urine samples in doping laboratories. Chromatographic techniques, combined with mass spectrometry, leading to identification of molecular fragments

and product ions, will assist in accurately identifying these substances. In order to do so, large data banks of these chemical entities will have to be compiled. To prevent accidental doping, clear information regarding dietary supplements must be provided to athletes, coaches and physicians at all levels of competition. The risks of accidental doping via dietary supplement ingestion can be minimized by using “safe” products listed on databases, e.g. such as those available in

#### Author contributions:

**Pieter van der Bijl** — concept and publication design, writing the first draft of manuscript, collection and analysis of literature;

**Pieter van der Bijl (Jr)** — editing of the text, collection and analysis of literature.

#### References

1. **Ronis M.J.J., Pedersen K.B., Watt J.** Adverse Effects of Nutraceuticals and Dietary Supplements. *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.* 2018;58:583–601. <https://doi.org/10.1146/annurev-pharmtox-010617-052844>
2. **van der Bijl P., Tutelyan V.A.** Dietary supplements containing prohibited substances. *Vopr Pitan.* 2013;82(6):6–13.
3. **Mueller C.** The regulatory status of medical foods and dietary supplements in the United States. *Nutrition.* 1999;15(3):249–251. [https://doi.org/10.1016/s0899-9007\(98\)00186-5](https://doi.org/10.1016/s0899-9007(98)00186-5)
4. National Institutes of Health. Office of Dietary Supplements. Background Information: Dietary Supplements [internet]. Available at: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/dietarysupplements-Consumer/>.
5. Food and Drug Administration. Dietary Supplements [internet]. Available at: <https://www.fda.gov/food/dietary-supplements>
6. **Tucker J., Fischer T., Upjohn L., Mazzera D., Kumar M.** Unapproved Pharmaceutical Ingredients Included in Dietary Supplements Associated With US Food and Drug Administration Warnings. *JAMA Netw. Open.* 2018;1(6):e183337. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2018.3337>
7. **Delimaris I.** Adverse Effects Associated with Protein Intake above the Recommended Dietary Allowance for Adults. *ISRN Nutr.* 2013;2013:126929. <https://doi.org/10.5402/2013/126929>
8. **Mazzeo F.** Drug abuse in elite athletes: doping in sports. *Sport Science.* 2016;9(2):33–41.
9. **Thlili R., Zayed S., Saoudi W., Azaiez F., Hentati R., Ben Ameer Y.** Adverse cardiovascular effects of doping in athletes. *Tunis Med.* 2019;97(11):1211–1218.
10. **La Gerche A., Brosnan M.J.** Cardiovascular Effects of Performance-Enhancing Drugs. *Circulation.* 2017;135(1):89–99. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.116.022535>
11. **Bhasin S., Storer T.W., Berman N., Callegari C., Clevenger B., Phillips J., et al.** The effects of supraphysiologic doses of testosterone on muscle size and strength in normal men. *N Engl J Med.* 1996;335(1):1–7. <https://doi.org/10.1056/NEJM199607043350101>
12. **Geyer H., Parr M.K., Koehler K., Mareck U., Schanzer W., Thevis M.** Nutritional supplements cross-contaminated and faked with doping substances. *J. Mass Spectrom.* 2008;43(7):892–902. <https://doi.org/10.1002/jms.1452>
13. **Lincoff A.M., Bhasin S., Flevaris P., Mitchell L.M., Basaria S., Boden W.E., Cunningham G.R., Granger C.B., Khera M., Thompson I.M., Jr. et al.** Cardiovascular Safety of Testosterone-Replacement Therapy. *N Engl J Med.* 2023;389:107–117. [doi.org/10.1056/NEJMoa2215025](https://doi.org/10.1056/NEJMoa2215025)
14. **Sivalokanathan S., Malek L.A., Malhotra A.** The Cardiac Effects of Performance-Enhancing Medications: Caffeine vs. Anabolic Androgenic Steroids. *Diagnostics (Basel).* 2021;11(2):324. <https://doi.org/10.3390/diagnostics11020324>
15. **Forbes G.B., Porta C.R., Herr B.E., Griggs R.C.** Sequence of changes in body composition induced by testosterone and reversal of changes after drug is stopped. *JAMA.* 1992;267(3):397–399.
16. **Golestani R., Slart R.H., Dullaart R.P., Glaudemans A.W., Zeebregts C.J., Boersma H.H., et al.** Adverse cardiovascular effects of anabolic steroids: pathophysiology imaging. *Eur. J. Clin. Invest.* 2012;42(7):795–803. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2362.2011.02642.x>
17. **Montisci M., El Mazloun R., Cecchetto G., Terranova C., Ferrara S.D., Thiene G., Basso C.** Anabolic androgenic steroids abuse and cardiac death in athletes: morphological and toxicological findings in four fatal cases. *Forensic Sci. Int.* 2012;217(1-3):e13–18. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2011.10.032>
18. **Fineschi V., Riezzo I., Centini F., Silingardi E., Licata M., Beduschi G., Karch S.B.** Sudden cardiac death during anabolic steroid abuse: morphologic and toxicologic findings in two fatal cases of bodybuilders. *Int. J. Legal Med.* 2007;121(1):48–53. <https://doi.org/10.1007/s00414-005-0055-9>
19. **Thiblin I., Lindquist O., Rajs J.** Cause and manner of death among users of anabolic androgenic steroids. *J. Forensic Sci.* 2000;45(1):16–23.
20. **Hartgens F., Rietjens G., Keizer H.A., Kuipers H., Wolfenbutter B.H.** Effects of androgenic-anabolic steroids on apolipoproteins and lipoprotein (a). *Br. J. Sports Med.* 2004;38(3):253–259. <https://doi.org/10.1136/bjism.2003.000199>
21. **Riebe D., Fernhall B., Thompson P.D.** The blood pressure response to exercise in anabolic steroid users. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1992;24(6):633–637.
22. **Baggish A.L., Weiner R.B., Kanayama G., Hudson J.I., Lu M.T., Hoffmann U., Pope H.G., Jr.** Cardiovascular Toxicity of Illicit Anabolic-Androgenic Steroid Use. *Circulation.* 2017;135(21):1991–2002. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.116.026945>
23. **Gralnick H.R., Rick M.E.** Danazol increases factor VIII and factor IX in classic hemophilia and Christmas disease. *N Engl J Med.* 1983;308:1393–1395. <https://doi.org/10.1056/NEJM198306093082305>
24. **Kluft C., Bertina R.M., Preston F.E., Malia R.G., Blamey S.L., Lowe G.D., Forbes C.D.** Protein C, an anticoagulant protein, is increased in healthy volunteers and surgical patients after treatment with stanozolol. *Thromb Res.* 1984;33:297–304. [https://doi.org/10.1016/0049-3848\(84\)90165-8](https://doi.org/10.1016/0049-3848(84)90165-8)

25. **Gonzales R.J., Ghaffari A.A., Duckles S.P., Krause D.N.** Testosterone treatment increases thromboxane function in rat cerebral arteries. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2005;289:H578–585. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00958.2004>
26. **Ajayi A.A., Mathur R., Halushka P.V.** Testosterone increases human platelet thromboxane A2 receptor density and aggregation responses. *Circulation.* 1995;91:2742–2747. <https://doi.org/10.1161/01.cir.91.11.2742>
27. **Sachtleben T.R., Berg K.E., Elias B.A., Cheatham J.P., Felix G.L., Hofschire P.J.** The effects of anabolic steroids on myocardial structure and cardiovascular fitness. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1993;25(11):1240–1245.
28. **Baggish A.L., Weiner R.B., Kanayama G., Hudson J.I., Picard M.H., Hutter A.M., Jr., Pope H.G., Jr.** Long-term anabolic-androgenic steroid use is associated with left ventricular dysfunction. *Circ. Heart Fail.* 2010;3(4):472–476. <https://doi.org/10.1161/CIRCHEARTFAILURE.109.931063>
29. **Pereira-Junior P.P., Chaves E.A., Costa E.S.R.H., Masuda M.O., de Carvalho A.C., Nascimento J.H.** Cardiac autonomic dysfunction in rats chronically treated with anabolic steroid. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2006;96(5):487–494. <https://doi.org/10.1007/s00421-005-0111-7>
30. **van der Bijl P., Bax J.J.** Imaging for risk stratification of sudden cardiac death. *Herzschrittmacherther Elektrophysiol.* 2022;33(3):261–267. <https://doi.org/10.1007/s00399-022-00884-6>
31. **Maior A.S., Menezes P., Pedrosa R.C., Carvalho D.P., Soares P.P., Nascimento J.H.** Abnormal cardiac repolarization in anabolic androgenic steroid users carrying out submaximal exercise testing. *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol.* 2010;37(12):1129–1133. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1681.2010.05452.x>
32. **Grandperrin A., Schnell F., Donal E., Galli E., Hedon C., Cazorla O., Nottin S.** Specific alterations of regional myocardial work in strength-trained athletes using anabolic steroids compared to athletes with genetic hypertrophic cardiomyopathy. *J. Sport Health. Sci.* 2023;12(4):477–485. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2022.07.004>
33. **D'Andrea A., Radmilovic J., Caselli S., Carbone A., Scarafile R., Sperlongano S., Tocci G., et al.** Left atrial myocardial dysfunction after chronic abuse of anabolic androgenic steroids: a speckle tracking echocardiography analysis. *Int. J. Cardiovasc. Imaging.* 2018;34(10):1549–1559. <https://doi.org/10.1007/s10554-018-1370-9>
34. **Akcakoyun M., Alizade E., Gundogdu R., Bulut M., Tabakci M.M., Acar G., et al.** Long-term anabolic androgenic steroid use is associated with increased atrial electromechanical delay in male bodybuilders. *Biomed. Res. Int.* 2014;2014:451520. <https://doi.org/10.1155/2014/451520>
35. **Sullivan M.L., Martinez C.M., Gallagher E.J.** Atrial fibrillation and anabolic steroids. *J. Emerg. Med.* 1999;17(5):851–857. [https://doi.org/10.1016/s0736-4679\(99\)00095-5](https://doi.org/10.1016/s0736-4679(99)00095-5)
36. **Geyer H., Braun H., Burke L.M., Stear S.J., Castell L.M.** A-Z of nutritional supplements: dietary supplements, sports nutrition foods and ergogenic aids for health and performance -- Part 22. *Br. J. Sports Med.* 2011;45(9):752–754. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090180>
37. **Balasubramanian A., Thirumavalavan N., Srivatsav A., Yu J., Lipshultz L.I., Pastuszak A.W.** Testosterone Imposters: An Analysis of Popular Online Testosterone Boosting Supplements. *J Sex Med.* 2019;16:203–212. <https://doi.org/10.1016/j.jsxm.2018.12.008>
38. **Morgado A., Tsampoukas G., Sokolakis I., Schoentgen N., Urkmez A., Sarikaya S.** Do “testosterone boosters” really increase serum total testosterone? A systematic review. *Int J Impot Res.* 2023. <https://doi.org/10.1038/s41443-023-00763-9>
39. **Deligiannis A.P., Kouidi E.I.** Cardiovascular adverse effects of doping in sports. *Hellenic J. Cardiol.* 2012;53(6):447–457.
40. **Perry J.C., Schuetz T.M., Memon M.D., Faiz S., Can-carevic I.** Anabolic Steroids and Cardiovascular Outcomes: The Controversy. *Cureus.* 2020;12(7):e9333. <https://doi.org/10.7759/cureus.9333>
41. **Geyer H., Parr M.K., Mareck U., Reinhart U., Schradler Y., Schanzer W.** Analysis of non-hormonal nutritional supplements for anabolic-androgenic steroids - results of an international study. *Int. J. Sports Med.* 2004;25(2):124–129. <https://doi.org/10.1055/s-2004-819955>
42. **Bailey R.L.** Current regulatory guidelines and resources to support research of dietary supplements in the United States. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2020;60(2):298–309. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1524364>

#### Information about the authors:

**Pieter van der Bijl\*** — BChD, PhD, Emeritus Professor and Former Head Department of Pharmacology, Faculty of Medicine and Health Sciences, Stellenbosch University, 7505 South Africa, Cape Town, Tygerberg, Francie van Zijl Drive ([pietervanderbijlcp@gmail.com](mailto:pietervanderbijlcp@gmail.com))

**Pieter van der Bijl (Jr)** — MD, PhD, Consultant Cardiologist, SA Endovascular, Netcare Kuils River Hospital, Kuils River Hospital, 7580, South Africa, Cape Town, Kuils Rivier, van Riebeeck Rd, 33

#### Информация об авторах:

**Питер ван дер Бийл\*** — Бакалавр стоматологической хирургии, доктор философии, почетный профессор и бывший заведующий кафедрой фармакологии факультета медицины и медицинских наук Стелленбошского университета, 7505, Южная Африка, Кейптаун, Тайгерберг, Фрэнси ван Зейл Драйв

**Питер ван дер Бийл (Мл.)** — доктор философии, консультант-кардиолог, отделение эндоваскулярной терапии, больница Куилс Ривер, 7580, Южная Африка, Кейптаун, Куилс Ривер, дорога Ван Рибик, 33

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.2.10>

УДК: 616.711.6-089

Тип статьи: Оригинальная статья / Original Research



## Частота потребления специализированных пищевых продуктов студентами спортивного вуза и нарушение принципов их введения в рацион питания

*И.В. Кобелькова<sup>1,2</sup>, М.М. Коростелева<sup>1,3,\*</sup>, Д.Б. Никитюк<sup>1</sup>, Е.Н. Крикун<sup>4</sup>*

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

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

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

<sup>4</sup> ФГБОУ ВО «Московская государственная академия физической культуры», пос. Малаховка, Московская область, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** изучить фактическое питание, в том числе частоту потребления специализированных пищевых продуктов, студентов-баскетболистов.

**Материалы и методы:** обследовано 25 студентов-баскетболистов мужского пола спортивного вуза (средний возраст 20,9 ± 1,8 года). Фактическое питание изучали частотным методом с использованием компьютерной программы «Анализ состояния питания человека». Данные о частоте и количестве потребляемых специализированных пищевых продуктов для питания спортсменов (СПП) и биологически активных добавок к пище (БАД) изучали с помощью специально разработанной нами анкеты.

**Результаты:** суточная калорийность рациона в среднем составляла 3205 ± 520 ккал/сут, что обеспечивалось поступлением 135 ± 36 г белка в сутки, 155 ± 25 г/сут жиров и 317 ± 72 г/сут углеводов, выявлено нарушение структуры рациона питания — преобладают жиры на фоне низкого содержания углеводов и достаточного поступления белка от суточной энергетической ценности. Наблюдается несоответствие суточного набора продуктов (низкое потребление фруктов, овощей, хлеба, рыбы) требованиям Приказа Министерства спорта Российской Федерации от 30.10.2015 № 999 «Об утверждении требований к обеспечению подготовки спортивного резерва для спортивных сборных команд Российской Федерации». В базовом рационе выявлено высокое среднесуточное содержание железа (19 ± 6 мг/сут), витаминов А (1057 ± 729 мкг рет. экв) и С (153 ± 101 мг/сут). Приведены данные по частоте приема СПП и БАД. При этом содержание некоторых нутриентов в них превышало верхние допустимые уровни потребления.

**Заключение:** целесообразно регулярно повышать осведомленность тренеров и спортсменов о принципах рационального питания за счет внедрения в спортивную практику образовательных программ.

**Ключевые слова:** фактическое питание, баскетбол, студенты, специализированные продукты питания, биологически активные добавки

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

**Благодарности:** коллектив авторов выражает глубокую благодарность тренерскому штабу и членам баскетбольной команды МГАФК-Малаховка, медицинскому персоналу и всем сотрудникам ФГБОУ ВО «Московская государственная академия физической культуры».

**Для цитирования:** Кобелькова И.В., Коростелева М.М., Никитюк Д.Б., Крикун Е.Н. Частота потребления специализированных пищевых продуктов студентами спортивного вуза и нарушение принципов их введения в рацион питания. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2023;13(2):84–92. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.2.10>

Поступила в редакцию: 05.09.2022

Принята к публикации: 23.10.2023

Online first: 09.11.2023

Опубликована: 21.11.2023

\* Автор, ответственный за переписку

# Frequency of consumption of specialty food products by sports university students and violation of the principles of their introduction to the diets

Irina V. Kobelkova<sup>1,2</sup>, Margarita M. Korosteleva<sup>1,3,\*</sup>, Dmitry B. Nikityuk<sup>1</sup>, Evgeniy N. Krikun<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia

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

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

<sup>4</sup> Moscow State Academy of Physical Culture, settlement Malakhovka, Moscow region, Russia

## ABSTRACT

**Purpose:** estimate actual diet of college basketball players, including frequency of consumption of specialty foods.

**Materials and methods:** 25 male students sports university basketball were examined (average age  $20.9 \pm 1.8$  years). Actual nutrition was studied by the frequency method using the computer program "Analysis of Human Nutritional Status". Data on the frequency and quantity of consumed specialized food products for the nutrition of athletes (SFP) and biologically active food additives were studied using a questionnaire.

**Results:** the daily energy value of the diet averaged  $3205 \pm 520$  kcal/day,  $135 \pm 36$  g of protein per day,  $155 \pm 25$  g/day of fats and  $317 \pm 72$  g/day of carbohydrates; unoptimal diet structure was revealed — fats predominate from the daily energy value, carbohydrate and protein intake was low. There is a discrepancy between daily food intake (low consumption of fruits, vegetables, bread, fish) and the Order of the Ministry of Sports of the Russian Federation dated October 30, 2015 No. 999 "On requirements approval for ensuring the sports reserves training for sports teams of the Russian Federation" requirements. Basic diet revealed a high average daily content of iron ( $19 \pm 6$  mg/day), vitamins A ( $1057 \pm 729$   $\mu$ g ret. equiv) and C ( $153 \pm 101$  mg/day). Data on the frequency of taking SPPs and dietary supplements are provided. At the same time, content of some nutrients in them exceeded the upper permissible consumption levels.

**Conclusion:** it is advisable to regularly increase the awareness of coaches and athletes about the rational nutrition principles through the introduction of educational programs into sports practice.

**Keywords:** actual nutrition, basketball, students, specialized foods, dietary supplements

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

**Acknowledgement:** The authors express deep gratitude to the coaching staff and members of the basketball team of MSAPE-Malakhovka, medical staff and all employees of the Moscow State Academy of Physical Culture.

**For citation:** Kobelkova I.V., Korosteleva M.M., Nikityuk D.B., Krikun E.N. Frequency of consumption of specialty food products by sports university students and violation of the principles of their introduction to the diets. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2023;13(2):84–92. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.2.10>

**Received:** 5 October 2022

**Accepted:** 23 October 2023

**Online first:** 9 November 2023

**Published:** 21 November 2023

\*Corresponding author

## 1. Введение

Оптимальный пищевой статус и спортивная результативность обусловлены соответствующим физиологическим потребностям поступлением пищевых веществ определенной энергетической ценности в составе блюд и продуктов рациона питания. Баскетбол относится к игровому виду спорта, характеризуется интенсивными физическими нагрузками, требующими адекватного восполнения пищевых веществ и энергии.

Данные о фактическом питании, в том числе о потреблении отдельных групп продуктов спортсменами-баскетболистами, ограничены и противоречивы [1–3].

Физиологические и метаболические потребности во время баскетбольного матча очень высоки, так как высокоинтенсивные прерывистые нагрузки выполняются в течение относительно длительного времени [4]. Повышенная концентрация лактата в крови во время

игры указывает на то, что преимущественным источником энергообеспечения мышечной деятельности является гликолиз, а частота сердечных сокращений косвенно указывает на аэробный характер энергообеспечения. Исследование Janeira и Maia [5] показало, что в течение одной игры на долю бега умеренной и высокой интенсивности приходится почти 45 % и 25 % от общей преодоленной дистанции соответственно. То есть энергетические потребности игроков зависят как от аэробных, так и от анаэробных метаболических путей, следовательно, углеводы являются основным источником субстратов окисления [6]. Учитывая, что во время игры выполняется ряд повторяющихся эксцентрических мышечных сокращений, белок играет ключевую роль в восстановлении и ремоделировании мышц [7, 8].

Для улучшения спортивных результатов и профилактики перетренированности, поддержания здоровья

спортсменов и лиц с высокой физической активностью необходимо проведение исследований их фактического питания и пищевого статуса, что при определении дисбаланса в структуре питания будет служить основанием для включения в рацион специализированных пищевых продуктов (СПП) и биологически активных добавок (БАД).

Низкий уровень осведомленности спортсменов о принципах оптимального питания, нормах физиологической потребности в пищевых веществах и энергии обуславливает бессистемный прием большого количества «спортивного питания» сходного состава без учета суммарной суточной дозировки всех поступающих ингредиентов, возможного фармакологического взаимодействия компонентов.

Таким образом, разработка подходов к оптимизации рационов питания баскетболистов для повышения их адаптационного потенциала и профессиональной результативности является весьма актуальной.

Основными целями данного исследования были анализ рациона питания студентов-баскетболистов спортивного вуза и распространенность применения среди них специализированных пищевых продуктов и биологически активных добавок.

## 2. Материалы и методы

Участниками исследования стали 25 студентов мужского пола 2–4-го курсов очной дневной формы обучения — членов баскетбольной команды ФГБОУ ВО МГАФК (средний возраст  $20,9 \pm 1,8$  года, рост  $188,9 \pm 1,5$  см, вес  $84,5 \pm 1,8$  кг, индекс массы тела  $23,6 \pm 0,4$  кг/м<sup>2</sup>) в предсоревновательный период спортивной деятельности. Четыре спортсмена имели звание кандидата в мастера спорта России, а остальные имели первый взрослый разряд.

Фактическое питание спортсменов изучали частотным методом с использованием компьютерной программы «Анализ состояния питания человека» (версия 1.2.4 ГУ НИИ питания РАМН 2004 г., программа зарегистрирована Российским агентством по патентам и товарным знакам 09.02.2004 № 2004610397). После обработки первичных данных из дальнейшего анализа были исключены наблюдения с наиболее низкими (менее 2400 ккал/сут) и наиболее высокими (более 5500 ккал/сут) показателями среднесуточной энергетической ценности рационов питания. Данные о частоте и количестве потребляемых СПП для питания спортсменов и БАД к пище были изучены с помощью специально разработанной анкеты (Приложение 2 к методическим рекомендациям «Рекомендации по включению в базовый рацион питания высококвалифицированных спортсменов специализированных пищевых продуктов для оптимизации метаболических процессов при сверхвысоких нагрузках») [9]. Адекватность потребления основных пищевых веществ оценивали в соответствии с методическими рекомендациями МР 2.3.1.0253–21

«Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» для мужчин в возрастной группе 18–29 лет с высоким уровнем физической активности (IV группа) [10], энергии — с приказом Министерства спорта Российской Федерации № 999 от «Об утверждении требований к обеспечению подготовки спортивного резерва для спортивных сборных команд Российской Федерации» [11]. Протокол исследования (№ 11 от 15.12.2021 г. в рамках выполнения ФНИ № FGMF-2022–0004) был одобрен этическим комитетом ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи».

Статистическую обработку данных осуществляли с помощью IBM SPSS Statistics v. 20.0 для Windows (IBM, США). Результаты представлены в виде среднего арифметического и ошибки среднего арифметического ( $M \pm m$ ). Проверку достоверности различия средних значений изучаемых признаков оценивали по *t*-критерию Стьюдента, достоверными считали различия при  $p < 0,05$ . При оценке силы связи коэффициентов корреляции использовали шкалу Чеддока.

## 3. Результаты

Среднесуточная пищевая и энергетическая ценность рациона студентов-баскетболистов представлена в таблице.

Пищевая и энергетическая ценность рациона, в том числе содержание витаминов, макро- и микроэлементов, зависит от разнообразия основных групп пищевых продуктов в питании спортсмена. Установлено, что среднее потребление различных групп пищевых продуктов значительно отличалось от рекомендуемых уровней, изложенных в Приказе Министерства спорта Российской Федерации № 999 [12]. Несмотря на то что с учетом наличия учебного процесса студентов — спортсменов вуза, и только двух дней в неделю с двумя тренировками (в остальные дни — одна интенсивная тренировка в день), для оценки полученных данных были взяты нормы по группе «а — 3750 ккал», но не «б — 4750 ккал», как указано в приказе. Так, потребление хлеба было низким и составило  $54 \pm 2,8$  г/сут при рекомендуемом уровне 150 г/сут пшеничного и 150 г/сут ржаного хлеба, содержание фруктов ( $76 \pm 5,6$  г/сут) и свежих овощей, зелени ( $167 \pm 8,5$  г/сут) также не соответствовало рекомендованным уровням 450 г/сут и 300 г/сут (без учета картофеля), было отмечено и низкое потребление рыбы  $11 \pm 0,7$  г/сут при норме 70 г/сут. Основными источниками жира и белка являлись мясные гастрономические (колбасные) изделия, мясо и яйца, кондитерские изделия (в части жира), при этом потребление рыбы было крайне низким. Источниками более половины потребляемых углеводов являлись сладкие газированные напитки, кондитерские изделия, соки и фрукты.

В данном исследовании проводилась оценка не только основного (базового/традиционного) рациона питания,



Таблица

Потребление основных пищевых веществ и энергетическая ценность рациона мужчин-баскетболистов ( $n = 22$ )

Table

Consumption of basic nutrients and energy value of the diet of male basketball players,  $M \pm m$ , ( $n = 22$ )

Показатели	Потребление		Рекомендуемые уровни		
	Абсолютное, ккал (г)/сут	Удельное, ккал (г)/кг МТ/сут	Нормы [10] 3÷4 гр, ккал (г)/сут	ISSN (удельное, г/кг МТ/сут) [11]	Приказ 999* [12]
ЭЦ	3205 ± 171	39 ± 2	3250 ÷ 3800		3750–4750*
Белки	135 ± 8,9	1,6 ± 0,1	102 ÷ 114	1,2–1,4	
Жиры	155 ± 9,5	1,9 ± 0,2	108 ÷ 127	0,5–1,5	
Углеводы	317 ± 17,1	3,8 ± 0,3	467 ÷ 551	6–10 для 1–3-часовых тренировок с умеренно высокой интенсивностью	
Пищевые волокна	5,4 ± 0,7		20–25		

Примечание: \* — для оценки адекватности потребления энергии приказу Минспорта РФ от 30 октября 2015 г. № 999 были взяты нормы по группе а (объяснение в тексте).

Note: \* — The standards for group A were taken according to the order of the Ministry of Sports of the Russian Federation dated October 30, 2015 No. 999 to assess the adequacy of energy consumption (further explanation in the text).

но и вклад в него пищевых веществ, витаминов и минералов, дополнительно поступающих с СПП и БАД.

Анализ полученных данных показал, что лишь четверо из 25 участников дополнительно употребляли несколько СПП и БАД одновременно, что может быть связано с отсутствием централизованного обеспечения за счет средств бюджета по сравнению с профессиональными спортсменами, получающими так называемое «спортивное питание» бесплатно в периоды сборов и соревнований, и ограниченными материальными возможностями учащихся. Наиболее популярными специализированными продуктами являлись высокобелковые смеси («протеины») ( $n = 4$ ), аминокислоты с разветвленной боковой цепью (ВСАА) ( $n = 4$ ), креатин и витаминно-минеральный комплекс для спортсменов ( $n = 3$ ) и один студент принимал БАД для поддержания функциональной активности суставно-связочного аппарата.

Среднесуточное потребление СПП с высоким содержанием белка для тех, кто дополнял ими основной рацион, варьировало в диапазоне 25–80 г/сут, что обеспечивало дополнительное поступление белка в количестве 20–64 г/сут, жира — 0,8–2,7 г/сут и 2,5–8 г/сут углеводов. Прием БАД, содержащей комплекс ВСАА, обеспечивал поступление 6,3–12,6 г/сут трех незаменимых аминокислот с разветвленной цепью, креатина — до 6 г/сут. Учитывая, что для приготовления «протеинового» коктейля спортсмены использовали от 500 мл до 1000 мл молока со стандартной массовой долей жира 3,2%, калорийность рациона питания увеличивалась на 310–620 ккал/сут, в первую очередь за счет жира и углеводов (лактоза), что в еще большей степени усиливало его несбалансированность.

Анализ содержания некоторых водорастворимых витаминов в базовом рационе студентов-баскетболистов

выявил несоответствие имеющимся рекомендациям для большинства из них. Уровень потребления витамина С был снижен у трети обследованных, однако его среднее содержание в рационе было несколько выше нормы физиологической потребности ( $153 \pm 18,2$  мг/сут) для человека с энерготратами 2300 ккал/сут [9]. Содержание витамина В<sub>1</sub> было ниже рекомендуемого уровня как в абсолютных значениях ( $1,4 \pm 0,01$  мг/сут), так и в пересчете на каждые 1000 килокалорий ( $0,4 \pm 0,01$  мг/1000 ккал), потребляемую с рационом. Поступление витамина В<sub>2</sub> с рационом было несколько выше норм физиологической потребности ( $2,2 \pm 0,01$  мг/сут), однако при оценке удельного потребления выявлен его дефицит —  $0,7 \pm 0,01$  мг/1000 ккал. Аналогичная ситуация наблюдалась и при определении содержания ниацина: в среднем оно находилось на уровне  $25,0 \pm 0,7$  мг/сут, но удельное было снижено —  $7,8 \pm 0,04$  мг/1000 ккал. Это указывает на целесообразность оценки содержания некоторых витаминов на одну мегакалорию, принимая во внимание повышенные энерготраты спортсменов и, соответственно, более высокую энергетическую ценность рациона питания для их компенсации.

Поступление жирорастворимого витамина А в среднем незначительно превышало нормы физиологической потребности (900 мкг рет. экв.) и составляло  $1057 \pm 153$  мкг рет. экв. Однако это достигалось за счет крайне высокого потребления витамина А у трети студентов, а у большей части (68% участников) поступление этого витамина было ниже норм физиологической потребности и варьировало от 30 до 89% рекомендуемых значений [10].

Потребление натрия участниками исследования было повышенным —  $5,1 \pm 0,2$  г/сут (при рекомендуемом уровне 1,3 г/сут) [9], что связано с частым

употреблением сыра, мясных гастрономических изделий и продуктов фастфуда. Потребление кальция с пищевыми продуктами и блюдами соответствовало физиологическим потребностям ( $1312 \pm 157$  мг/сут), при этом его соотношение с фосфором составило 1: 1,5.

Содержание железа в рационе питания в среднем было достаточным с учетом высоких энергозатрат —  $20 \pm 1,4$  мг/сут. При этом, как и ожидалось, была установлена умеренная положительная корреляционная связь ( $r = 0,64$ ) между уровнями потребления белка и железа в рационе. Только у одного спортсмена отмечено сниженное потребление железа, а у 40% участников поступление данного нутриента превышало 20 мг/сут [9].

Следует отметить, что содержание некоторых витаминов ( $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$ ,  $B_6$  (по 50 мг),  $B_{12}$  (50 мкг), D (40 мкг)) в БАД в несколько раз превышало верхние допустимые уровни их потребления, установленные в Единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требованиях к продукции, подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору [13]. Хондропротектор содержал биологически активные вещества в количествах на уровне верхнего допустимого уровня потребления в отношении и глюкозамина сульфата (1,5 г), витамина С (1 г) и хондроитина сульфата (1,2 г). Кроме того, во время участия в соревнованиях спортсмены выпивали до 1000 мл изотонических напитков, являющихся дополнительными источниками углеводов, электролитов, креатина, что также необходимо учитывать при оценке итоговой пищевой и энергетической ценности рациона.

#### 4. Обсуждение

Анализ результатов, проведенных ранее специалистами ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» исследований фактического питания спортсменов различных групп спорта, выявил отклонения от оптимального содержания белков, жиров и углеводов и их соотношение в структуре суточной калорийности рациона. Потребление жиров, в том числе насыщенных жирных кислот, существенно превышало рекомендуемые значения, при этом количество углеводов было снижено. У спортсменов большинства обследованных нами команд имело место несоответствие рекомендуемым параметрам распределения энергетической ценности (ЭЦ) приемов пищи в течение дня по набору продуктов. В частности, установлены недостаточное потребление овощей и фруктов, рыбы, крайне низкий уровень потребления кисломолочных напитков. Так, у представителей сборной РФ по академической гребле вклад белков в среднюю ЭЦ рациона был достаточным и равнялся 16,8%, вклад жиров (43,3%) превышал, а вклад углеводов (39,9%) был ниже рекомендуемого уровня [14–17]. Отмечено однообразие блюд в меню организованного питания, необоснованное включение в рацион большого числа (до 8–9 наименований одновременно) специализированных пищевых продуктов и биологически активных добавок к пище [14–17].

Аналогичные отклонения от оптимального питания были выявлены у обследованных нами баскетболистов: при достаточно высокой доле белка в структуре суточной калорийности рациона (16,5%) доля жиров (43,5% от ЭЦ) превышала рекомендованные значения, а вклад углеводов (39,5% от ЭЦ) был снижен более чем на 25%. При этом отмечено низкое потребление углеводов как в абсолютных значениях, так и в пересчете на килограмм массы тела. Эти данные согласуются с результатами других исследований [18, 19]. Ежедневное поступление углеводов с рационом у 100% опрошенных баскетболистов было ниже рекомендованного уровня — 6 г/кгМТ/сут, лишь трое потребляли более 5 г/кгМТ/сут. Исследования иностранных авторов показали, что ежедневное потребление углеводов у 56% баскетболистов-юниоров (15–16 лет), было менее 6 г/кгМТ/сут [9, 10]. Отмечается, что на фоне высокой энергетической ценности рациона питания элитные испанские баскетболисты потребляли в среднем 4,5 г/кгМТ/сут углеводов [20]. По данным Baker и соавт., потребление углеводов достигало рекомендуемых значений 5–7 г/кгМТ/сут у 84% спортсменов-мужчин и только 42% спортсменок. При этом только 68% баскетболистов мужского пола и 43% женского следовали рекомендациям по употреблению дополнительного количества углеводов в течение часа после окончания тренировки (1,0–1,2 г/кгМТ/ч) [21]. В нашем исследовании установлено, что потребление продуктов, являющихся источниками полисахаридов, которые стабильно обеспечивают уровень глюкозы в крови и высокую работоспособность, было недостаточным. Низкое потребление овощей и фруктов, хлеба из муки грубого помола, крупяных гарниров и каш, являющихся источниками пищевых волокон, может привести к нарушению моторной функции желудочно-кишечного тракта. Кроме того, эти нутриенты являются пребиотиками и способствуют оптимизации разнообразия кишечного микробиома, который, в свою очередь, влияет на иммунный статус, адаптационный потенциал спортсмена и его профессиональную производительность. Следует отметить достаточно высокое потребление кондитерских изделий, содержащих не только жир, но и добавленный сахар, что может вызывать резкие колебания уровня глюкозы в крови и связанное с ее падением возникновение усталости.

У обследованных студентов-баскетболистов установлено среднее потребление углеводов на уровне  $3,8 \pm 0,3$  г/кгМТ/сут, что существенно ниже рекомендуемого интервала для спортсменов командных видов спорта (5–12 г/кг/сут) [21, 22], поэтому необходимо оптимизировать рационы питания, увеличив частоту и количество потребления хлебобулочных и макаронных изделий из муки грубого помола, крупяных блюд, картофеля и других корнеплодов, фруктов. Это позволит обеспечить депонирование гликогена и более стабильный уровень глюкозы в крови.

Различные источники углеводов как из традиционных продуктов питания, так и из СПП эффективны в восстановлении запасов гликогена. Их выбор определяется индивидуальными предпочтениями спортсмена (состояние здоровья, наличие пищевой аллергии, непереносимости, тренировочными задачами и удобством применения). Выбор углеводов с умеренным и высоким гликемическим индексом является актуальной стратегией повышения выносливости и производительности при максимально длительных тренировках, поскольку доступность субстратов для окисления будет частично регулироваться быстрым поступлением глюкозы [24]. Персонализированный подход к потреблению углеводов в различные периоды учебной и спортивной деятельности имеет значение для оптимизации краткосрочного восстановления и экономизации физических нагрузок в долгосрочной перспективе. В условиях игр, до и после режимных тренировок в условиях дефицита углеводов в базовом рационе для обеспечения их суммарного потребления не менее 5 г/кгМТ/сут студентам рекомендован прием СПП (углеводно-белковые смеси, углеводные гели, изотонические напитки).

Данные опроса немецких элитных баскетболистов свидетельствуют о том, что большинство спортсменов потребляют белок в пределах рекомендуемого диапазона [25]. Результаты анкетирования 550 спортсменов командных видов спорта показали, что потребление белка как среди мужчин, так и женщин составляло в среднем 1,5 и 1,4 г/кгМТ/сут соответственно [26], что согласуется с полученными нами данными.

Четких рекомендаций по обоснованию физиологической потребности в жирах у представителей различных видов спорта нет, но указывается, что их содержание должно составлять, по одним данным, не более 30% от энергетической ценности рациона [1], по другим — 25–35% [26]. В данном исследовании установлено превышение рекомендуемого уровня в среднем в 1,5 раза, а максимально в — 1,7 раза. Выявлено избыточное поступление жиров и холестерина ( $560 \pm 49$  мг/сут), что является фактором риска развития метаболического синдрома и сердечно-сосудистых заболеваний.

Потребление в составе выбранного БАД витаминов  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_6$  превышало не только адекватный, но и верхний допустимый уровень потребности в 10 раз,  $V_{12}$  — в 5 раз, D — 40 мкг — в 2,7 раза. Потребление витамина С в составе СПП в дозировках выше 200 мг при его нормальном уровне в базовом рационе не имеет доказательной базы в плане повышения спортивной результативности.

Некоторые баскетболисты дополняли основной рацион одновременным употреблением 2–3 видов СПП. Общая доля белка из специализированных продуктов была практически эквивалентна количеству, поступающим в составе традиционных блюд, а его суточное потребление превышало рекомендуемые значения в 1,5 раза. Особенно важно учитывать пищевую

и энергетическую ценность жидкости, используемой для разведения инстантных (сухих) напитков (высокобелковых, изотонических и других) в сумме с собственной, указанной на этикетке, СПП для более объективной оценки суточной калорийности рациона и коррекции выбранных ранее «спортивных продуктов». Баскетболисты, дополняющие питание СПП с высоким содержанием белка в сочетании с ВСАА и креатином, в сумме с традиционным рационом превышают рекомендуемые уровни как отдельных аминокислот, так и белка в целом.

Вероятнее всего, бессистемный прием большого количества «спортивного питания» сходного состава, без учета суммарной суточной дозировки всех поступающих ингредиентов, возможного фармакологического взаимодействия компонентов обусловлен низким уровнем осведомленности участниками проведенного исследования о основных принципах применения СПП и БАД.

Исходя из результатов наших предыдущих исследований, с учетом наиболее распространенных ошибок при применении СПП и БАД разработаны и утверждены в установленном порядке Методические рекомендации «Рекомендации по включению в базовый рацион питания высококвалифицированных спортсменов специализированных пищевых продуктов для оптимизации метаболических процессов при сверхвысоких нагрузках» [9].

Ограничениями для данного исследования является возможность ошибки частотного метода изучения фактического питания (до 20%) в условиях дефицита времени спортсмена на проведение повторного опроса, а также его кросс-секционный характер, не позволяющий оценить анализируемые параметры в разные периоды соревновательного сезона.

На следующих этапах исследования запланирована оценка показателей пищевого статуса, объективно отражающих степень витаминной обеспеченности опрошенных, компонентного состава тела, показателей клеточного и гуморального иммунитета.

## 5. Заключение

Таким образом, у обследованных студентов-баскетболистов отмечено нарушение сбалансированности потребления макронутриентов, а также несоответствие имеющимся рекомендациям включения СПП и БАД («спортивного питания») в основной рацион. Часть спортсменов имеет дефицит витаминов в рационе, но при этом не потребляет дополнительно БАД или СПП в качестве их источников.

Спортсменам были даны персональные рекомендации по принципам оптимизации индивидуального рациона и включения в него СПП и БАД.

При расчете суточного потребления необходимо учитывать поступление отдельных биологически активных веществ (витаминов, минералов, кофеина и других)

из всех видов СПП и БАД. При выявлении избыточного или недостаточного поступления нутриентов требуется коррекция применения ранее выбранных СПП и/или БАД, или введение их при необходимости.

#### Вклад авторов:

**Кобелькова Ирина Витальевна** — концепция и дизайн публикации, написание первой версии текста;

**Коростелева Маргарита Михайловна** — написание и редактирование текста, сбор и анализ данных исследования;

**Никитюк Дмитрий Борисович** — сбор и анализ литературных данных; сбор и анализ данных исследования;

**Крикун Евгений Николаевич** — написание и редактирование текста, концепция и дизайн публикации, написание первой версии текста.

#### Список литературы

1. Schröder H., Navarro E., Mora J., Seco J., Torregrosa J.M., Tramullas A. Dietary habits and fluid intake of a group of elite spanish basketball players: a need for professional advice? Eur. J. Sport. Sci. 2004;4(2):1–15. <https://doi.org/10.1080/17461390400074204>
2. Ali A., Al-Siyabi M.S., Waly M.I., Kilani H.A. Assessment of nutritional knowledge, dietary habits and nutrient intake of University student athletes. Pak. J. Nutr. 2015;14(5):293–299. <https://doi.org/10.3923/pjn.2015.293.299>
3. Sánchez-Díaz S., Yanci J., Raya-González J., Scanlan A.T., Castillo D. A Comparison in Physical Fitness Attributes, Physical Activity Behaviors, Nutritional Habits, and Nutritional Knowledge Between Elite Male and Female Youth Basketball Players. Front. Psychol. 2021;12:685203. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.685203>
4. Stojanović E., Stojiljković N., Scanlan A.T., Dalbo V.J., Berkelmans D.M., Milanović Z. The Activity Demands and Physiological Responses Encountered During Basketball Match-Play: A Systematic Review. Sport. Med. 2018;48(1):111–135. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0794-z>
5. Janeira M.A., Maia J. Game Intensity in Basketball. An Interactionist View Linking Time-motion Analysis, Lactate Concentration and Heart Rate. Coaching & Sport Science Journal. 1998;3(2):26–30.
6. McInnes S., Carlson J., Jones C., McKenna M.J. The physiological load imposed on basketball players during competition. J. Sport. Sci. 1995;13(5):387–397. <https://doi.org/10.1080/02640419508732254>
7. Phillips S.M., Van Loon L.J. Dietary protein for athletes: From requirements to optimum adaptation. J. Sport. Sci. 2011;29(Suppl 1):S29–S38. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.619204>
8. Vukasinović-Vesić M., Andjelković M., Stojmenović T., Dikić N., Kostić M., Curčić D. Sweat rate and fluid intake in young elite basketball players on the FIBA Europe U20 Championship. Vojnosanit. Pregl. 2015;72(12):1063–1068. <https://doi.org/10.2298/VSP140408073V>
9. Рекомендации по включению в базовый рацион питания высококвалифицированных спортсменов специализированных пищевых продуктов для оптимизации метаболических процессов при сверхвысоких нагрузках. Методические рекомендации [интернет]. Москва: Мультипринт; 2023. Режим доступа: [http://web.ion.ru/files/%D0%9C%D0%A0\\_%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82.pdf](http://web.ion.ru/files/%D0%9C%D0%A0_%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82.pdf)
10. Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской

Целесообразно регулярно повышать осведомленность тренеров и спортсменов о принципах рационального питания за счет внедрения в спортивную практику образовательных программ.

#### Authors' contributions:

**Irina V. Kobelkova** — concept and publication design, writing the first draft of manuscript;

**Margarita M. Korosteleva** — editing of the text, collection and analysis of study data;

**Dmitry B. Nikityuk** — collection and analysis of literature; collection and analysis of study data;

**Evgeny N. Krikun** — editing of the text, concept and publication design, writing the first draft of manuscript.

#### References

1. Schröder H., Navarro E., Mora J., Seco J., Torregrosa J.M., Tramullas A. Dietary habits and fluid intake of a group of elite spanish basketball players: a need for professional advice? Eur. J. Sport. Sci. 2004;4(2):1–15. <https://doi.org/10.1080/17461390400074204>
2. Ali A., Al-Siyabi M.S., Waly M.I., Kilani H.A. Assessment of nutritional knowledge, dietary habits and nutrient intake of University student athletes. Pak. J. Nutr. 2015;14(5):293–299. <https://doi.org/10.3923/pjn.2015.293.299>
3. Sánchez-Díaz S., Yanci J., Raya-González J., Scanlan A.T., Castillo D. A Comparison in Physical Fitness Attributes, Physical Activity Behaviors, Nutritional Habits, and Nutritional Knowledge Between Elite Male and Female Youth Basketball Players. Front. Psychol. 2021;12:685203. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.685203>
4. Stojanović E., Stojiljković N., Scanlan A.T., Dalbo V.J., Berkelmans D.M., Milanović Z. The Activity Demands and Physiological Responses Encountered During Basketball Match-Play: A Systematic Review. Sport. Med. 2018;48(1):111–135. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0794-z>
5. Janeira M.A., Maia J. Game Intensity in Basketball. An Interactionist View Linking Time-motion Analysis, Lactate Concentration and Heart Rate. Coaching & Sport Science Journal. 1998;3(2):26–30.
6. McInnes S., Carlson J., Jones C., McKenna M.J. The physiological load imposed on basketball players during competition. J. Sport. Sci. 1995;13(5):387–397. <https://doi.org/10.1080/02640419508732254>
7. Phillips S.M., Van Loon L.J. Dietary protein for athletes: From requirements to optimum adaptation. J. Sport. Sci. 2011;29(Suppl 1):S29–S38. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.619204>
8. Vukasinović-Vesić M., Andjelković M., Stojmenović T., Dikić N., Kostić M., Curčić D. Sweat rate and fluid intake in young elite basketball players on the FIBA Europe U20 Championship. Vojnosanit. Pregl. 2015;72(12):1063–1068. <https://doi.org/10.2298/VSP140408073V>
9. Recommendations for the inclusion of specialized food products in the basic diet of highly qualified athletes to optimize metabolic processes under ultra-high loads. Methodological recommendations [internet]. Moscow: Multiprint LLC; 2023. Available at: [http://web.ion.ru/files/%D0%9C%D0%A0\\_%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82.pdf](http://web.ion.ru/files/%D0%9C%D0%A0_%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82.pdf) (In Russ.).
10. Methodological recommendations МР 2.3.1.0253-21 “Norms for physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation” (approved by

Федерации» (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 22 июля 2021 г.) [интернет]. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402716140/>

11. **Kerksick C.M., Wilborn C.D., Roberts M.D., Smith-Ryan A., Kleiner S.M., Jäger R., et al.** ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2008;15(1):38. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0242-y>

12. Приказ Министерства спорта Российской Федерации от 30.10.2015 № 999 «Об утверждении требований к обеспечению подготовки спортивного резерва для спортивных сборных команд Российской Федерации» [интернет]. Режим доступа: [https://belomorsport.ru/sport\\_reserv/regulatory\\_legal\\_acts/prikaz-ministerstva-sporta-rossii-ot-30-10-2015-999-ob-utverzhenii-trebovaniy-k-obespecheniyu-podgo/](https://belomorsport.ru/sport_reserv/regulatory_legal_acts/prikaz-ministerstva-sporta-rossii-ot-30-10-2015-999-ob-utverzhenii-trebovaniy-k-obespecheniyu-podgo/).

13. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю): утверждены Решением Комиссии таможенного союза от 28 мая 2010 года № 299 [интернет]. Режим доступа: [http://www.eurasiancommission.org/ru/act/txnreg/depnsanmer/sanmeri/Pages/P2\\_299.aspx](http://www.eurasiancommission.org/ru/act/txnreg/depnsanmer/sanmeri/Pages/P2_299.aspx).

14. **Korosteleva M.M., Kobelkova I.V., Radzhabkadiyev R.M., Sokolov A.I., Semenov M.M., Vybornaya K.V. и др.** Результаты изучения некоторых антропометрических характеристик, фактического питания, пищевого статуса и суточных энергозатрат спортсменов сборной по академической гребле. *Наука и спорт: современные тенденции.* 2021;9(3):22–32. <https://doi.org/10.36028/2308-8826-2021-9-3-22-32>

15. **Kobelkova I.V., Korosteleva M.M., Mavliev F.A., Nabatov A.A., Nazarenko A.S., Nikityuk D.B.** Введение специализированных пищевых продуктов в рацион спортсменов сборной РФ по академической гребле. *Наука и спорт: современные тенденции.* 2022;10(4):6–15. <https://doi.org/10.36028/2308-8826-2022-10-4-6-15>

16. **Kobelkova I.V., Martinchik A.N., Keshabyants E.E., Denisova N.N., Peskova E.V., Vybornaya K.V., et al.** Анализ рациона питания членов мужской сборной команды России по водному поло в соревновательный период. *Вопросы питания.* 2019;88(2):50–57. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10017>

17. **Keshabyants E.E., Denisova N.N., Sorokina E.Yu., Radzhabkadiyev R.M., Vybornaya K.V.** Анализ фактического питания спортсменов футбольной команды. *Спортивная медицина: наука и практика.* 2021;11(1):37–43. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.1.9>

18. **Szczepańska E., Spalkowska A.** Zachowania żywieniowe sportowców wyczynowo uprawiających siatkówkę i koszykówkę [Dietary behaviours of volleyball and basketball players]. *Rocz. Panstw. Zakł. Hig.* 2012;63(4):483–489.

19. **Zanders B.R., Currier B.S., Hartly P.S., Zabriskie H.A., Smith C.R., Stecker R.A., et al.** Changes in energy expenditure, dietary intake, and energy availability across an entire collegiate women's basketball season. *J. Strength Condition. Res.* 2018;35(3):804–810. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002783>

20. **Schröder H., Navarro E., Mora J., Seco J., Torregrosa J.M., Tramullas A.** Dietary habits and fluid intake of a group of elite spanish basketball players: a need for professional advice? *Eur. J. Sport. Sci.* 2004;4(2):1–15. <https://doi.org/10.1080/17461390400074204>

21. **Baker L.B., Heaton L.E., Nuccio R.P., Stein K.W.** Dietitian-observed macronutrient intakes of young skill and team-sport athletes: adequacy of pre, during, and postexercise nutrition. *Int. J. Sport. Nutr. Exerc. Metab.* 2014;24(2):166–176. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2013-0132>

the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being on July 22, 2021) [internet]. Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402716140/> (In Russ.).

11. **Kerksick C.M., Wilborn C.D., Roberts M.D., Smith-Ryan A., Kleiner S.M., Jäger R., et al.** ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2008;15(1):38. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0242-y>

12. Order of the Ministry of Sports of the Russian Federation dated October 30, 2015 No. 999 “On approval of requirements for ensuring the training of sports reserves for sports teams of the Russian Federation.” [internet]. Available at: [https://belomorsport.ru/sport\\_reserv/regulatory\\_legal\\_acts/prikaz-ministerstva-sporta-rossii-ot-30-10-2015-999-ob-utverzhenii-trebovaniy-k-obespecheniyu-podgo/](https://belomorsport.ru/sport_reserv/regulatory_legal_acts/prikaz-ministerstva-sporta-rossii-ot-30-10-2015-999-ob-utverzhenii-trebovaniy-k-obespecheniyu-podgo/) (In Russ.).

13. Uniform sanitary-epidemiological and hygienic requirements for products (goods) subject to sanitary-epidemiological supervision (control) (approved by the Decision of the Customs Union Commission dated May 28, 2010 No. 299) [internet]. Available at: [http://www.eurasiancommission.org/ru/act/txnreg/depnsanmer/sanmeri/Pages/P2\\_299.aspx](http://www.eurasiancommission.org/ru/act/txnreg/depnsanmer/sanmeri/Pages/P2_299.aspx) (In Russ.).

14. **Korosteleva M.M., Kobelkova I.V., Radzhabkadiyev R.M., Sokolov A.I., Semenov M.M., Vybornaya K.V., et al.** Results of studying some anthropometric characteristics, actual nutrition, nutritional status and daily energy expenditure of athletes of the rowing team. *Science and sport: current trends.* 2021;9(3):22–32. (In Russ.). <https://doi.org/10.36028/2308-8826-2021-9-3-22-32>

15. **Kobelkova I.V., Korosteleva M.M., Mavliev F.A., Nabatov A.A., Nazarenko A.S., Nikityuk D.B.** Introduction of specialized food products into the diet of athletes of the Russian national rowing team. *Science and sport: current trends.* 2022;10(4):6–15. <https://doi.org/10.36028/2308-8826-2022-10-4-6-15>

16. **Kobelkova I.V., Martinchik A.N., Keshabyants E.E., Denisova N.N., Peskova E.V., Vybornaya K.V., et al.** Analysis of the diet of members of the Russian men's national water polo team during the competitive period. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition].* 2019;88(2):50–57. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10017>

17. **Keshabyants E.E., Denisova N.N., Sorokina E.Yu., Radzhabkadiyev R.M., Vybornaya K.V.** Analysis of actual nutrition of football team athletes. *Sports medicine: science and practice.* 2021;11(1):37–43. (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.1.9>

18. **Szczepańska E., Spalkowska A.** Zachowania żywieniowe sportowców wyczynowo uprawiających siatkówkę i koszykówkę [Dietary behaviours of volleyball and basketball players]. *Rocz. Panstw. Zakł. Hig.* 2012;63(4):483–489.

19. **Zanders B.R., Currier B.S., Hartly P.S., Zabriskie H.A., Smith C.R., Stecker R.A., et al.** Changes in energy expenditure, dietary intake, and energy availability across an entire collegiate women's basketball season. *J. Strength Condition. Res.* 2018;35(3):804–810. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002783>

20. **Schröder H., Navarro E., Mora J., Seco J., Torregrosa J.M., Tramullas A.** Dietary habits and fluid intake of a group of elite spanish basketball players: a need for professional advice? *Eur. J. Sport. Sci.* 2004;4(2):1–15. <https://doi.org/10.1080/17461390400074204>

21. **Baker L.B., Heaton L.E., Nuccio R.P., Stein K.W.** Dietitian-observed macronutrient intakes of young skill and team-sport athletes: adequacy of pre, during, and postexercise nutrition. *Int. J. Sport. Nutr. Exerc. Metab.* 2014;24(2):166–176. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2013-0132>

22. **Rodriguez N.R., DiMarco N.M., Langley S.** Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. *J. Am. Diet. Assoc.* 2009;109(3):509–527. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2009.01.005>

23. **Davis J.K., Oikawa S.Y., Halson S., Stephens J., O’Riordan S., Luhrs K., Sopena B., Baker L.B.** In-Season Nutrition Strategies and Recovery Modalities to Enhance Recovery for Basketball Players: A Narrative Review. *Sports Med.* 2022;52(5):971–993. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01606-7>

24. **Rodriguez N.R., DiMarco N.M., Langley S.** American Dietetic Association; Dietitians of Canada; American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. *J. Am. Diet. Assoc.* 2009;109(3):509–527. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2009.01.005>

25. **Gillen J.B., Trommelen J., Wardenaar F.C., Brinkmans N.Y., Versteegen J.J., Jonvik K.L., et al.** Dietary protein intake and distribution patterns of well-trained Dutch athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2017;27(2):105–114. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2016-0154>

26. **Maughan R.J., Burke L.M., Dvorak J., Larson-Meyer D.E., Peeling P., Phillips S.M., et al.** IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *Br. J. Sports Med.* 2018;52(7):439–455. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099027>

22. **Rodriguez N.R., DiMarco N.M., Langley S.** Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. *J. Am. Diet. Assoc.* 2009;109(3):509–527. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2009.01.005>

23. **Davis J.K., Oikawa S.Y., Halson S., Stephens J., O’Riordan S., Luhrs K., Sopena B., Baker L.B.** In-Season Nutrition Strategies and Recovery Modalities to Enhance Recovery for Basketball Players: A Narrative Review. *Sports Med.* 2022;52(5):971–993. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01606-7>

24. **Rodriguez N.R., DiMarco N.M., Langley S.** American Dietetic Association; Dietitians of Canada; American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. *J. Am. Diet. Assoc.* 2009;109(3):509–527. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2009.01.005>

25. **Gillen J.B., Trommelen J., Wardenaar F.C., Brinkmans N.Y., Versteegen J.J., Jonvik K.L., et al.** Dietary protein intake and distribution patterns of well-trained Dutch athletes. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2017;27(2):105–114. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2016-0154>

26. **Maughan R.J., Burke L.M., Dvorak J., Larson-Meyer D.E., Peeling P., Phillips S.M., et al.** IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *Br. J. Sports Med.* 2018;52(7):439–455. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099027>

#### Информация об авторах:

**Кобелькова Ирина Витальевна**, кандидат медицинских наук, в.н.с. лаборатории спортивной антропологии и нутрициологии, ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», Россия, 109240, Москва, Устьинский пр., 2/14; доцент Академии постдипломного образования ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр» ФМБА России, Россия, 125371, Москва, Волоколамское ш., 91. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1237-5147> ([irina66@mail.ru](mailto:irina66@mail.ru))

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

**Никитюк Дмитрий Борисович**, д. м. н., профессор, академик РАН, директор ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», Россия, 109240, Москва, Устьинский проезд, 2/14. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2259-1222> (8-495-698-53-46, [nikitjuk@ion.ru](mailto:nikitjuk@ion.ru))

**Крикун Евгений Николаевич**, д.м.н. профессор, заведующий кафедрой ФГБОУ ВО «Московская государственная академия физической культуры», 140032, Московская обл., Городской округ Люберцы, р. п. Малаховка, ул. Шоссейная, д. 33 ([krikun@mgafk.ru](mailto:krikun@mgafk.ru))

#### Information about the authors:

**Irina V. Kobelkova**, Ph.D. (Medicine), Senior Researcher; Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety Federal State Budgetary Institution “Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology”, Russia, 109240, Moscow, Ustinsky Ave., 2/14; Associate Professor of the Academy of Postgraduate Education of the Federal State Budgetary Federal Scientific and Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency of Russia, Russia, 125371, Moscow, Volokolamskoe highway, 91. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1237-5147> ([irina66@mail.ru](mailto:irina66@mail.ru))

**Margarita M. Korosteleva\***, Ph.D. (Medicine), senior researcher, Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Russia, 109240, Moscow, Ustinsky proezd., 2/14; Associate Professor of the Department of Management of Nursing Activities, Peoples’ Friendship University of Russia, Russia, 117198, Moscow, Miklouho-Maklaya str., 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2279-648X> ([korostel@bk.ru](mailto:korostel@bk.ru))

**Dmitry B. Nikityuk**, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director of the Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Russia, 109240, Moscow, Ustyinsky proezd, 2/14. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2259-1222> (8-495-698-53-46, [nikitjuk@ion.ru](mailto:nikitjuk@ion.ru))

**Evgeniy N. Krikun**, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, Head of the Department of the Moscow State Academy of Physical Culture, 140032, Moscow region, Lyubertsy urban district, r. p. Malakhovka, str. Shosseynaya, 33 ([krikun@mgafk.ru](mailto:krikun@mgafk.ru))

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

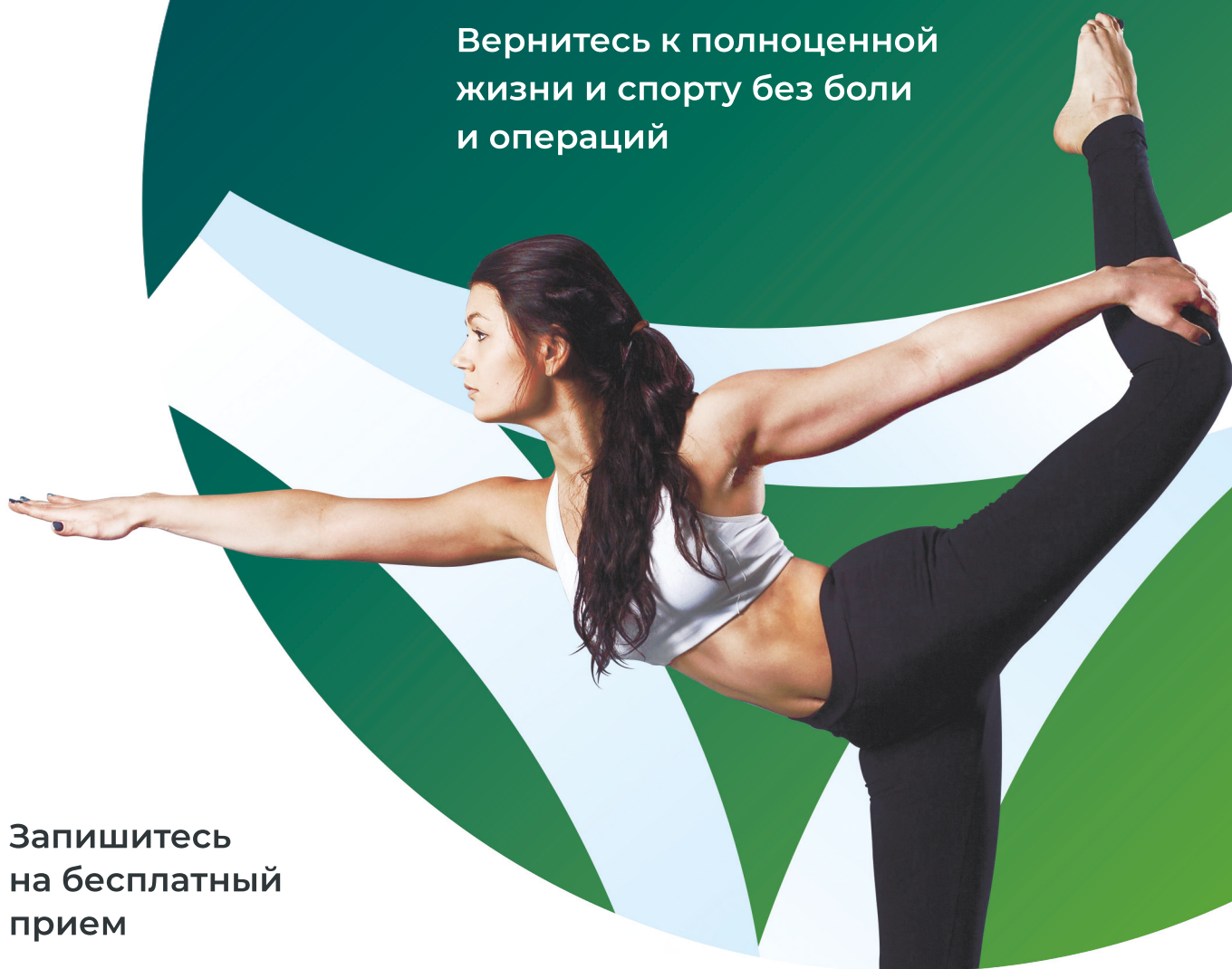


RēMEDICA

Современный  
центр спортивной  
реабилитации  
в Москве

# Комплексная медицинская помощь при травмах и заболеваниях опорно-двигательного аппарата

Вернитесь к полноценной  
жизни и спорту без боли  
и операций



Запишитесь  
на бесплатный  
прием

**+7 495 741-18-04**

Ежедневно с 9:00 – 21:00

Москва,  
ул. Архитектора Власова, 6

[re-medica.ru](http://re-medica.ru)



Получите  
индивидуальный  
план лечения

реклама



## ЦЕНТР МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ СЕЧЕНОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Самое современное оборудование  
Лучшие специалисты в области реабилитации  
Круглосуточный стационар с палатами класса люкс  
Безбарьерная среда для маломобильных пациентов  
Полный цикл реабилитации в одном здании



ул. Большая Пироговская, д. 2, стр. 9  
+7 (977) 860-50-03  
[www.sechenov.rehab](http://www.sechenov.rehab)

