



# Спортивная Медицина:

наука и практика



*Sports  
Medicine:*

T. 11 №3

2021

research and practice



# **КЛИНИКА ЛУЖНИКИ** спортивная медицина

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

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

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



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



СЕЧЕНОВСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ



КЛИНИКА ЛУЖНИКИ  
спортивная медицина

#### УЧРЕДИТЕЛИ:

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

# Спортивная медицина: наука и практика

## научно-практический журнал

#### ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

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

#### ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

**Ачкасов Е.Е.** — проф., д.м.н., зав. каф. спортивной медицины и медицинской реабилитации, директор Клиники медицинской реабилитации Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), зам. председателя медицинского комитета Российского футбольного союза (Россия, Москва)

#### ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

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

**Медведев И.Б.** — проф., д.м.н., руководитель Комиссии ПКР по медицине, антидопингу и классификации спортсменов (Россия, Москва)

#### НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР:

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

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

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

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

**Гончаров Н.Г.** — проф., д.м.н., зав. каф. травматологии и ортопедии РМАНПО (Россия, Москва) (*Травматология и ортопедия*)\*

**Гуревич К.Г.** — проф. РАН, проф., д.м.н., зав. каф. ЮНЕСКО «ЗОЖ — залог успешного развития» МГМСУ им. А.И. Евдокимова (Россия, Москва)

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

**Епифанов А.В.** — проф., д.м.н., зав. каф. восстановительной медицины МГМСУ им. А.И. Евдокимова (Россия, Москва) (*Нервные болезни*)\*

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

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

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

**Ландырь А.П.** — к.м.н., доцент клиники спортивной медицины и реабилитации Тартуского университета (Эстония, Тарту)

**Маргазин В.А.** — проф., д.м.н., профессор каф. медико-биологических основ спорта Ярославского ГПУ им. К.Д. Ушинского (Россия, Ярославль) (*Гигиена*)\*

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

**Оганесян А.С.** — проф., д.б.н., начальник Антидопинговой службы Армении Республиканского центра спортивной медицины и антидопинговой службы ГНКО (Армения, Ереван)

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

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

**Поляков С.Д.** — проф., д.м.н., главный научный сотрудник Национального медицинского исследовательского Центра здоровья детей Минздрава России (Россия, Москва) (*Педиатрия*)\*

**Потапов В.Н.** — проф., д.м.н., профессор каф. гериатрии и медико-социальной экспертизы РМАНПО (Россия, Москва)

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

**Середа А.П.** — д.м.н., профессор каф. восстановительной медицины, лечебной физкультуры и спортивной медицины (курортологии и физиотерапии) Института повышения квалификации ФМБА России (Россия, Москва) (*Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия*)\*

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

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

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

**Збигнев Вашкевич** — доктор медицины, профессор каф. физического воспитания Академии физического воспитания им. Ежи Кукучки (Польша, Катовицы)

#### РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

**Бернарди Марко** — доктор медицины, профессор каф. физиологии и фармакологии «Витторио Эспамер» Университета Салиенца (Италия, Рим)

**Караулов А.В.** — акад. РАН, проф., д.м.н., зав. каф. клинической иммунологии и аллергологии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет) (Россия, Москва)

**Мариани Пьер Паоло** — проф., доктор медицины, проректор Римского Университета «Форо Италико», травматолог-ортопед клиники «Вилла Стюарт» (Италия, Рим)

**Рахманин Ю.А.** — акад. РАН, проф., д.м.н., главный научный консультант Центра стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью (Россия, Москва)

**Шкробко А.Н.** — проф., д.м.н., проректор по учебной работе, зав. каф. лечебной физкультуры и врачебного контроля с физиотерапией ЯГМА (Россия, Ярославль)

\* Член редакционной коллегии, ответственный за данную научную специальность или группу специальностей



СЕЧЕНОВСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ



КЛИНИКА ЛУЖНИКИ  
СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА

## Founded by:

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

# Sports Medicine: Research and Practice

research and practical journal

## FOCUS AND SCOPE

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

### EDITOR-IN-CHIEF:

**Evgeny Achkasov** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Sports Medicine and Medical Rehabilitation, Director of the Clinic of Medical Rehabilitation of the Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Deputy Chairman of the Medical Committee of the Russian Football Union (Moscow, Russia)

### ASSOCIATE EDITORS:

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

**Igor Medvedev** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Medicine, Anti-Doping and Athletes Classification Commission of the Russian Paralympic Committee (Moscow, Russia)

### SCIENTIFIC EDITOR:

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

### EDITORIAL BOARD:

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

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

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

**Nikolay Goncharov** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Traumatology and Orthopedics of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education (Moscow, Russia) (*Traumatology and Orthopedics*)\*

**Konstantin Gurevich** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Professor of the Russian Academy of Sciences, Head of the UNESCO Department «A healthy lifestyle is a guarantee of progress» of the A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry (Moscow, Russia)

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

**Aleksandr Epifanov** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Medical Rehabilitation of the A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry (Moscow, Russia) (*Diseases of Nervous System*)\*

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

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

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

**Anatoliy Landyr** — M.D., Ph.D. (Medicine), Assistant Professor of Clinic of Sports Medicine and Rehabilitation, University of Tartu (Estonia, Tartu)

**Vladimir Margazin** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Professor of the Department of Medical and Biological Bases of Sport of the Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky (Yaroslavl, Russia) (*Hygiene*)\*

**Vladimir Nikolenko** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Human Anatomy of the Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) (Moscow, Russia) (*Biomedical Science*)\*

**Areg Hovhannisyan** — Ph.D. (Biology), Prof., Chief of the Anti-Doping Service of Armenia (Yerevan, Armenia)

**Mikhail Osadchuk** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Ambulatory Therapy of the Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) (Moscow, Russia)

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

**Sergey Polyakov** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Chief Researcher of the National Medical Research Center for Children's Health (Moscow, Russia) (*Pediatrics*)\*

**Vladimir Potapov** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Professor of the Department of Geriatrics and Medical and Social Expertise of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education (Moscow, Russia)

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

**Andrey Sereda** — M.D., D.Sc. (Medicine), Professor of the Department of Restorative Medicine, Physical Therapy and Sports Medicine (Balneology and Physiotherapy) of the Institute of Advanced Training of the Federal Medical and Biological Agency of Russia (Moscow, Russia) (*Restorative Medicine, Sports Medicine, Exercise Therapy, Balneology and Physiotherapy*)\*

**Andrey Smolenskiy** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Director of the Research Institute of Sports Medicine, Head of the Department of Sports Medicine of the Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism (Moscow, Russia) (*Cardiology*)\*

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

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

**Zbigniew Waśkiewicz** — M.D., Professor of the Faculty of Physical Education of the Jerzy Kukuczka Academy of Physical Education (Poland, Katowice)

### EDITORIAL COUNCIL:

**Marco Bernardi** — M.D., Professor of the Department of Physiology and Pharmacology «Vittorio Erspamer» of the Sapienza University of Rome (Rome, Italy)

**Aleksandr Karaulov** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Clinical Immunology and Allergology of the Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) (Moscow, Russia)

**Pier Paolo Mariani** — M.D., Prof., Vice-President of the «Foro Italico» Rome University, traumatologist-orthopaedist of the «Villa Stuart» Hospital (Rome, Italy)

**Yuriy Rakhmanin** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Academician of the Russian Academy of Sciences, Chief Scientific Expert of the Center of Strategic Planning and Biomedical Health Risk Management (Moscow, Russia)

**Aleksandr Shkrebo** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Vice-rector for Academic Affairs, Head of the Department of Exercise Therapy and Medical Control with the Course of Physical Medicine of the Yaroslavl State Medical Academy (Yaroslavl, Russia)

\* Member of the Editorial Board Responsible for Scientific Specialty or Group of Specialties

**РУБРИКИ ЖУРНАЛА:**

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

**ВИДЫ ПУБЛИКУЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ:**

- Оригинальные 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/>

**Заведующая редакцией журнала:**

Юрку Ксения Алексеевна

Тел.: +7 (926) 648-78-64

E-mail: [info@smjournal.ru](mailto:info@smjournal.ru)

**Редакция:**

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

**Типография:**

ООО «Издательство "Триада"»

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

**Сайт:**

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

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

Подписано в печать 30.09.2021

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, 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

### Физиология и биохимия спорта

**А.З. Даутова, Е.Е. Исаева, В.Г. Шамратова**

Связи адrenoреактивности эритроцитов с их количественными и качественными характеристиками как способ оценки реологических свойств крови у лиц с разным уровнем двигательной активности . . . . . 5

**А.В. Еликов**

Некоторые показатели свободнорадикального окисления и антиоксидантной защиты в эритроцитах бывших спортсменов. . . . . 12

**Г.М. Загородный, Н.В. Шераи, А.Н. Будко, Н.В. Шведова**

Перспективные направления лабораторной диагностики в спорте и фитнесе. . . . . 18

**Н.Г. Коновалова, А.А. Артемьев, Р.Е. Ахметзянов**

Особенности постральной регуляции подростков, занимающихся эстрадным танцем, по данным стабиллометрии . . . . . 28

### Фармакологическая поддержка

**А.А. Деревоедов, А.В. Жолинский, В.С. Фещенко, И.Т. Выходец, А.А. Павлова**

β2-агонисты в спорте: распространенность и влияние на спортивные результаты . . . . 34

### Антидопинговое обеспечение

**Э.Н. Безуглов, О.Б. Талибов, В.Ю. Хайтин, А.М. Лазарев**

Структура нарушений антидопинговых правил и оценка эффективности мер по противодействию распространению допинга в российской легкой атлетике в 2000–2020 годах . . . . . 43

### Спортивная психология

**Е.И. Разумец**

Психопрофилактика травм опорно-двигательного аппарата у спортсменов высокого класса . . . . . 51

### Врачебный контроль

**Д.Б. Никитюк, И.В. Кобелькова, М.М. Коростелева**

Некоторые особенности питания и физической активности игроков, выступающих в киберспорте . . . . . 57

### Биомедицинские технологии

**С.И. Баршак, М.Д. Дидур, В.В. Завьялов, О.В. Кара, И. Н. Митин,**

**К.С. Назаров, М.Г. Оганисян**  
Возможности использования транскраниальной стимуляции постоянным током (tDCS) в спорте высших достижений . . . . . 64

### Медицинское сопровождение ветеранов спорта

**А.С. Балко**

Основные нарушения в состоянии здоровья у лиц среднего возраста со спортивным анамнезом. . . . . 73

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



**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/>

**Managing editor:**

Kseniya A. Yurku  
Mobile: +7 (926) 648-78-64  
E-mail: [info@smjournal.ru](mailto:info@smjournal.ru)

**Editorial Office:**

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

**Printed by**

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

**Websites:**

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

Published: 30 September 2021  
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, 2021

**CONTENTS**

**Sports Physiology and Biochemistry**

- Al'bina Z. Dautova, Ekaterina E. Isaeva, Valentina G. Shamratova*  
Relationship of erythrocyte adrenoreactivity with their quantitative and qualitative characteristics as a method for assessing the rheological properties of blood in athletes . . . . . 5
- Anton V. Elikov*  
Some indicators of free radical oxidation and antioxidant protection in the erythrocytes of former athletes . . . . . 12
- Hennady M. Zaharodny, Natalya V. Sherash, Anastasia N. Budko, Natalya V. Shvedova*  
Promising directions of laboratory diagnostics in spores and fitness. . . . . 18
- Nina G. Konovalova, Anton A. Artem'ev, Ruslan E. Axmetzyanov*  
Postural regulation of teenagers performing pop dance, according to stabilometry data . . . . . 28

**Sports Pharmacology**

- Aleksandr A. Derevoedov, Andrey V. Zholinsky, Vladimir S. Feshchenko, Igor T. Vykhodets, Anna A. Pavlova*  
 $\beta$ 2-agonists in sports: prevalence and impact on athletic performance . . . . . 34

**Doping Studies**

- Eduard N. Bezuglov, Oleg B. Talibov, Vladimir Y. Khaitin, Artemii M. Lazarev*  
The assessment of the structure of anti-doping rules violation and the evaluation of anti-doping measures efficiency in Russian athletics during 2000–2020. . . . . 43

**Sports Psychology**

- Elena I. Razumets*  
Psychological prevention of injuries of the musculoskeletal system in elite athletes . . . . . 51

**Medical conrol**

- Dmitry B. Nikitjuk, Irina V. Kobel'kova, Margarita M. Korosteleva*  
Some eating habits and physical activity of players performing in e-sports . . . . . 57

**Biomedical Technologies**

- Sergey I. Barshak, Mikhail D. Didur, Vladimir V. Zavalov, Olga V. Kara, Igor N. Mitin, Kirill S. Nazarov, Mkrtych G. Ogannisyan*  
Possibilities of transcranial direct current stimulation (tDCS) use in elite sport . . . . . 64

**Medical Care for Retired Athletes**

- Aleksandr S. Balko*  
Main health impairment in the middle-aged former athletes . . . . . 73

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



<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.1>

УДК 612.117:796

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original Article



## Связи адренореактивности эритроцитов с их количественными и качественными характеристиками как способ оценки реологических свойств крови у лиц с разным уровнем двигательной активности

А.З. Даутова<sup>1,\*</sup>, Е.Е. Исаева<sup>2</sup>, В.Г.Шамратова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», Казань, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Уфа, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** прогноз реологических свойств крови у юношей с разным уровнем двигательной активности (ДА) путем оценки взаимосвязи адренореактивности эритроцитов (АРЭ) с их количественными и качественными параметрами.

**Материалы и методы:** в исследовании приняли участие юноши с низким (41 чел.) и с высоким уровнем ДА (спортсмены — 20 чел.), в возрасте 21–23 года. У всех испытуемых определяли суммарные, индивидуальные характеристики эритроцитов и АРЭ. Оценку АРЭ проводили по изменению скорости оседания эритроцитов (СОЭ) под действием адреналина *in vitro* в конечных концентрациях  $10^{-5}$ ;  $10^{-6}$ ;  $10^{-7}$ ;  $10^{-8}$ ;  $10^{-9}$ ;  $10^{-11}$ ;  $10^{-13}$  г/мл венозной крови. По характеру наблюдаемого эффекта в соответствии с направленностью сдвигов СОЭ выделяли 3 типа АРЭ: повышение СОЭ в присутствии адреналина — агрегационный (Аг, тип 1); отсутствие изменений — ареактивный (Ар, тип 2); снижение СОЭ — антиагрегационный (АнАг, тип 3).

**Результаты:** у спортсменов установлены обратные корреляционные связи типов АРЭ при воздействии стрессовыми концентрациями адреналина (СКА) (выше  $10^{-8}$  г/мл) с уровнем гемоглобина ( $r = -0,59$ ,  $p = 0,008$ ), средним содержанием гемоглобина в эритроците ( $r = -0,55$ ,  $p = 0,016$ ), при воздействии физиологическими концентрациями адреналина (ФКА) ( $10^{-9}$  г/мл и ниже) — с корпускулярным объемом эритроцитов ( $r = -0,51$ ,  $p = 0,029$ ). У юношей с низким уровнем ДА обнаружена обратная корреляция минимальных значений АРЭ с числом эритроцитов ( $r = -0,36$ ,  $p = 0,01$ ), а максимальных — со средней концентрацией гемоглобина в клетке ( $r = 0,54$ ,  $p = 0,04$ ).

**Заключение:** у юношей, ведущих малоподвижный образ жизни, склонность эритроцитов к агрегации под действием адреналина возрастает с увеличением их численности и внутриклеточной вязкости. У спортсменов преобладание АнАг типа АРЭ, а следовательно, более стабильных реологических свойств эритроцитов и улучшению микроциркуляции способствуют снижение размеров эритроцитов и средней насыщенности клеток гемоглобином.

**Ключевые слова:** адренореактивность эритроцитов, двигательная активность, реология, микроциркуляция, спортсмены

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

**Для цитирования:** Даутова А.З., Исаева Е.Е., Шамратова В.Г. Связи адренореактивности эритроцитов с их количественными и качественными характеристиками как способ оценки реологических свойств крови у лиц с разным уровнем двигательной активности. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2021;11(3):5–11. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.1>

Поступила в редакцию: 05.06.2021

Принята к публикации: 29.08.2021

Online first: 15.09.2021

Опубликована: 30.09.2021

\* Автор, ответственный за переписку

## Relationship of erythrocyte adrenoreactivity with their quantitative and qualitative characteristics as a method for assessing the rheological properties of blood in athletes

Al'bina Z. Dautova<sup>1,\*</sup>, Ekaterina E. Isaeva<sup>2</sup>, Valentina G. Shamratova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Volga State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, Russia

<sup>2</sup> Bashkir State Medical University, Ministry of Health of Russia, Ufa, Russia

## ABSTRACT

**Objective of the study:** prediction of the rheological properties of blood in young men with different levels of motor activity (MA) by assessing the relationship between the adrenergic reactivity of erythrocytes (ARE) with their quantitative and qualitative parameters.

**Materials and methods:** the study involved young men with a low (41 people) and a high level of physical activity (athletes — 20 people), aged 21–23 years. In all subjects, the total, individual characteristics of erythrocytes and ARE were determined. ERS was assessed by the change in the erythrocyte sedimentation rate (ESR) under the influence of adrenaline in vitro at final concentrations of  $10^{-5}$ ;  $10^{-6}$ ;  $10^{-7}$ ;  $10^{-8}$ ;  $10^{-9}$ ;  $10^{-11}$ ;  $10^{-13}$  g/ml venous blood. According to the nature of the observed effect, in accordance with the direction of ESR shifts, 3 types of ARE were distinguished: increased ESR in the presence of adrenaline — aggregative (Ar, type 1); no changes — areactive (Ap, type 2); decreased ESR — antiaggregatory (AnAg, type 3).

**Results:** in athletes, inverse correlations of the ARE types were established when exposed to stress concentrations of adrenaline (SCA) (above  $10^{-8}$  g/ml) with the hemoglobin level ( $r = -0.59$ ,  $p = 0.008$ ), the average hemoglobin content in the erythrocyte ( $r = -0.55$ ,  $p = 0.016$ ), when exposed to physiological concentrations of adrenaline (PCA) ( $10^{-9}$  g/ml and below) — with the corpuscular volume of erythrocytes ( $r = -0.51$ ,  $p = 0.029$ ). In young men with a low level of MA, an inverse correlation was found between the minimum ARE values and the number of erythrocytes ( $r = -0.36$ ,  $p = 0.01$ ), and the maximum — with the average concentration of hemoglobin in the cell ( $r = 0.54$ ,  $p = 0.04$ ).

**Conclusion:** in young men leading a sedentary lifestyle, the tendency of erythrocytes to aggregate under the influence of adrenaline increases with an increase in their number and intracellular viscosity. In athletes, the predominance of the antiaggregatory type of ARE, and, consequently, more stable rheological properties of erythrocytes and an improvement in microcirculation, are facilitated by a decrease in the size of erythrocytes and an average saturation of cells with hemoglobin.

**Keywords:** adrenergic reactivity of erythrocytes, motor activity, rheology, microcirculation, athletes

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

**For citation:** Dautova A.Z., Isaeva E.E., Shamratova V.G. Relationship of erythrocyte adrenergic reactivity with their quantitative and qualitative characteristics as a method for assessing the rheological properties of blood in athletes. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2021;11(3):5–11 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.1>

**Received:** 5 June 2021

**Accepted:** 29 August 2021

**Online first:** 15 September 2021

**Published:** 30 September 2021

\* Corresponding author

### 1. Введение

Кровь, при общей тенденции к сохранению постоянства своего морфологического и химического состава, является в то же время одним из наиболее чувствительных показателей изменений, происходящих в организме под влиянием различных функциональных нагрузок, в том числе при физическом и эмоциональном напряжении. Изменения крови при мышечных нагрузках разнообразны и зависят не только от их интенсивности, но и от общей реактивности организма [1, 2]. Учитывая, что спортивная деятельность связана с повышенным спросом на кислород, наибольший интерес представляют эритроциты, от эффективности функционирования которых зависит реализация адекватной реакции на чрезмерную физическую нагрузку [3, 4]. Вместе с тем сдвиги, компенсирующие возрастающие энергетические затраты организма, в частности адаптивное увеличение в сосудистом русле числа эритроцитов и концентрации гемоглобина в клетках, сопровождается увеличением вязкости и ухудшением реологических свойств крови, что проявляется нарушением микроциркуляции.

Кроме того, ощутимый вклад в нарушение суспензионной стабильности крови может вносить повышение содержания в крови катехоламинов, сопряженное при спортивной деятельности с психоэмоциональными перегрузками спортсменов. Известно, что в отдельных случаях физические нагрузки могут нарушать структуру и функции мембран эритроцитов, приводящие к их агрегации [5]. Ранее нами было выявлено влияние адреналина на поверхностный заряд эритроцитов — один

из факторов агрегационной устойчивости клеток в кровотоке как в опытах *in vivo*, так и опосредованно при напряженной спортивной и умственной деятельности. В частности, установлено, что выраженность реакции эритроцитов зависит от характера, интенсивности и вида предъявляемой организму функциональной нагрузки [6, 7].

В связи с этим представляет интерес анализ адренореактивности эритроцитов (АРЭ), позволяющий не только адекватно оценить функциональное состояние эритроцитов, но и изучить общие закономерности реакции на адреналин мембран различных клеток [8].

Поскольку при физических нагрузках варьируют как количественные, качественные и корпускулярные характеристики эритроцитов, так и их АРЭ [9], следует ожидать, что при спортивной деятельности происходит перестройка структуры связей различных параметров красной крови с адренореактивностью эритроцитов.

Цель исследования: изучить связи адренореактивности эритроцитов с их количественными и морфофункциональными параметрами у юношей с разным уровнем двигательной активности для прогноза реологического поведения крови при интенсивных физических нагрузках.

### 2. Материалы и методы исследования

В исследовании принял участие 61 юноша с разным уровнем двигательной активности (ДА) в возрасте 21–23 года. Первую группу составил 41 практически здоровый юноша, не занимающийся спортом, с традиционным регламентированным двигательным режимом, предусмотренным в высшем учебном заведении (2 часа



физической культуры в неделю) (НДА). Во вторую группу вошли 20 юношей — спортсменов (кикбоксинг, тяжелая атлетика, бокс), не имеющих спортивных разрядов, со спортивным стажем 3–4 года (ВДА). Исследование проводилось в подготовительном периоде годичного цикла тренировки. Все испытуемые подписали добровольное письменное согласие, были осведомлены о целях и методах исследования.

В исследовании использовали венозную кровь, собранную в пробирку с ЭДТА2. В крови определяли RBC — абсолютное количество эритроцитов ( $10^{12}/л$ ), HGB — уровень гемоглобина (г/л), HCT — гематокрит (%), эритроцитарные индексы: MCV — средний объем эритроцита (фл), MCH — среднее содержание гемоглобина в отдельном эритроците (пг), MCHC — среднюю концентрацию гемоглобина в эритроците (г/л).

Адренореактивность эритроцитов оценивали по изменению скорости оседания эритроцитов под действием адреналина *in vitro* в конечных концентрациях  $10^{-5}$ ;  $10^{-6}$ ;  $10^{-7}$ ;  $10^{-8}$ ;  $10^{-9}$ ;  $10^{-11}$ ;  $10^{-13}$  г/мл венозной крови. В соответствии с направленностью сдвигов СОЭ в присутствии адреналина мы выделили 3 типа АРЭ, обозначенные как: 1) агрегационный (Аг — 1-й тип), при котором средние отклонения СОЭ от уровня исходной пробы при различной концентрации адреналина имели отрицательный знак: после внесения адреналина значения СОЭ были выше, чем в контроле (негативный эффект); 2) ареактивный (Ар — 2-й тип), при отсутствии заметного отклонения СОЭ при внесении адреналина в различной концентрации; 3) антиагрегационный (АнАг — 3-й тип), если средние отклонения СОЭ от исходного уровня имели положительный знак, то есть после внесения адреналина значения СОЭ были ниже, чем в исходной пробе (положительный эффект). Учитывая, что действие адреналина на клетки определяется его концентрацией, мы оценивали эффекты адреналина отдельно для его физиологических ( $10^{-9}$ ;  $10^{-11}$ ;  $10^{-13}$  г/мл) (ФКА) и стрессовых ( $10^{-5}$ ;  $10^{-6}$ ;  $10^{-7}$ ;  $10^{-8}$  г/мл) концентраций (СКА). Помимо регистрации направленности сдвигов в эксперименте определялись и количественные показатели АРЭ: средние значения при воздействии на кровь физиологических (АРЭ ср. ФКА) и стрессовых доз адреналина (АРЭ ср. СКА), а также максимальное (АРЭ макс.) и минимальное (АРЭ мин.) отклонений СОЭ от исходного уровня при воздействии на кровь испытанных доз адреналина.

Математическая обработка проведена с помощью пакета программ Microsoft Office Excel и Statistics Version 10.0. Проверку выборки на характер распределения ее значений осуществляли с помощью критерия Шапиро — Уилка. Так как распределение некоторых показателей отличалось от нормального, использовались непараметрические методы обработки. Для сравнения двух независимых выборок применялся критерий Манна — Уитни. Для проведения корреляционного анализа использовался критерий Спирмена. Критическое значение уровня значимости принимали равным 0,05.

### 3. Результаты исследования

Сравнительный анализ крови у спортсменов и юношей, не занимающихся спортом, продемонстрировал некоторые различия количественных и качественных показателей эритроцитов. Так, число эритроцитов было достоверно выше в группе спортсменов (5,05 (4,8; 5,1) г/л) по сравнению с группой юношей, ведущих малоподвижный образ жизни (4,8 (4,5; 5,1) г/л,  $p = 0,04$ ), тогда как среднее содержание гемоглобина в клетке у спортсменов было ниже (28,7 (27,5; 29,9) пг), чем у неспортсменов (29,8 (28,3; 31,3) пг,  $p = 0,02$ ).

Средние значения параметров АРЭ под влиянием ФКА спортсменов были несколько выше (0,28 (-0,3; 1) мм/ч), чем у лиц, ведущих малоактивный образ жизни (-0,48 (-1; 0) мм/ч). АРЭ ср. при воздействии СКА у спортсменов составила -0,27 (-1,5; 0,5) мм/ч, у неспортсменов — -0,52 (-1,5; 0) мм/ч. Однако данные различия не были статистически значимыми.

При сравнении частоты встречаемости разных типов АРЭ у спортсменов и в группе НДА оказалось, что у спортсменов доля лиц с АнАг была выше, чем в группе НДА (рис. 1).

Анализ взаимосвязей АРЭ с некоторыми морфофункциональными и количественными характеристиками эритроцитов у спортсменов и юношей, ведущих

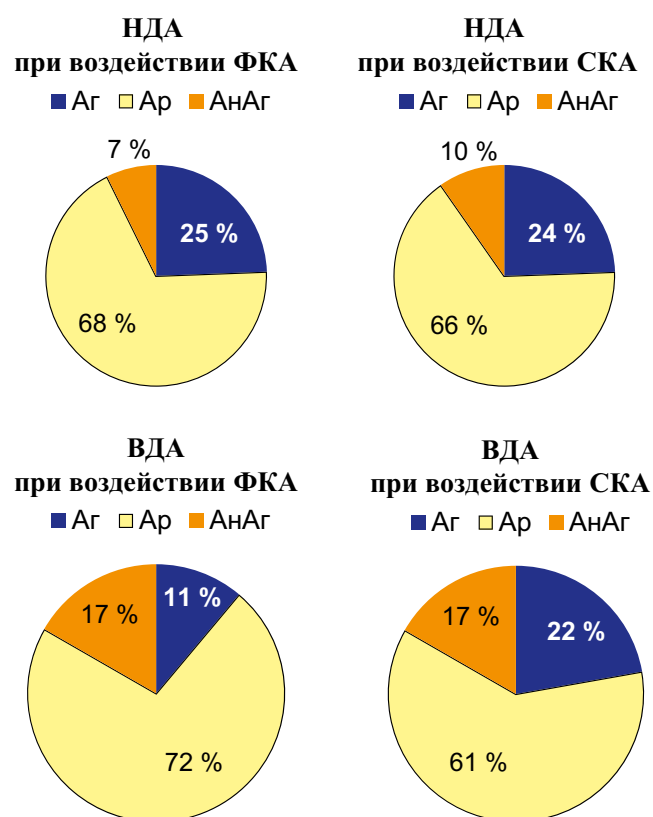


Рис. 1. Частота встречаемости типов АРЭ у юношей при разном уровне МА  
Fig. 1. Frequency of occurrence of ARE types in young men with different levels of MA

малоподвижный образ жизни, позволил выявить ряд особенностей.

У спортсменов обнаружены значимые связи типов АРЭ при воздействии СКА с концентрацией HGB и МСН, физиологическими дозами — с MCV. Так, в зависимости от типа АРЭ наблюдались следующие вариации концентрации гемоглобина (Аг: 155 (8,1) г/л, Ар: 142,2 (10,6) г/л, Анаг: 137,3 (3,1) г/л); МСН (Аг: 30,3 (2,26) пг, Ар: 28,7 (1,29) пг, Анаг: 26,0 (2,6) пг) и MCV (Аг: 85,2 (2,9) фл, Ар: 85,4 (1,9) фл, Анаг: 78,7 (5,5) фл). Достоверные корреляционные связи составили соответственно  $r = -0,59, p = 0,008$ ;  $r = -0,55, p = 0,016$ ;  $r = -0,51, p = 0,029$  (табл. 1).

Таким образом, у спортсменов чем ниже насыщенность эритроцитов гемоглобином, тем чаще среди них встречаются лица с Анаг типом АРЭ и, соответственно, ниже агрегационная способность эритроцитов при воздействии стрессовыми дозами адреналина. Корпускулярный объем эритроцитов также имел тенденцию к уменьшению у спортсменов, имеющих Анаг тип АРЭ, при воздействии ФКА. Повышенная степень агрегации эритроцитов ведет к ухудшению оксигенации тканей и может являться лимитирующим фактором для достижения высоких спортивных результатов.

У неспортсменов установлена обратная корреляция минимальных значений АРЭ с числом эритроцитов ( $r =$

$-0,36, p = 0,01$ ) и положительная — максимальных значений АРЭ с МСНС ( $r = 0,54, p = 0,04$ ) (табл. 2).

Установленные корреляции свидетельствуют о том, что у юношей, не занимающихся спортом, высокое содержание эритроцитов в крови сочетается с возрастанием их агрегационной способности. В то же время средняя концентрация гемоглобина в клетке имеет линейную зависимость с АРЭ: повышение МСНС в крови юношей ведет к повышению агрегационной устойчивости эритроцитов.

#### 4. Обсуждение результатов

Обнаруженное в исследовании повышение числа эритроцитов у юношей, занимающихся спортом, можно рассматривать как результат адаптации к интенсивным физическим нагрузкам в ответ на повышенный запрос организма в кислороде. В то же время увеличение числа эритроцитов, сопровождающееся возрастанием вязкости крови, может способствовать ухудшению ее реологических свойств. Известно, что физические нагрузки могут привести к «спортивной анемии», возникающей, например, у марафонцев из-за внутрисосудистого гемолиза [10, 11]. В частности, снижают негативные последствия активизации красной крови у спортсменов, тренирующих выносливость, более низкие значения гемоглобина и гематокрита за счет увеличения объема

Таблица 1

**Корреляционные связи адренореактивности эритроцитов с их суммарными и морфофункциональными характеристиками у юношей, занимающихся спортом**

Table 1

**Correlation links of adrenergic reactivity of erythrocytes with their total and morphofunctional characteristics in young men going in for sports**

	Эритроциты, $10^{12}/л$ / RBC, $10^{12}/л$	Гемоглобин, г/л / HGB, g/l	Гематокрит, % / HCT, %	Средний объем эритроцитов, фл. / MCV, fl	Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг / MCH, pg	Средняя концентрация гемоглобина в клетке, г/л / MCHC, g/l
АРЭ ср. ФКА, мм/ч / ARE average PCA, mm/h	-0,01	-0,47	-0,32	-0,21	-0,36	-0,27
АРЭ ср. СКА, мм/ч / ARE average SCA, mm/h	0,04	-0,35	-0,17	-0,28	-0,36	-0,31
АРЭ макс. ФКА, мм/ч / ARE max. PCA, mm/h	0,13	-0,33	-0,16	-0,26	-0,48	-0,34
АРЭ мин. ФКА, мм/ч / ARE min. PCA, mm/h	0,02	-0,25	-0,16	-0,21	-0,28	-0,22
Типы АРЭ при ФКА / ARE type PCA	0,12	-0,45	-0,38	-0,51*	-0,47	-0,44
Типы АРЭ при СКА / ARE type SCA	0,02	-0,59*	-0,26	-0,32	-0,55*	-0,35

Примечание: в таблице представлены ранговые корреляции Спирмена ( $r$ ); \* — статистически значимая корреляция,  $p < 0,05$ .  
Note: the table shows Spearman's rank correlations ( $r$ ); \* — statistically significant correlation,  $p < 0.05$ .

Таблица 2

**Корреляционные связи адренореактивности эритроцитов с их суммарными и морфофункциональными характеристиками у юношей, не занимающихся спортом**

Table 2

**Correlation relationships between erythrocyte adrenergic reactivity and their total and morphofunctional characteristics in young men who do not go in for sports**

	Эритроциты, 10 <sup>12</sup> /л / RBC, 10 <sup>12</sup> /l	Гемоглобин, г/л / HGB, g/l	Гематокрит, % / HCT, %	Средний объем эритроцитов, фл. / MCV, fl	Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг / MCH, pg	Средняя концентрация гемоглобина в клетке, г/л / MCHC, g/l
APЭ ср. ФКА, мм/ч / ARE average PCA, mm/h	-0,18	-0,08	-0,12	0,05	0,06	0,14
APЭ ср. СКА, мм/ч / ARE average SCA, mm/h	-0,14	0,01	-0,12	0,07	0,11	0,21
APЭ макс. ФКА, мм/ч / ARE max. PCA, mm/h	0,04	0,17	0,02	-0,03	0,11	0,54*
APЭ мин. ФКА, мм/ч / ARE min. PCA, mm/h	-0,37*	-0,21	-0,24	0,15	0,10	-0,13
Типы APЭ при ФКА / ARE type PCA	-0,05	0,01	-0,01	0,02	-0,01	0,12
Типы APЭ при СКА / ARE type SCA	-0,03	0,11	-0,01	0,04	0,11	0,20

Примечание: в таблице представлены ранговые корреляции Спирмена (*r*); \* — статистически значимая корреляция, *p* < 0,05.  
Note. the table shows Spearman's rank correlations (*r*); \* — statistically significant correlation, *p* < 0.05.

плазмы на 10–20% — так называемая анемия разведения. У сверхмарафонцев (56 км) на 6-й день после марафона гематологические свидетельства анемии разведения исчезают [12]. Другим фактором, способным усиливать агрегацию красных клеток крови при повышенных физических нагрузках, является повышение жесткости эритроцитарной мембраны, частично связанное с развитием окислительного стресса и появлением активных форм кислорода [13]. В этой связи приобретают значение компенсаторные реакции, снижающие у спортсменов риск реологических расстройств. К их числу можно отнести изменения корпускулярных и функциональных свойств эритроцитов.

У спортсменов, как показало настоящее исследование, значительно чаще, чем у физически малоактивных юношей, встречается тип APЭ, выражающийся в снижении СОЭ в присутствии адреналина. Такой тип реакции обусловлен, вероятно, инициированной адреналином мобилизацией собственных энергетических резервов эритроцитов и повышением их поверхностного заряда, что можно расценивать как адекватную метаболическую подготовку организма к действующим факторам [7].

О развитии адаптационных процессов при систематических физических нагрузках свидетельствуют и обнаруженные нами корреляционные связи. Так, связи между Ag типом APЭ у спортсменов с корпускулярным объемом

эритроцитов, средней насыщенностью и уровнем гемоглобина в эритроците указывают на то, что более мелкие эритроциты являются более адреностойчивыми. Как отмечал А.В. Муравьев, деформируемость эритроцитов зависит от трех основных факторов: вязко-эластичности мембранного цитоскелета, вязкости цитоплазмы в клетке и соотношения объема и площади поверхности [14]. С этим связана лучшая эффективность движения крови в сосудистом русле и реологическая устойчивость у тренированных лиц, так как у них сочетаются параметры качества и размеров с типом APЭ. В то же время у физически малоактивных юношей изменение морфофункциональных характеристик сопряжено с варьированием количественных показателей крови. При этом возрастание концентрации эритроцитов, повышающее ее вязкость, взаимосвязано с накоплением в циркуляции доли агрегатно неустойчивых эритроцитов, способствующих развитию микроциркуляторных нарушений.

### 5. Заключение

Таким образом, проведенные исследования показали, что APЭ является чутким и объективным индикатором адаптационных процессов в крови при интенсивных физических нагрузках. Анализ взаимосвязи адренореактивности эритроцитов с их количественными и качественными характеристиками у лиц с разным уровнем

двигательной активности позволил выявить корреляции повышенной устойчивости мембран эритроцитов к действию катехоламинов у спортсменов с корпускулярными и качественными показателями крови (более мелкими размерами, снижением средней насыщенности и уровня гемоглобина в эритроците). Особенности АРЭ и их корреляций с характеристиками эритроцитов,

#### Вклад авторов:

**Даутова Альбина Зуфаровна** — концепция и дизайн исследования; сбор и обработка материала; статистическая обработка.

**Исаева Екатерина Евгеньевна** — редактирование текста.

**Шамратова Валентина Гусмановна** — написание текста.

#### Список литературы

1. Miller G.D., Beharry A., Teramoto M., Lai A., Willick S.E., Eichner D. Hematological changes following an Ironman triathlon: An antidoping perspective. *Drug Test. Anal.* 2019;11(11–12):1747–1754. <https://doi.org/10.1002/dta.2724>
2. Mairbäurl H. Red blood cells in sports: effects of exercise and training on oxygen supply by red blood cells. *Front. Physiol.* 2013;12(4):332. <https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00332>
3. Михайлов П.В., Муравьев А.В., Остроумов Р.С., Муравьев А.А. Возрастные особенности свойств крови у тренированных и нетренированных лиц. Безопасность здоровья человека. 2016;(1):16–29.
4. Голубева М.Г. Стрессогенные нарушения эритроцитов и их коррекция с помощью регуляторных пептидов. *Успехи физиологических наук.* 2018;(1):(3)–10.
5. Бушуева Н.А., Воробьева Н.А. Характеристика системы гемостаза при физических нагрузках. *Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия Медико-биологические науки.* 2015;(2):62–70.
6. Шамратова В.Г., Баширова Р.М., Гареев Е.М. Электрокинетические свойства эритроцитов человека при психоэмоциональном напряжении и патологии. Уфа: Башкирский университет; 1995. 148 с.
7. Матюшичев В.Б., Шамратова В.Г. Регуляция электрокинетических свойств эритроцитов крови человека при действии эмоционального стрессора. *Цитология.* 2003;45(11):1119–1123.
8. Циркин В.И., Громова М.А., Колгина Д.А., Михайлова В.И., Пленусова Я.К. Оценка адренореактивности эритроцитов, основанная на способности адреналина повышать скорость агглютинации эритроцитов. *Фундаментальные исследования.* 2008;(7):59–60.
9. Даутова А.З., Хажиева Е.А., Садькова Л.З., Шамратова В.Г. Морфофункциональные особенности эритроцитов у девушек в зависимости от уровня двигательной активности и наследственного фактора. *Человек. Спорт. Медицина.* 2020;20(3):25–33. <https://doi.org/10.14529/hsm200303>
10. Parks R.B., Hetzel S.J., Brooks M.A. Iron Deficiency and Anemia among Collegiate Athletes: A Retrospective Chart Review. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2017;49(8):1711–1715. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001259>
11. Голубева М.Г. Влияние физической нагрузки на функциональное состояние мембран эритроцитов. *Спортивная медицина: наука и практика.* 2020;10(2):55–64. <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2020.2.55>

наблюдаемые у спортсменов под влиянием регулярных физических нагрузок, можно рассматривать как проявление процессов, направленных на формирование специфической функциональной системы адаптации и как прогностический критерий для оценки клеточного гомеостаза и функционирования клеток в условиях временного его нарушения при физической нагрузке.

#### Authors' contributions:

**Al'bina Z. Dautova** — study concept and design; collection and processing of material; statistical data processing.

**Ekaterina E. Isaeva** — text editing.

**Valentina G. Shamratova** — text preparation.

#### References

1. Miller G.D., Beharry A., Teramoto M., Lai A., Willick S.E., Eichner D. Hematological changes following an Ironman triathlon: An antidoping perspective. *Drug Test. Anal.* 2019;11(11–12):1747–1754. <https://doi.org/10.1002/dta.2724>
2. Mairbäurl H. Red blood cells in sports: effects of exercise and training on oxygen supply by red blood cells. *Front. Physiol.* 2013;12(4):332. <https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00332>
3. Mikhailov P.V., Muravyov A.V., Ostroumov R.S., Muravyev A.A. Age characteristics of blood properties in trained and untrained individuals. *Bezopasnost' zdorov'ya cheloveka = Security of Human Health.* 2016;(1):16–29 (in Russ.).
4. Golubeva M.G. Stressogenic disorders of erythrocytes and their correction using regulatory peptides. *Uspekhi fiziologicheskikh nauk = Advances in physiological sciences.* 2018;(1):3–10 (In Russ.).
5. Bushueva N.A., Vorobyeva N.A. Characteristics of the hemostasis system during physical exertion. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya Mediko-biologicheskie nauki = Vestnik of Northern (Arctic) Federal University. Life Sciences Series.* 2015;(2):62–70 (In Russ.).
6. Shamratova V.G., Bashirova R.M., Gareev E.M. Electrokinetic properties of human erythrocytes in psychoemotional stress and pathology. Ufa: Bashkir University; 1995. 148 p. (In Russ.).
7. Matyushichev V.B., Shamratova V.G. Regulation of the electrokinetic properties of human erythrocytes under the influence of an emotional stressor. *Tsitologiya.* 2003;45(11):1119–1123 (In Russ.).
8. Tsirkin V.I., Gromova M.A., Kolgina D.A., Mikhailova V.I., Plenusova Ya.K. Assessment of erythrocyte adrenergic activity based on the ability of adrenaline to increase the rate of erythrocyte agglutination. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental research.* 2008;(7):59–60 (In Russ.).
9. Dautova A.Z., Khazhieva E.A., Sadykova L.Z., Shamratova V.G. Morphofunctional features of erythrocytes in girls depending on the level of motor activity and hereditary factor. *Chelovek. Sport. Meditsina = Human. Sport. Medicine.* 2020;20(3):25–33 (In Russ.). <https://doi.org/10.14529/hsm200303>
10. Parks R.B., Hetzel S.J., Brooks M.A. Iron Deficiency and Anemia among Collegiate Athletes: A Retrospective Chart Review. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2017;49(8):1711–1715. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001259>
11. Golubeva M.G. The influence of physical activity on the functional state of erythrocyte membranes. *Sportivnaya meditsina:*

12. Lippi G., Schena F., Salvagno G.L., Aloe R., Banfi G., Guidi G.C. Foot-strike haemolysis after a 60-km ultramarathon. *Blood Transfus.* 2012;10(3):377–383. <https://doi.org/10.2450/2012.0167-11>

13. Medeiros-Lima D.J., Mendes-Ribeiro A.C., Brunini T.M., Martins M.A., Mury W.V., Freire R.A., et al. Erythrocyte nitric oxide availability and oxidative stress following exercise. *Clin. Hemorheol. Microcirc.* 2017;65(3):219–228. <https://doi.org/10.3233/CH-16162>

14. Муравьев А.В., Михайлов П.В., Тихомирова И.А. Микроциркуляция и гемореология: точки взаимодействия. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2017;16(2): 90–100. <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2017-16-2-90-100>

nauka i praktika = Sports medicine: Research and practice. 2020;10(2):55–64 (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2020.2.55>

12. Lippi G., Schena F., Salvagno G.L., Aloe R., Banfi G., Guidi G.C. Foot-strike haemolysis after a 60-km ultramarathon. *Blood Transfus.* 2012;10(3):377–83. <https://doi.org/10.2450/2012.0167-11>

13. Medeiros-Lima D.J., Mendes-Ribeiro A.C., Brunini T.M., Martins M.A., Mury W.V., Freire R.A., et al. Erythrocyte nitric oxide availability and oxidative stress following exercise. *Clin. Hemorheol. Microcirc.* 2017;65(3):219–228. <https://doi.org/10.3233/CH-16162>

14. Muravyov A.V., Mikhailov P.V., Tikhomirova I.A. Microcirculation and hemorheology: points of interaction. *Regionarnoe krovoobrashchenie i mikrotsirkulyatsiya = Regional blood circulation and microcirculation.* 2017;16(2):90–100 (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2017-16-2-90-100>

#### Информация об авторах:

Даутова Альбина Зуфаровна\*, к.б.н., старший преподаватель кафедры медико-биологических дисциплин ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», 420010, Россия, Казань, Деревня Универсиады, 35. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3069-2178> (dautova.az@mail.ru)

Исаева Екатерина Евгеньевна, ассистент кафедры нормальной физиологии ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 450008, Россия, Уфа, ул. Ленина, 3. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4806-257X> (agent373@mail.ru)

Шамратова Валентина Гусмановна, д.б.н., профессор, профессор кафедры нормальной физиологии ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 450008, Россия, Уфа, ул. Ленина, 3. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7633-4264> (shamratovav@mail.ru)

#### Information about the authors:

Al'bina Z. Dautova\*, Ph.D. (Biology), Senior Lecturer of the Department of Biomedical Disciplines of the Volga State University of Physical Culture, Sports and Tourism, 35, Universiade Village, Kazan, 420010, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3069-2178> (dautova.az@mail.ru)

Ekaterina E. Isaeva, Assistant Professor of the Department of Normal Physiology of the Bashkir State Medical University, 3, Lenin str., Ufa, 450008, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4806-257X> (agent373@mail.ru)

Valentina G. Shamratova, D.Sc. (Biology), Professor, Professor of the Department of Normal Physiology of the Bashkir State Medical University, 3, Lenin str., Ufa, 450008, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7633-4264> (shamratovav@mail.ru)

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.5>

УДК 616-098

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original Article



## Некоторые показатели свободнорадикального окисления и антиоксидантной защиты в эритроцитах бывших спортсменов

*А.В. Еликов*

*ФГБОУ ВО «Кировский государственный медицинский университет»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Киров, Россия*

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** изучить основные показатели свободнорадикального окисления и антиоксидантной защиты в эритроцитах бывших спортсменов в зависимости от срока прекращения занятий спортом.

**Материалы и методы:** обследовано 24 бывших спортсмена мужского пола в возрасте 19–29 лет, которые были разделены на 2 группы по 12 человек (1-я группа — бывшие спортсмены, прекратившие занятия сроком до 2 лет; 2-я — свыше 2 лет). Контрольную группу составили 15 практически здоровых нетренированных студентов-добровольцев аналогичного возраста. В эритроцитах спектрофотометрически (спектрофотометр Shimadzu 1240, Япония) определяли активность ферментов-антиоксидантов: супероксиддисмутазы (СОД) (К.Ф. 1.15.1.1) — по ингибированию реакции восстановления нитросинего тетразолия супероксидным анион-радикалом при  $\lambda = 540$  нм, после предварительной обработки эритроцитов по методу Е.Е. Дубининой и др. [8]; каталазы (К.Ф. 1.11.1.6) — по скорости утилизации пероксида водорода при  $\lambda = 260$  нм; глутатионпероксидазы (ГП) (К.Ф. 1.11.1.9) — по изменению содержания восстановленного глутатиона в пробах до и после инкубации субстрата с дитиобис-нитробензойной кислотой при  $\lambda = 412$  нм; глутатионредуктазы (ГР) (К.Ф. 1.6.4.2) — по каталитическому НАДФН-Н<sup>+</sup>-зависимому преобразованию окисленной формы глутатиона в восстановленную, интенсивность которого оценивали по скорости снижения экстинкции проб при  $\lambda = 340$  нм, на которой раствор НАДФН-Н<sup>+</sup> имеет максимум поглощения (тест Варбурга).

**Результаты:** установлена направленность сдвигов состояния окислительного баланса в зависимости от срока детренированности. Выявлено достоверно более низкое значение общей антиоксидантной активности у бывших спортсменов 1-й группы. Данное явление, вероятно, связано со снижением эффективности в отсутствие регулярных физических нагрузок работы ферментативного звена антиоксидантной защиты и, как следствие, повышенным расходом неферментативных антиоксидантов. Установлено, что ранний постспортивный период характеризуется достоверно более низкими, по сравнению с лицами контрольной группы, значениями активности ферментов первого порядка (супероксиддисмутаза) на фоне повышенной активности ферментов второго порядка (каталаза).

**Выводы:** полученные данные можно рекомендовать для контроля за состоянием спортсменов, прекративших занятия спортом, и учитывать при назначении реабилитационных мероприятий для соответствующего контингента.

**Ключевые слова:** детренированность, спортсмены, эритроциты, свободнорадикальное окисление, антиоксидантная защита

**Конфликт интересов:** автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Еликов А.В. Некоторые показатели свободнорадикального окисления и антиоксидантной защиты в эритроцитах бывших спортсменов. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2021;11(3):12–17. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.5>

Поступила в редакцию: 01.08.2021

Принята к публикации: 20.09.2021

Online first: 29.09.2021

Опубликована: 30.09.2021

## Some indicators of free radical oxidation and antioxidant protection in the erythrocytes of former athletes

*Anton V. Elikov*

*Kirov State Medical University, Kirov, Russia*

### ABSTRACT

**Objective:** to study the main indicators of free radical oxidation and antioxidant protection in the erythrocytes of former athletes, depending on the period of termination of sports.

**Materials and methods:** 24 former male athletes aged 19–29 years were examined, who were divided into 2 groups of 12 people each (1st group — former athletes who stopped training for up to 2 years; 2nd — over 2 years). The control group consisted of 15 practically healthy untrained student volunteers of the same age. In erythrocytes, spectrophotometrically (spectrophotometer Shimadzu 1240, Japan), the activity of antioxidant enzymes was determined: superoxide dismutase (SOD) (K.F. 1.15.1.1) — by inhibiting the reduction of nitro blue tetrazolium by superoxide anion radical at

$\lambda = 540$  nm, after preliminary processing of erythrocytes by the method of Dubinina E.E. and others [8]; catalase (K.F. 1.11.1.6) — according to the rate of utilization of hydrogen peroxide at  $\lambda = 260$  nm; glutathione peroxidase (HP) (K.F. 1.11.1.9) — by the change in the content of reduced glutathione in samples before and after incubation of the substrate with dithiobis-nitrobenzoic acid at  $\lambda = 412$  nm; glutathione reductase (GR) (K.F. 1.6.4.2) — according to the catalytic NADPH · H<sup>+</sup>-dependent transformation of the oxidized form of glutathione into the reduced form, the intensity of which was estimated by the rate of decrease in the extinction of samples at  $\lambda = 340$  nm, at which the NADPH H<sup>+</sup> solution has a maximum light absorption (Warburg test).

**Results:** the direction of the shifts in the state of the oxidative balance was established depending on the period of detraining. A significantly lower value of the total antioxidant activity was revealed in the former athletes of the 1st group. This phenomenon is probably associated with a decrease in the efficiency of the enzymatic link of the antioxidant defense in the absence of regular physical exertion, and, as a consequence, an increased consumption of non-enzymatic antioxidants. It was found that the early post-sports period is characterized by significantly lower, in comparison with the control group, the values of the activity of the first-order enzymes (superoxide dismutase) against the background of the increased activity of the second-order enzymes (catalase).

**Conclusions:** the obtained data can be recommended for monitoring the state of athletes who stopped playing sports and taken into account when prescribing rehabilitation measures for the corresponding contingent.

**Keywords:** detraining, athletes, erythrocytes, free radical oxidation, antioxidant protection

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

**For citation:** Elikov A.V. Some indicators of free radical oxidation and antioxidant protection in the erythrocytes of former athletes. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2021;11(3):12–17 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.5>

**Received:** 1 August 2021

**Accepted:** 20 September 2021

**Online first:** 29 September 2021

**Published:** 30 September 2021

## 1. Введение

Достижение спортивных результатов непременно подразумевает повышенный уровень двигательной активности, что сопровождается перестройкой всего комплекса метаболических и функциональных механизмов [1–3]. Прекращение занятий спортом в силу тех или иных причин приводит к переходу на новый, более низкий уровень двигательной активности по сравнению с предшествующим, что можно трактовать как относительную гиподинамию. Это будет влиять на показатели, характеризующие адаптивные возможности бывшего спортсмена [4, 5], среди которых одно из ключевых значений занимает исследование показателей оксидантного баланса организма. Особенно ценным представляются исследования на клеточном уровне, которые существенно расширяют, добавляют и конкретизируют данные, полученные при исследовании показателей плазмы крови. В определенной мере это представляется при исследовании показателей свободнорадикального окисления (СРО) и антиоксидантной защиты (АОЗ) в эритроцитах.

Целью нашей работы было изучить основные показатели свободнорадикального окисления и антиоксидантной защиты в эритроцитах бывших спортсменов в зависимости от срока прекращения занятий спортом.

## 2. Материалы и методы

Проведено биохимическое обследование 24 бывших спортсменов мужского пола в возрасте от 19 до 29 лет. Бывшие спортсмены подразделялись на 2 группы по 12 человек (1-я группа — обследуемые, прекратившие занятия сроком до 2 лет; 2-я — обследуемые, прекратившие занятия спортом свыше 2 лет). Спортивная квалификация детренированных лиц была от 3-го взрослого разряда до КМС, специализация включала как циклические, так и ациклические виды спорта. Контрольную

группу составили 15 практически здоровых нетренированных студентов-добровольцев аналогичного возраста, занимающихся физической культурой только в объеме вузовской программы.

Все исследования проводили в осенне-зимний сезон. Обследуемые лица находились на общем пищевом рационе. За неделю до эксперимента исключался прием поливитаминных комплексов, биологически активных добавок и пищевых продуктов с высоким содержанием витаминов С и Е, превышающим среднюю рекомендованную суточную дозу для данного возраста и пола.

Забор крови проводили из локтевой вены. Кровь центрифугировали при 3000 об/мин в течение 15 мин на центрифуге ОПн-3 (АО ТНК «ДАСТАН», Кыргызстан). Биохимические показатели измеряли в эритроцитах, трижды отмытых 0,85 % раствором NaCl. Для изучения состояния СРО использовали определение содержания активных продуктов тиобарбитуровой кислоты (ТБКп) по реакции с тиобарбитуровой кислотой согласно методике, изложенной в [6]. Определение диеновых конъюгатов (ДК) проводили в гептановой фазе после предварительной экстракции смесью гептан-изопропанол при длине волны 233 нм [6]. Значение ДК выражали по отношению к содержанию общих липидов (ОЛ), которые определяли по реакции с сульфосфосфанилиновым реактивом.

Показатели ХЛ и АРА в эритроцитах измеряли в гептановой фазе после экстракции смесью гептан-изопропанол (1:1 по объему). Для определения первичных продуктов СРО и общей антиоксидантной активности (ОАА) измеряли интенсивность хемилюминесценции (ХЛ), инициированной пероксидом водорода в присутствии избытка ионов двухвалентного железа, за 30 с (S30) и 60 с (S60), а также максимальную вспышку ХЛ (Im) за исследуемое время на хемилюминометре Emilite 1105 (Biochemmack, Россия). ОАА оценивали

по отношению уровней максимальной вспышки/светосумма за 30 с (Im/S). Метод определения антирадикальной активности (АРА) основан на обесцвечивании раствора 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила продуктами свободнорадикального окисления [7].

В эритроцитах спектрофотометрически (спектрофотометр Shimadzu 1240, Япония) определяли активность ферментов-антиоксидантов: супероксиддисмутазы (СОД) (К.Ф. 1.15.1.1) — по ингибированию реакции восстановления нитросинего тетразолия супероксидным анион-радикалом при  $\lambda = 540$  нм, после предварительной обработки эритроцитов по методу Е.Е. Дубининой и др. [8]; каталазы (К.Ф. 1.11.1.6) — по скорости утилизации пероксида водорода при  $\lambda = 260$  нм; глутатионпероксидазы (ГП) (К.Ф. 1.11.1.9) — по изменению содержания восстановленного глутатиона в пробах до и после инкубации субстрата с дитиобис-нитробензойной кислотой при  $\lambda = 412$  нм; глутатионредуктазы (ГР) (К.Ф. 1.6.4.2) — по каталитическому НАДФН·Н<sup>+</sup>-зависимому преобразованию окисленной формы глутатиона в восстановленную, интенсивность которого оценивали по скорости снижения экстинкции проб при  $\lambda = 340$  нм, на которой раствор НАДФН·Н<sup>+</sup> имеет максимум светопоглощения (тест Варбурга) [9].

Определение проницаемости эритроцитарных мембран (осмотической стойкости эритроцитов) проводили по методу [6]. Метод основан на выявлении осмотической стойкости эритроцитов по отношению к смеси изотонического раствора хлорида натрия и мочевины. Взвесь эритроцитов добавляли в пробирки, содержащие 1,8 % раствор мочевины и 0,85 % раствор NaCl в соотношении: 1 — 40:60; 2 — 45:55; 3 — 50:50; 4 — 55:45;

5 — 60:40; 6 — 65:35; 7 — чистый раствор мочевины. После инкубации и центрифугирования определяли оптическую плотность всех растворов, пересчитывая этот показатель в % от эталона (7-я пробирка). На основании полученных данных рассчитывали коэффициент устойчивости эритроцитов к гемолизу как средняя арифметическая % гемолиза во всей серии пробирок.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы Biostat и Statistica 6.0. Нормальность распределения определяли по методу Шапиро — Уилка. После проверки на нормальность достоверность различий оценивали с использованием *t*-критерия Стьюдента для нормального и нормализованного путем преобразования распределения. Учитывали результаты с уровнем статистической значимости не ниже 95 % ( $p \leq 0,05$ ).

### 3. Результаты исследования и их обсуждение

Результаты исследования состояния процессов СРО в эритроцитах бывших спортсменов представлены в таблице 1.

При исследовании первичных продуктов СРО (интенсивность хемилюминесценции (ХЛ)), промежуточных (ХЛ) и вторичных (ТБКап) установлена интенсификация процессов СРО в эритроцитах у бывших спортсменов. При этом достоверно более высокие значения исследуемых показателей по сравнению с лицами контрольной группы установлены только у обследуемых бывших спортсменов 1-й группы. Интенсификация реакций СРО в ранний постспортивный период свидетельствует, по нашему мнению, о существенных адаптационных перестройках в организме бывших спортсменов

Таблица 1

Показатели, характеризующие состояние СРО в эритроцитах у детренированных лиц ( $M \pm m$ )

Table 1

Indicators characterizing the state of free radical oxidation in erythrocytes in detrained individuals ( $M \pm m$ )

Исследуемый показатель / Indicator	Контрольная группа / Control group (n = 15)	Бывшие спортсмены / Former athletes	
		1-я группа / 1 group (n = 12)	2-я группа / 2 group (n = 12)
ТБКап, мкмоль/г ОЛ / Active products of thiobarbiturate acid, $\mu\text{mol/g}$ total lipids	7,10 $\pm$ 0,58	10,85 $\pm$ 0,77*	7,94 $\pm$ 0,62
ДК, у.е./г ОЛ / Diene conjugates, c.u./g total lipids	0,36 $\pm$ 0,02	0,54 $\pm$ 0,04*	0,43 $\pm$ 0,03
ХЛ (пик) (Im), кФотон / Chemiluminescence (peak) (Im), kPhoton	36,7 $\pm$ 1,0	44,5 $\pm$ 1,3*	38,3 $\pm$ 1,2
ХЛ (S60), кФотон / Chemiluminescence (S60), kPhoton	576,6 $\pm$ 23,9	949,4 $\pm$ 45,3*	658,1 $\pm$ 34,2
ХЛ (S30), кФотон / Chemiluminescence (S30), kPhoton	356,9 $\pm$ 17,8	578,9 $\pm$ 28,2*	403,1 $\pm$ 23,7

Примечание: \* — различия с контролем статистически достоверны ( $p \leq 0,05$ ).

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



при переходе от повышенной двигательной активности к обычной.

Таковыми адаптационными перестройками, по нашему мнению, могут являться:

1. Снижение ресурсов АОЗ эритроцитов в отсутствие регулярных физических нагрузок, что подтверждается исследованием характеризующих АОЗ показателей.

2. Поддержание адаптации к регулярной мышечной деятельности сопровождается развитием физиологического эритроцитоза [10–12], с последующей ликвидацией «лишних» эритроцитов с перекисно-модифицированными мембранами в начальные сроки прекращения занятий спортом.

3. Общие изменения оксидантного баланса организма, связанного с развитием состояния детренированности, с выходом продуктов СРО в кровь с последующей их абсорбцией эритроцитами.

В то же время у бывших спортсменов 2-й группы достоверных отличий исследуемых показателей СРО обнаружено не было, хотя их значения превышали показатели лиц контрольной группы, что говорит о стадийности процесса интенсификации СРО при развитии детренированности.

Результаты исследований показателей АОЗ представлены в таблице 2.

При исследовании показателя ОАА установлено достоверно более низкое значение данного показателя у бывших спортсменов 1-й группы. Данное явление мы связываем со снижением эффективности

в отсутствие регулярных физических нагрузок работы ферментативного звена АОЗ и, как следствие, с повышенным расходом неферментативных антиоксидантов. Это предположение подтверждается значительно (на 17,0%;  $p < 0,05$ ) более низким показателем АРА, на величину которого в первую очередь оказывает влияние содержание альфа-токоферола.

Нами исследована активность ферментов-антиоксидантов СОД, каталазы, ГП и ГР, которые можно разделить на системы: система СОД — каталаза и система ГП — ГР. Такое разделение обусловлено тем, что эти ферменты дополняют работу друг друга, поскольку продукт реакции одного фермента является субстратом для следующего. Именно синергизм в работе ферментов и определяет функционирование системы в целом, а следовательно, и системы АОЗ организма.

Установлено, что ранний постспортивный период характеризуется закономерностью, заключающейся в достоверно более низких по сравнению с лицами контрольной группы значениях активности ферментов первого порядка (СОД и ГП) на фоне повышенной активности ферментов второго порядка (каталаза и ГР). Данное явление мы связываем с усилением в эритроцитах бывших спортсменов реакций СРО с последующей окислительной модификацией белковой молекулы фермента-антиоксиданта. В целом, по нашему мнению, потенцирование активности фермента-антиоксиданта второго порядка будет говорить о напряжении механизмов адаптации и компенсированном оксидантном стрессе, что позволяет рекомендовать пищевые продукты,

Таблица 2

Показатели, характеризующие состояние АОЗ в эритроцитах у детренированных лиц ( $M \pm m$ )

Table 2

Indicators characterizing the state of antioxidant defense in erythrocytes in detrained individuals ( $M \pm m$ )

Исследуемый показатель / Indicator	Контрольная группа / Control group ( $n = 15$ )	Бывшие спортсмены / Former athletes	
		1-я группа / 1 group ( $n = 12$ )	2-я группа / 2 group ( $n = 12$ )
ОАА, Im/S30 / General antioxidant protection, Im/S30	0,103 ± 0,004	0,077 ± 0,003*	0,095 ± 0,004
АРА, % ингибирования / Antiradical activity, % of inhibition	48,9 ± 2,3	40,6 ± 2,0*	47,7 ± 2,2
СОД, % ингибирования / Superoxide dismutase, % of inhibition	53,4 ± 3,8	42,8 ± 3,1*	50,3 ± 3,6
Каталаза, ммоль/мл/мин / Catalase, mmol/ml/min	4,67 ± 0,31	6,34 ± 0,40*	5,42 ± 0,36
ГП, мкмоль/мин · мл / Glutathione peroxidase, $\mu\text{mol} / \text{min} \cdot \text{ml}$	3,94 ± 0,23	2,56 ± 0,18*	3,69 ± 0,22
ГР, мкмоль/мин · мл / Glutathione reductase, $\mu\text{mol} / \text{min} \cdot \text{ml}$	0,78 ± 0,04	0,92 ± 0,06	0,84 ± 0,05

Примечание: \* — различия с контролем статистически достоверны ( $p < 0,05$ ).

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

обогащенные антиоксидантами, для коррекции функционального состояния детренированных лиц. Следует отметить отсутствие достоверной разницы в изучаемых показателях между бывшими спортсменами 2-й группы и лицами контрольной группы, что подтверждает стабильность изменения оксидантного баланса в развитии процесса детренированности.

Проницаемость эритроцитарных мембран (осмотической стойкости эритроцитов) является интегральным показателем антиоксидантного статуса организма и интенсивности реакций СРО. Для удобства оценки данного показателя мы рассчитали усредненный процент гемолиза по всем пробиркам по отношению 7-й пробирке (к 100 %). Результаты расчета представлены на рисунке 1.

Установлена достоверно более низкая устойчивость эритроцитов к гемолизу у бывших спортсменов 1-й группы по сравнению с лицами контрольной группы. Это связано с интенсификацией процессов СРО в эритроцитах, что подтверждается данными, полученными при комплексном и параллельном изучении показателей СРО и ОАА. Таким образом, определение устойчивости эритроцитов к гемолизу является простым и надежным тестом для характеристики состояния процессов СРО в организме, а также характеризует общее функциональное состояние бывшего спортсмена. Также следует отметить близкие значения данного показателя у бывших спортсменов 2-й группы и обследуемых контрольной группы, что подтверждает ранее сделанные выводы о стабильности процесса детренированности.

Резюмируя результаты исследования, можно сделать следующие выводы.

1. Состояние детренированности у бывших спортсменов, возникающее после прекращения занятий спортом до 2 лет, характеризуется интенсификацией процессов свободнорадикального окисления в эритроцитах на фоне снижения ресурсов антиоксидантной защиты, что подтверждается достоверной разницей исследуемых показателей.

2. Процесс детренированности после прекращения занятий спортом имеет стадийный характер,

#### Вклад автора:

**Еликов Антон Вячеславович** — сбор и обработка материала, написание текста статьи, редактирование.

#### Список литературы

1. Дуанбекова Г.Б., Сарксеева Б.А., Каранбаева М.Ж., Алимжанов Е.Н. Исследования состояния окислительного метаболизма организма спортсменов. Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2012;(2):259–261.
2. Тамбовцева Р.В., Войтенко Ю.А., Орел В.Р. Состояние метаболизма при напряженной мышечной деятельности спортсменов циклических видов спорта. М.: ТВТ Дивизион; 2017. 120 с.

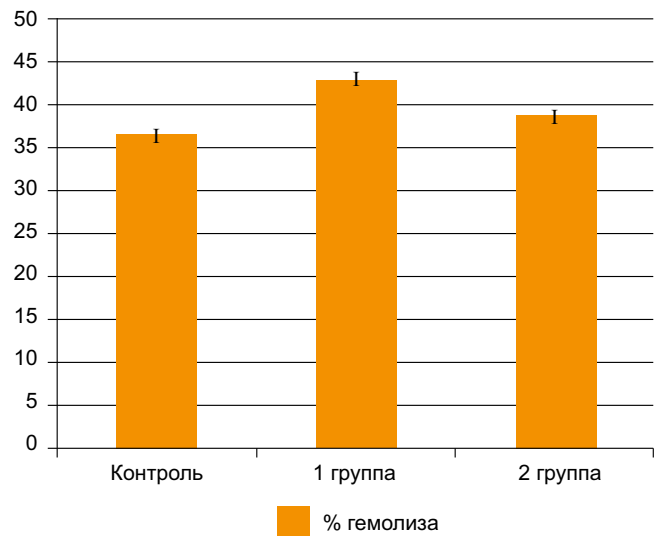


Рис. 1. Усредненный процент гемолиза у лиц контрольной группы и бывших спортсменов

Fig. 1. Average percentage of hemolysis in the control group and former athletes

что подтверждается отсутствием достоверной разницы с нетренированными лицами после 2 лет с момента прекращения занятий спортом.

3. Комплексное исследование показателей свободно-радикального окисления (ТБК активные продукты, диеновые конъюгаты, интенсивность хемилюминесценции) и антиоксидантной защиты (общая антиоксидантная активность, антирадикальная активность, активность ферментов-антиоксидантов) в эритроцитах, а также осмотическая устойчивость эритроцитов является надежным критерием для диагностики развития состояния детренированности.

4. Изменения состояния антиоксидантной защиты, сопровождающие развитие детренированности, рекомендуется учитывать в трактовке данных биохимических анализов, при проведении комплексной реабилитации бывших спортсменов, а также создании продуктов функционального питания для бывших спортсменов.

#### Author's contributions:

**Anton V. Elikov** — collection and processing of material, text writing, editing.

#### References

1. Duanbekova G.B., Sarkseeva B.A., Karanbaeva M.Zh., Alimzhanov E.N. Investigations of the state of oxidative metabolism in the body of athletes. Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk [Actual problems of the humanities and natural sciences]. 2012;(2):259–261. (In Russ.).
2. Tambovtseva R.V., Voitenko Yu.A., Orel V.R. The state of metabolism during intense muscular activity of athletes of cyclic sports. Moscow: TVT Divizion Publ.; 2017. 120 p. (In Russ.).

3. **Осачук С.С., Марцинкевич А.Ф.** Липидный состав мембран эритроцитов у спортсменов циклических видов спорта. Клиническая лабораторная диагностика. 2014;59(5):17–19.

4. **Коган О.С., Тарасова М.В.** Состояние здоровья действующих и закончивших профессиональную карьеру высококвалифицированных спортсменов. Теория и практика физической культуры. 2016;(11):73–76.

5. **Федотова И.В., Таможников Д.В., Андреев А.С., Бочаров А.В., Беликова А.Ю.** Влияние факта завершения спортивной деятельности на медицинские аспекты дезадаптации в раннем постспортивном периоде. Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2017;(11):274–278.

6. **Камышников В.С.** Справочник по клинико-биохимическим исследованиям и лабораторной диагностике. Минск: Интерпрессервис; 2003. 953 с.

7. **Арутюнян А.В., Прокопенко В.М., Евсюкова И.И., Косов М.Н., Опарина Т.И.** Свободнорадикальное окисление и антиоксидантная активность у здоровых доношенных новорожденных детей. Физиология человека. 2001;27(3):133–136.

8. **Дубинина Е.Е., Сальникова Л.А., Ефимова Л.Ф.** Активность и изоферментный спектр супероксиддисмутазы эритроцитов и плазмы крови человека. Лабораторное дело. 1985;(11):678–681.

9. **Карпищенко А.И.** ред. Медицинские лабораторные технологии. Справочник. СПб.: Интермедтехника; 2002. 600 с.

10. **Казимирко Н.К., Дычко Е.А., Кохан С.Т., Дычко В.В., Гаврилина Е.А.** Влияние физических нагрузок на количественный и возрастной состав эритроцитов периферийной крови спортсменов-дзюдоистов. Спортивная медицина: наука и практика. 2012;(4):20–24.

11. **Рутковский А.В., Койносов А.П., Дудко А.В.** Сезонная динамика показателей красной крови и физической работоспособности у спортсменов циклических видов спорта в природно-климатических условиях Среднего Приобья. Медицинская наука и образование Урала. 2018;19(2):48–52.

12. **Baskurt O.K., Meiselman H.J.** Free radical attack and red blood cell mechanics. 10<sup>th</sup> Int. Cong. of Biorheol. and 3<sup>th</sup> Int. Conf. of Clin. Hemorheol. Pecs. Biorheology. 1999;36:49.

3. **Osachuk S.S., Martsinkevich A.F.** Lipid composition of erythrocyte membranes in athletes of cyclic sports. Klinicheskaya laboratornaya diagnostika = Russian Clinical Laboratory Diagnostics. 2014;59(5):17–19. (In Russ.).

4. **Kogan O.S., Tarasova M.V.** The state of health of highly qualified athletes who have completed their professional careers and who have completed their professional careers. Teoriya i praktika fizicheskoi kul'tury = Theory and practice of physical culture. 2016;(11):73–76. (In Russ.).

5. **Fedotova I.V., Tamozhnikov D.V., Andrenko A.S., Bocharov A.V., Belikova A.Yu.** Influence of the fact of completion of sports activity on medical aspects of disadaptation in the early post-sports period. Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta. 2017;(11):274–278. (In Russ.).

6. **Kamyshnikov V.S.** Handbook of Clinical and biochemical research and laboratory diagnostics. Minsk: Interpresservis Publ.; 2003. 953 p. (In Russ.).

7. **Arutyunyan A.V., Prokopenko V.M., Evsyukova I.I., Kosov M.N., Oparina T.I.** Free radical oxidation and antioxidant activity in healthy full-term newborns. Fiziologiya cheloveka = Human Physiology. 2001;27(3):133–136. (In Russ.).

8. **Dubinina E.E., Salnikova L.A., Efimova L.F.** Activity and isoenzyme spectrum of superoxide dismutase of erythrocytes and human blood plasma. Laboratornoe delo = Laboratory Science. 1985;(11):678–681. (In Russ.).

9. **Karpishchenko A.I.** editor. Medical laboratory technology. Handbook. SPb: Intermedtekhnik Publ.; 2002. 600 p. (In Russ.).

10. **Kazimirko N.K., Dychko E.A., Kokhan S.T., Dychko V.V., Gavrilina E.A.** The influence of physical activity on the quantitative and age composition of the peripheral blood erythrocytes of judo athletes. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika = Sports medicine: science and practice. 2012;(4):20–24. (In Russ.).

11. **Rutkovsky A.V., Koinosov A.P., Dudko A.V.** Seasonal dynamics of indicators of red blood and physical performance in athletes of cyclic sports in the natural and climatic conditions of the middle Ob region. Meditsinskaya nauka i obrazovanie Urala [Medical science and education of the Urals]. 2018;19(2):48–52. (In Russ.).

12. **Baskurt O.K., Meiselman H.J.** Free radical attack and red blood cell mechanics. 10<sup>th</sup> Int. Cong. of Biorheol. and 3<sup>th</sup> Int. Conf. of Clin. Hemorheol. Pecs. Biorheology. 1999;36:49.

#### Сведения об авторе:

**Еликов Антон Вячеславович**, к.м.н., доцент кафедры химии ФГБОУ ВО «Кировский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 610027, Россия, Киров, ул. К. Маркса, 112., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3042-8556> (anton\_yelikov@mail.ru)

#### Information about the author:

**Anton V. Elikov**, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Department of Chemistry, Kirov State Medical University, 112, K. Marks str., Kirov, 610027, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3042-8556> (anton\_yelikov@mail.ru)

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.8>

УДК 542.8, 543.9

Тип статьи: Обзор литературы / Review



## Перспективные направления лабораторной диагностики в спорте и фитнесе

Г.М. Загородный\*, Н.В. Шераш, А.Н. Будко, Н.В. Шведова

ГУ «Республиканский научно-практический центр спорта», Минск, Республика Беларусь

### РЕЗЮМЕ

В статье изложены основные биомаркеры определения адаптации человека к физическим нагрузкам. Проанализированы современные научные публикации по критериям индивидуальной переносимости пищевых продуктов, изучены перспективные направления персонализированной коррекции диеты. Авторами сформирована группа валидных (спорт-специфических) лабораторных показателей, предложено обращать пристальное внимание на референсные значения лабораторного оборудования, имеющего «свои» нормы. Перспективным направлением лабораторно-диагностической работы является формирование достоверных и доступных взаимодополняющих критериев, находящихся на стыке функциональных и инструментальных методов диагностики. Метабомика рассматривается как молодая, но весьма эффективная для обнаружения метаболических высокоспецифичных характеристик состояния здоровья человека наука. Авторами предложены основные направления научных исследований в лабораторной диагностике в спорте.

**Ключевые слова:** лабораторная диагностика, спорт, метабомика, питание, адаптация, диета, фитнес

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

**Для цитирования:** Загородный Г.М., Шераш Н.В., Будко А.Н., Шведова Н.В. Перспективные направления лабораторной диагностики в спорте и фитнесе. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2021;11(3):18–27. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.8>

**Поступила в редакцию:** 24.08.2021

**Принята к публикации:** 29.09.2021

**Online first:** 29.09.2021

**Опубликована:** 30.09.2021

\* Автор, ответственный за переписку

## Promising directions of laboratory diagnostics in spores and fitness

Hennady M. Zaharodny\*, Natalya V. Sherash, Anastasia N. Budko, Natalya V. Shvedova

State University “Republican Scientific and Practical Center of Sports”, Minsk, Republic of Belarus

### ABSTRACT

The article describes the main biomarkers for determining human adaptation to physical activity. Analyzed modern scientific publications on the criteria of individual tolerance of food products, studied promising directions of personalized correction of the diet. The authors have formed a group of valid (sports-specific) laboratory indicators, it is proposed to pay close attention to the reference values of laboratory equipment that have “their own” norms. A promising direction of laboratory diagnostic work is the formation of reliable and accessible complementary criteria that are at the “junction” of functional and instrumental diagnostic methods. Metabolomics is viewed as a young but highly effective science for detecting highly specific metabolic characteristics of human health. The authors proposed the main directions of scientific research in laboratory diagnostics in sports.

**Keywords:** laboratory diagnostics, sports, metabolomics, nutrition, adaptation, diet, fitness

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

**For citation:** Zaharodny H.M., Sherash N.V., Budko A.N., Shvedova N.V. Promising directions of laboratory diagnostics in spores and fitness. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2021;11(3):18–27 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.8>

**Received:** 24 August 2021

**Accepted:** 29 September 2021

**Online first:** 29 September 2021

**Published:** 30 September 2021

\* Corresponding author

Одной из важнейших задач врачебно-педагогических наблюдений в спорте является оценка функционального состояния спортсмена. С этой целью используется ряд хорошо зарекомендовавших себя методов контроля: лабораторный, функциональный, морфометрический, которые совместно с педагогическими методами оценки работоспособности дают достоверную информацию для последующего анализа работоспособности и адаптации спортсмена [1–4].

Дальнейший поиск критериев объективной оценки адаптации, в том числе способствующих выявлению предпатологических изменений, является на сегодня особенно актуальной проблемой. На основании анализа величины метаболических сдвигов и продолжительности их удержания проводится оценка и коррекция срочного, отставленного и кумулятивного тренировочных эффектов нагрузок различной направленности, что позволяет повысить эффективность тренировок [5].

В спортивной практике используется большое число лабораторных показателей с последующей их интерпретацией в рамках достоверной оценки функционального состояния атлета. Стабильность показателей гематологического статуса и быстрое возвращение к нормальным значениям после их увеличения, коррелируемого с величиной физической нагрузки, — ключевые факторы оценки приспособительных реакций [6–8]. В предыдущие десятилетия накопился большой объем научной информации по лабораторной диагностике в спорте, которая позволяет динамически отслеживать и корректировать функциональное состояние атлета. Ряд лабораторных показателей (КФК-МБ, миоглобин, тропонин, АсАТ, мочевины, тестостерон, кортизол, их соотношения и др.) обладают высокой информативностью о текущем состоянии спортсменов [9–11].

Вместе с тем динамических достоверных наблюдений за изменениями показателей в течение как нагрузочного тестирования, так и в естественных условиях тренировочной деятельности в корреляции с видами нагрузок в течение всего этапа подготовки, особенно современных биомаркеров тренированности, пока недостаточно.

Так, T. Reichel и соавт. (2020) у 62 человек после 60-минутной тренировки на выносливость с 4-недельным перерывом восстановления с помощью многомерного опросника настроения (MDMQ), параметров максимального произвольного сокращения (MVC) и биомаркеров крови обнаружили сильную корреляцию для соединений, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой, и гематологических маркеров. Между этими показателями и уровнями интерлейкинов RA, IL-6, IL-8, IL-15, ЛДГ, КФК была обнаружена умеренная связь [13].

E. Varamenti (2020) выявил значительное увеличение цитокинов и показателей окислительного стресса после высокоинтенсивных упражнений в отличие от упражнений на выносливость [12].

K. Płoszczysa и соавт. (2020) изучали корреляции между максимально стабильным уровнем лактата (MLSS),

анаэробным порогом, максимальным отклонением лактата (Dmax), модифицированном максимальном отклонении (ModD max), исходной концентрации лактата, индивидуальным анаэробным порогом (IAT), началом накопления лактата в крови (OBLA 4 ммоль/л) методом V-slope при максимальном тесте (GXT3) с 3-минутными этапами (+40 Вт/этап) у 12 элитных велосипедистов-мужчин с последующими 30-минутными тестами с постоянной нагрузкой. Анализ выявил очень высокую ( $r > 0,90$ ) корреляцию между MLSS и Dmax и IAT, при этом корреляция MLSS и OBLA 4 составила 0,67. Авторы утверждают, что индивидуальный MLSS не может быть правильно оценен методами V-slope, ModD max и OBLA 4 [14].

S. Çetin и соавт. (2020) обнаружили достоверные различия в значениях общего кортизола, липопротеинового профиля в плазме у борцов и футболистов [15], а A. Walker и соавт. (2020) выявили у 22 футболисток значительные колебания свободного и общего кортизола, трийодтиронина, КФК, железа в течение сезона [16].

A. Nowakowska и соавт. (2019), Ł. Radziński и соавт. (2020) обнаружили, что уровни АСТ, АЛТ и креатинина были выше в группе полузащитников/защитников, но только АСТ и креатинин значительно варьировались с течением времени. У полузащитников активность АСТ и уровень железа весной были значительно ниже, чем в осень, а АЛТ, КФК, мочевины и магний были значительно выше весной; кроме того, отмечались максимальные значения АСТ, ЛДГ, КФК, ЦРБ именно на 6-й день микроцикла [17].

M. Sellami (2021) утверждает, что фактор некроза опухоли-альфа (TNF- $\alpha$ ) был единственным цитокином, показывающим более высокую концентрацию у спортсменов старшего возраста независимо от интенсивности занятий спортом. Уровень интерлейкина IL-10 значительно увеличивался у спортсменов на выносливость независимо от возрастной группы, тогда как концентрация IL-6 была выше у старших «выносливых» спортсменов. IL-8 показал сильную взаимосвязь со спортивной интенсивностью в разных возрастных группах. В целом были выявлены значимые положительные корреляции между уровнями IL-6, IL-10, IL-8 и TNF- $\alpha$ . Активность антиоксидантной каталазы положительно коррелировала с уровнями TNF- $\alpha$ . Длина теломера значительно увеличивалась с интенсивностью занятий спортом, особенно в младшей группе [18].

M. Sohail (2020) обнаружил увеличение IL-10 при нагрузках умеренной мощности. Уровни супероксиддисмутазы (SOD) и малонового диальдегида (MDA) были выше в группах с более высокой мощностью. В группах на выносливость IL-10 и воспалительный белок макрофагов (MIP) -1beta были выше при низких/средних нагрузках на выносливость по сравнению с группой высокой выносливости. Специфические маркеры воспаления и окислительного стресса связаны с различными спортивными дисциплинами и могут быть использованы

в качестве потенциальных биомаркеров здоровья спортсменов, их работоспособности и восстановления после травм [19].

Одним из перспективных критериев оценки переносимости нагрузок может быть сердечный миозин-связывающий протеин С (сMyC), который быстрее высвобождается после острого инфаркта миокарда, чем сердечные тропонины (сTn), и может быть благоприятным для пациентов, поступающих в ранний срок после появления симптомов [20].

Среди биомаркеров сердечно-сосудистых заболеваний перспективным критерием диагностики является число копий митохондриальной ДНК (мтДНКс), а также триметиламин-N-оксид (ТМАО), который является окислительным производным кишечного метаболита триметиламина (ТМА). Значения мтДНКс ниже у пациентов с ИБС и коррелируют с СКФ и ТМА [21].

Достаточно активно изучаются маркеры мышечного пластического и энергетического обмена, но пока мало уделяется внимания маркерам состояния соединительной ткани, которая играет значительную роль в формировании мышечного каркаса, устойчивости к травматизму, развитию физических качеств. В частности, это активные олигопептиды коллагена (АСОР) — биоактивные пептиды на основе коллагена, обнаруживаемые с помощью связанного с ферментом иммуносorbентного анализа (enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA)). Исследователи наблюдали, что антитела показали сильную перекрестную реактивность с Pro-Нур и Gly-Pro-Нур и слабую — с коллагеном. Прием коллагена увеличивал уровень АСОП в моче и сильно коррелировал с уровнями пептидных форм Нур и Pro-Нур. Физическая активность значительно снижает уровень АСОП в моче, что может быть рассмотрено как новый биомаркер метаболизма коллагена [22].

Таким образом, формируется новая весьма специфичная группа валидных лабораторных показателей (спорт-специфические), которые рассматриваются как перспективные для научных и прикладных исследований в спорте.

Особое внимание также следует уделять и самому лабораторному оборудованию, имеющему «свои» пределы референсов. Так, V. Viljak и соавт. (2020) утверждают, что самый высокий процент спортсменов с повышенным RI тестостерона был отмечен у Beckman Coulter (30 %) относительно Abbott Architect и Roche Elecsys. Авторы продемонстрировали, что указанный верхний референтный предел был слишком низким для спортсменов. Клиническим лабораториям следует учитывать внедрение новых предлагаемых референсов в зависимости от применяемого оборудования [23].

S. La'ulu и соавт. (2018) указывают, что чувствительность оборудования при 20 % коэффициенте вариации (CV) для анализов на Architect, Centaur, DxI, E170 и Immulite составляла 0,14, 1,23, 0,36, 0,77, 3,49 нмоль/л соответственно. Общие CV для 5-дневного исследования

неточности были  $\leq 9,0$  % для всех методов. J. Barth и соавт. (2018) выявили 95-й центиль для тиреотропного гормона (мМЕ/л) в Abbott Architect (0,51–3,67); Beckman Unicel DxI (0,57–3,60); Roche Cobas (0,60–4,31) и Siemens Advia Centaur XP (0,63–4,29). Значения 95-го центиля для тироксина (пмоль/л) в Abbott Architect (10,6–15,5); Beckman Unicel DxI (7,9–13,0); Roche Cobas (12,5–19,6) и Siemens Advia Centaur XP (11,8–19,0); при этом значения референтных интервалов по производителям различались по тироксину, но существенно не различались для тиреотропного гормона. Исследование показывает, что существуют различия в референтных интервалах для гормонов щитовидной железы между аналитическими платформами [24].

Полагаем, перспективным направлением диагностической работы является формирование валидных критериев взаимодополняющих характеристик, находящихся на стыке функциональных и инструментальных методов междисциплинарного полиформатного взаимодействия. Одним из вариантов определения таких критериев является изучение корреляционных связей между классическими показателями не столько в рамках одного метода исследования, сколько с привлечением сопутствующих методов; в частности, лабораторный контроль и функциональное нагрузочное тестирование, субъективный самоконтроль по общепринятым протоколам и переносимость нагрузок с обратной связью и т.д.

Современная материально-техническая база позволяет использовать большое количество мобильных и стационарных диагностических аппаратов. Рациональное использование медицинского диагностического оборудования, методов врачебно-педагогических наблюдений позволит повысить экономическую эффективность, практическую значимость и научную достоверность полученных результатов с учетом этапа подготовки и условий его использования [25].

Важнейшим естественным «корректором» функционального состояния наряду с полноценным сном, активным отдыхом и рациональным медицинским обеспечением является персонифицированное питание атлетов, которое в значительной степени зависит от направленности тренировочного процесса, этапа подготовки, возраста, особенностей работы ЖКТ и пищевых привычек.

Частые и длительные перемещения современного человека, активный межрасовый обмен генетической информацией, потребление разнообразных и новых продуктов питания (как правило, менее экологичных, чем поколения назад), биологических добавок, использование новых средств в сельском хозяйстве и в бытовой химии, высокая стрессорность жизнедеятельности человека безусловно негативно влияют как на переносимость пищевых продуктов, так и на приспособительные реакции человека в целом.

Особый интерес в последние годы набирает оценка качества питания посредством динамического

наблюдения за биомаркерами нутритивного статуса. Интегративные биомаркеры питания могут быть использованы для количественной оценки эффективного потребления, обоснования физиологического пищевого поведения, отслеживания реакции на терапевтические вмешательства. Безусловно, межличностные различия имеют генетическую основу, например связанную с наличием конкретных полиморфизмов, и также эпигенетическую основу, связанную с взаимодействием конкретного генотипа с характеристиками окружающей среды и возрастом.

Пищевое потребление должно оцениваться не только с точки зрения съеденного, но и с точки зрения ответной биологической реакции. Например, профили циркулирующих липидов отражают их потребление и также зависят от пищи, генотипа и состояния здоровья [26].

Разработка интегративных биомаркеров питания должна учитывать тесную связь между питанием и метаболизмом. Такие показатели могут быть количественными как индикаторы поступления, указывать на содержание конкретного вещества, и качественными, т.е. интегрировать общее влияние приема на организм (эффект применения). Интегративные динамические биохарактеристики питания могут помочь сформулировать индивидуальные диетические рекомендации для достижения оптимального здоровья для определенных фенотипов и генотипов, что в настоящее время называется «точное питание» [27, 28].

Биомаркеры должны определяться надежными, чувствительными, воспроизводимыми методами, которые обязаны быть и экономически целесообразными, а их концентрации в биопробах должны отражать динамические изменения как в отношении рассматриваемого состояния здоровья, так и в отношении диетического вмешательства [29].

В частности, в таблице 1 представлены основные из них [30].

Изучение генетических маркеров значительно продвинулось в последние годы благодаря разработке массивов высокой плотности, которые позволяют одновременно определять тысячи генетических полиморфизмов. Эти разработки облегчили исследования геномных широких ассоциаций (GWAS), которые позволили открыть новые гены и полиморфные варианты, связанные с потреблением кофе, минералов [31, 32].

Несмотря на быстрый прогресс, эпигенетика питания все еще находится на начальном этапе развития; необходимо провести еще много исследований, чтобы установить эпигенетические критерии в качестве новых биомаркеров здоровья. Транскрипт не является одинаковым для всех клеток организма и варьируется в зависимости от ткани и времени жизни. Получение образцов из печени, мышц или жировой ткани является серьезным ограничением метода. В этом отношении фракция мононуклеаров периферической крови представляет собой альтернативу, т.к. эти клетки способны

воспринимать внутренние и внешние сигналы, реагировать на них. Именно поэтому они были предложены в качестве источника транскриптомных биомаркеров здоровья, поскольку их профиль экспрессии генов частично отражает профиль экспрессии других тканей, особенно печени и мышц. Следовательно, изменения, происходящие в экспрессии генов в таких клетках, могут указывать на патологическое состояние, иметь прогностический компонент. Изменения транскриптома мононуклеаров наблюдались после употребления диет, богатых омега-3 полиненасыщенными жирными кислотами, других модификаций диеты. Более того, у детей описаны различия в экспрессии конкретных генов, связанные с частотой употребления сладкой пищи (TAS1R3) или с высоким содержанием жиров (UCN2) [33, 34]. Уровни экспрессии этих генов были предложены в качестве потенциальных биомаркеров употребления определенных продуктов питания. Учитывая влияние определенных вариантов генов и эпигенетических модификаций на уровень экспрессии генов, актуально интегрировать исследования транскриптомов с геномикой и особенно эпигеномикой, поскольку эпигеномный аппарат очень чувствителен к метаболическим сигналам.

Использование протеомики в исследованиях в области питания, к сожалению, не оправдало возложенных на нее ожиданий. Потенциально, сбор информации о пептидах, их расположении и функциях, паттернах их экспрессии в различных клетках обеспечивает большой материал для определения потенциальных биомаркеров [35–37].

Метаболомика как относительно новая наука весьма эффективна для обнаружения метаболических высокоспецифичных для заболеваний признаков. В последние годы метаболомика используется в крупных когортных исследованиях питания с многообещающими результатами, чему способствуют совершенствование высокочувствительных технологий, а также растущая доступность баз данных (включая компоненты пищевых продуктов и их метаболические производные) [38–41].

Сегодня выявлено 39 метаболитов в сыворотке, которые коррелируют в общей сложности с 13 диетическими группами, включая цитрусовые, зеленые овощи, красное мясо, моллюски, рыбу, арахис, рис, масло, кофе, пиво, этанолсодержащие напитки и поливитамины [42].

В качестве примера описаны сильные связи между потреблением цитрусовых и стахидрина, кофе и тригонеллина (N-метилникотината), хинина или алкоголя и этилглюкуроида. Метаболомные исследования мочи выявили маркеры потребления мяса, овощей, цитрусовых, жирной рыбы, кофе, томатного сока. Кроме того, генетические биомаркеры имеют решающее значение для определения взаимосвязи между промежуточными продуктами метаболизма и заболеваниями. В настоящее время существуют уже сотни SNP, последовательно ассоциированных с различными фенотипами болезней, связанных с питанием [43, 44].

Таблица 1

## Основные биомаркеры потребления пищевых продуктов (по типам биообразцов)

Table 1

## Main biomarkers of food consumption (by types of biosamples)

Биомаркер Biomarker	Тип образца Biosample	Продукт Food
Алкилрезорцин	Плазма	Цельнозерновые продукты
Аллилметилсульфоксид (AMSO) или аллилметилсульфон (AMSO <sub>2</sub> )	Моча	Чеснок
Аллилметилсульфид (AMS)	Моча/дыхание	Чеснок
Арбутин	Плазма	Груша
Каротиноиды с витамином С	Плазма/сыворотка	Потребление фруктов и овощей (рекомендуется как лучший биомаркер, чем отдельно каротиноиды или витамин С)
Креатин	Сыворотка	Мясо, рыба
Креатинин	Моча	Мясо, рыба
Даидзеин	Моча/плазма	Соя
Производные дигидрокафеиновой кислоты	Моча	Кофе
Эритроновая кислота, отдельно или с фруктозой и/или сахарозой	Моча	Сахара
Геништейн	Моча/плазма	Соя
Гомоцистеин	Плазма	Фолиевая кислота
Гидроксильированные и сульфированные метаболиты эскулеогенина В	Моча	Томатный сок
1-метилгистидин	Моча	Мясо, жирная рыба
n-3 жирные кислоты: докозагексаеновая кислота (DHA)	Кровь: эритроциты или тромбоциты	Омега-3 ПНЖК
n-3 жирные кислоты (в виде фосфолипида)	Плазма	Омега-3 ПНЭК
n-3 жирные кислоты: эйкозапентаеновая кислота (EPA фосфолипид)	Плазма	Эйкозапентаеновая кислота
N-ацетил-S-(2карбокиспропил) цистеин (CPMA)	Моча	Лук, чеснок
Азот*	Моча (24 часа)	Белок
O-ацетилкарнитин	Моча	Потребление красного мяса
Пентадекановая кислота	Плазма/сыворотка	Молочный жир
Фенилацетилглутамин	Моча	Овощи
Флоретин глюкуронид	Моча	Яблоко
Пролин бетаин	Моча	Цитрусовые
S-аллилцистеин (SAC)	Плазма	Чеснок
S-аллилмеркаптуровая кислота (ALMA)	Моча	Чеснок
Уролитин В	Моча	Потребление эллагитанинов (клубника, малина и грецкие орехи, красное вино)

Прицельной ГХ-МС идентифицировано 25 уникальных жирных кислот плазмы у детей с легкой астмой. Линейная регрессия выявила значительную связь между линолевой, олеиновой, эруковой, цис-11-эйкозеновой, арахидоновой кислотами и показателями

дыхания в группе с избыточным весом / ожирением с поправкой на возраст и пол; при этом для арахидоновой, α-линоленовой и других кислот корреляции были минимальными. Оценка статуса жирных кислот может помочь клиницистам в принятии решения о модификации



диеты, которая может быть использована для индивидуальной диетотерапии для достижения лучшего контроля астмы, оптимальной функции легких и терапевтического ответа у детей [45].

С развитием и применением сложных масс-спектрометров, достижениями в области высокоэффективного хроматографического разделения и биоинформатики, а также с появлением анализа отдельных клеток и МС-визуализации будущие аналитические методы альдегид-экзомного анализа будут иметь более высокую чувствительность и производительность [46].

Исходя из вышеизложенного полагаем целесообразным в ближайшей перспективе развития лабораторной диагностики в спортивной медицине решать следующие задачи.

1. Определить референсные значения лабораторных показателей крови с учетом вида спорта, этапа подготовки, квалификации, возраста, пола, морфологических данных с помощью современных методов обработки данных (нейросети) с достаточной выборкой по ряду критериев [47–51].

2. Определить общие закономерности изменения лабораторных, функциональных, морфологических,

педагогических показателей у спортсменов в зависимости от вида спорта, пола, возраста, морфологических показателей, квалификации и этапа подготовки именно в восстановительный (межтренировочный) период как наиболее достоверный и информативный у высококвалифицированных спортсменов с последующим определением наиболее значимых критериев динамической оценки [52–55].

Организовать практикоориентированные исследования оценки статуса питания, его коррекции доступными методами и средствами, формирование научных основ индивидуализации питания.

Таким образом, формирование научно обоснованного «мостика» между различными методами исследований и, соответственно, показателями, реализуемыми в условиях естественного проведения учебно-тренировочного процесса и в лабораторных условиях, является актуальнейшей задачей современной спортивной лабораторной диагностики. Специализация школ по научным направлениям, последующая аналитическая работа по обобщению полученных результатов на стыке наук позволит достичь серьезных прикладных знаний [56, 57].

#### **Вклад авторов:**

**Загородный Геннадий Михайлович** — концепция и дизайн обзора; сбор и обработка материала; редактирование.

**Шераш Наталья Владимировна** — сбор и обработка материала; редактирование.

**Будко Анастасия Николаевна** — сбор и обработка материала.

**Шведова Наталья Викторовна** — сбор и обработка материала.

#### **Authors' contributions:**

**Hennady M. Zaharodny** — concept and design of the review; collection and processing of material; editing.

**Natalya V. Sherash** — collection and processing of material; editing.

**Anastasia N. Budko** — collection and processing of material.

**Natalya V. Shvedova** — collection and processing of material.

#### **Список литературы**

1. **Занковец В.Э., Загородный Г.М.** Анализ и оценка эффективности тренировочного процесса команды высокогорного спортивного мастерства. Прикладная спортивная наука. 2020;(1(11)):12–24.
2. **Ландырь А.П., Ачкасов Е.Е., Медведев И.Б.** Тесты с дозированной физической нагрузкой в спортивной медицине. Москва: ООО Издательство «Спорт»; 2019. 256 с.
3. **Гаврилова Е.А.** Клинические и экспертные вопросы электрокардиографии в спортивной медицине. Санкт-Петербург: Спорт; 2019. 273 с.
4. **Платонов В.Н.** Структура и содержание непосредственной подготовки спортсменов высокой квалификации к главным соревнованиям. Наука в олимпийском спорте. 2018;(2):17–41.
5. **Курашвили В.А., Парастаев С.А., Поляев Б.А.** Синдром переутомления: предикторы и биомаркеры (обзор зарубежных публикаций). В: XV международная научная конференция по вопросам состояния и перспективам развития медицины в спорте высших достижений «Спортмед-2020»: сборник материалов тезисов «СпортМед-2020» (ФМБА России); Москва, 10–11 декабря 2020 г.; Москва: РАСМиРБИ; 2020, с. 28–29.
6. **Будко А.Н., Шераш Н.В., Гаврилова С.О.** Сравнительный анализ изменений индивидуальных биохимических показателей у мужчин в шорт-треке в годичном цикле подготовки. Прикладная спортивная наука. 2020;(2(12)):33–43.

#### **References**

1. **Zankovets, V.E., Zaharodny G.M.** Analysis and assessment of the effectiveness of the training process of a team of high sportsmanship. *Prikladnaya sportivnaya nauka [Applied sports science]*. 2020;(1(11)):12–24 (In Russ.).
2. **Landyr A.P., Achkasov E.E., Medvedev I.B.** Tests with dosed physical activity in sports medicine. Moscow: Sport Publ.; 2019. 256 p. (In Russ.).
3. **Gavrilova E.A.** Clinical and expert issues of electrocardiography in sports medicine. St. Petersburg: Sport Publ.; 2019. 273 p. (In Russ.).
4. **Platonov V.N.** The structure and content of direct training of highly qualified athletes for the main competitions. *Nauka v olimpiiskom sporte = Science in Olympic sports*. 2018;(2):17–41 (In Russ.).
5. **Kurashvili V.A., Parastaev S.A., Polyayev B.A.** Overfatigue syndrome: predictors and biomarkers (a review of foreign publications). In: XV international scientific conference on the state and prospects for the development of medicine in elite sports “Sportmed-2020”: Collection of abstracts “SportMed-2020” (FMBA of Russia); Moscow, 10–11.12.2020; Moscow: RASMiRBI; 2020. P. 28–29 (In Russ.).
6. **Budko A.N., Sherash N.V., Gavrilova S.O.** Comparative analysis of changes in individual biochemical parameters in men in short track speed skating in the annual training cycle. *Prikladnaya sportivnaya nauka [Applied sports science]*. –2020;(2(12)):33–43 (In Russ.).

7. **Ширковец Е.А., Рыбина И.Л.** Комплексный анализ метаболизма энергообеспечения и эргометрических данных при стандартном тестировании пловцов высокой квалификации. Вестник спортивной науки. 2019;(1):61–66.
8. **Astolfi T., von Roten F.C., Kayser B., Saugy M., Faiss R.** The Influence of Training Load on Hematological Athlete Biological Passport Variables in Elite Cyclists. *Front. Sports Act. Living.* 2021;3:618285. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.618285>
9. **Simmons R., Doma K., Sinclair W., Connor J., Leicht A.** Acute Effects of Training Loads on Muscle Damage Markers and Performance in Semi-elite and Elite Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med.* 2021;51(10):2181–2207. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01486-x>
10. **Hendrix J., Nijs J, Ickmans K., Godderis L., Ghosh M., Polli A.** The Interplay between Oxidative Stress, Exercise, and Pain in Health and Disease: Potential Role of Autonomic Regulation and Epigenetic Mechanisms. *Antioxidants (Basel).* 2020;9(11):1166. <https://doi.org/10.3390/antiox9111166>
11. **Biljak V.R., Vidranski V., Ružić L.** Women in sports: the applicability of common national reference intervals for inflammatory and coagulation biomarkers. *Biochem. Med (Zagreb).* 2021;31(1):010702. <https://doi.org/10.11613/BM.2021.010702>
12. **Reichel T., Boßlau T.K., Palmowski J., Eder K., Ringseis R., Mooren F.C., et al.** Reliability and suitability of physiological exercise response and recovery markers. *Sci Rep.* 2020;10(1):11924. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69280-9>
13. **Varamenti E., Tod D., Pullinger S.A.** Redox Homeostasis and Inflammation Responses to Training in Adolescent Athletes: a Systematic Review. *Sports Med. Open.* 2020;6(1):34. <https://doi.org/10.1186/s40798-020-00262-x>
14. **Płoszczyca K., Jazic D., Piotrowicz Z., Chalimoniuk M.** Comparison of maximal lactate steady state with anaerobic threshold determined by various methods based on graded exercise test with 3-minute stages in elite cyclists. *BMC Sports Sci. Med. Rehabil.* 2020;12(1):70. <https://doi.org/10.1186/s13102-020-00219-3>
15. **Çetin S., Ece C., Paksoy M., Çetin H.N.** Comparison of Lipid and Lipoprotein Values of Wrestlers and Soccer Players. *Turk. J. Pharm. Sci.* 2020;17(2):172–176. <https://doi.org/10.4274/tjps.galenos.2018.66934>
16. **Walker A.J., McFadden B.A., Sanders D.J., Bozzini B.N.** Early Season Hormonal and Biochemical Changes in Division I Field Hockey Players: Is Fitness Protective? *J. Strength Cond. Res.* 2020;34(4):975–981. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003492>
17. **Nowakowska A., Kostrzewa-Nowak D., Buryta R., Nowak R.** Blood Biomarkers of Recovery Efficiency in Soccer Players. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2019;16(18):3279. <https://doi.org/10.3390/ijerph16183279>
18. **Sellami M., Al-Muraikhy S., Al-Jaber H., Al-Amri H. Al-Mansoori L., A Mazloun N., et al.** Age and Sport Intensity-Dependent Changes in Cytokines and Telomere Length in Elite Athletes. *Antioxidants (Basel).* 2021;10(7):1035. <https://doi.org/10.3390/antiox10071035>
19. **Sohail M.U., Al-Mansoori L., Al-Jaber H., Georgakopoulos C., Donati F., Botrè F., et al.** Assessment of Serum Cytokines and Oxidative Stress Markers in Elite Athletes Reveals Unique Profiles Associated With Different Sport Disciplines. *Front. Physiol.* 2020;11:600888. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.600888>
20. **Kaier T.E., Twerenbold R., Puelacher C., Marjot J., Imbaccus N., Boeddinghaus J., et al.** Direct Comparison of Cardiac Myosin-Binding Protein C With Cardiac Troponins for the Early Diagnosis of Acute Myocardial Infarction. *Circulation.* 2019;140(1):1–10. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.119.042441>
7. **Shirkovets E.A., Rybina I.L.** Complex analysis of metabolites of energy supply and ergometric data during standard testing of highly qualified swimmers. *Vestnik sportivnoi nauki = Sports Science Bulletin.* 2019;(1):61–66 (In Russ.).
8. **Astolfi T., von Roten F.C., Kayser B., Saugy M., Faiss R.** The Influence of Training Load on Hematological Athlete Biological Passport Variables in Elite Cyclists. *Front. Sports Act. Living.* 2021;3:618285. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.618285>
9. **Simmons R., Doma K., Sinclair W., Connor J., Leicht A.** Acute Effects of Training Loads on Muscle Damage Markers and Performance in Semi-elite and Elite Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med.* 2021;51(10):2181–2207. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01486-x>
10. **Hendrix J., Nijs J, Ickmans K., Godderis L., Ghosh M., Polli A.** The Interplay between Oxidative Stress, Exercise, and Pain in Health and Disease: Potential Role of Autonomic Regulation and Epigenetic Mechanisms. *Antioxidants (Basel).* 2020;9(11):1166. <https://doi.org/10.3390/antiox9111166>
11. **Biljak V.R., Vidranski V., Ružić L.** Women in sports: the applicability of common national reference intervals for inflammatory and coagulation biomarkers. *Biochem. Med (Zagreb).* 2021;31(1):010702. <https://doi.org/10.11613/BM.2021.010702>
12. **Reichel T., Boßlau T.K., Palmowski J., Eder K., Ringseis R., Mooren F.C., et al.** Reliability and suitability of physiological exercise response and recovery markers. *Sci Rep.* 2020;10(1):11924. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69280-9>
13. **Varamenti E., Tod D., Pullinger S.A.** Redox Homeostasis and Inflammation Responses to Training in Adolescent Athletes: a Systematic Review. *Sports Med. Open.* 2020;6(1):34. <https://doi.org/10.1186/s40798-020-00262-x>
14. **Płoszczyca K., Jazic D., Piotrowicz Z., Chalimoniuk M.** Comparison of maximal lactate steady state with anaerobic threshold determined by various methods based on graded exercise test with 3-minute stages in elite cyclists. *BMC Sports Sci. Med. Rehabil.* 2020;12(1):70. <https://doi.org/10.1186/s13102-020-00219-3>
15. **Çetin S., Ece C., Paksoy M., Çetin H.N.** Comparison of Lipid and Lipoprotein Values of Wrestlers and Soccer Players. *Turk. J. Pharm. Sci.* 2020;17(2):172–176. <https://doi.org/10.4274/tjps.galenos.2018.66934>
16. **Walker A.J., McFadden B.A., Sanders D.J., Bozzini B.N.** Early Season Hormonal and Biochemical Changes in Division I Field Hockey Players: Is Fitness Protective? *J. Strength Cond. Res.* 2020;34(4):975–981. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003492>
17. **Nowakowska A., Kostrzewa-Nowak D., Buryta R., Nowak R.** Blood Biomarkers of Recovery Efficiency in Soccer Players. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2019;16(18):3279. <https://doi.org/10.3390/ijerph16183279>
18. **Sellami M., Al-Muraikhy S., Al-Jaber H., Al-Amri H. Al-Mansoori L., A Mazloun N., et al.** Age and Sport Intensity-Dependent Changes in Cytokines and Telomere Length in Elite Athletes. *Antioxidants (Basel).* 2021;10(7):1035. <https://doi.org/10.3390/antiox10071035>
19. **Sohail M.U., Al-Mansoori L., Al-Jaber H., Georgakopoulos C., Donati F., Botrè F., et al.** Assessment of Serum Cytokines and Oxidative Stress Markers in Elite Athletes Reveals Unique Profiles Associated With Different Sport Disciplines. *Front. Physiol.* 2020;11:600888. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.600888>
20. **Kaier T.E., Twerenbold R., Puelacher C., Marjot J., Imbaccus N., Boeddinghaus J., et al.** Direct Comparison of Cardiac Myosin-Binding Protein C With Cardiac Troponins for the Early Diagnosis of Acute Myocardial Infarction. *Circulation.* 2019;140(1):1–10. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.119.042441>

Circulation. 2017;136(16):1495–1508. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.117.028084>

21. **Bordoni L., Petracci I., Pelikant-Malecka I., Radulska A., Piangerelli M., Samulak J.J., et al.** Mitochondrial DNA copy number and trimethylamine levels in the blood: New insights on cardiovascular disease biomarkers. *FASEB J.* 2021;35(7):e21694. <https://doi.org/10.1096/fj.202100056R>

22. **Osawa Y., Nomura K., Kimira Y., Kushibe S., Takeyama K-I., Nagao M., et al.** Monitoring urinary collagen metabolite changes following collagen peptide ingestion and physical activity using ELISA with anti active collagen oligopeptide antibody. *Sci. Rep.* 2021;11(1):13527. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92934-1>.

23. **Radišić Biljak V., Đuras A., Čičak H., Vidranski V., Vidranski T., Peersman N., et al.** Women in sports: The applicability of reference intervals for 6 commercially available testosterone immunoassays. *Clin. Biochem.* 2020;84:55–62. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2020.06.006>

24. **La'ulu S.L., Kalp K.J., Straseski J.A.** How low can you go? Analytical performance of five automated testosterone immunoassays. *Clin. Biochem.* 2018;58:64–71. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2018.05.008>

25. **Самушия К.А., Загородный Г.М.** Проблемы и особенности медицинского обеспечения в общей системе подготовки спортсменов. *Прикладная спортивная наука.* 2019;(1(9)):87–94.

26. **Arab L.** Biomarkers of fat and fatty acid intake. *J. Nutr.* 2003;133(Suppl. 3):925S–932S. <https://doi.org/10.1093/jn/133.3.925S>

27. **Ramos-Lopez O., Milagro F.I., Allayee H., Chmurzynska A., Choi M.S., Curiet R., et al.** Guide for Current Nutrigenetic, Nutrigenomic and Nutriepigenetic Approaches for Precision Nutrition Involving the Prevention and Management of Chronic Diseases Associated with Obesity. *J. Nutrigenet. Nutrigenomics* 2017;10(1-2):43–62. <https://doi.org/10.1159/000477729>

28. **Felisbino K., Granzotti J.G., Bello-Santos L., Guiloski I.C.** Nutrigenomics in Regulating the Expression of Genes Related to Type 2 Diabetes Mellitus. *Front. Physiol.* 2021;12:699220. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.699220>

29. **De Vries J., Antoine J.M., Burzykowski T., Chiodini, A.** Markers for nutrition studies: Review of criteria for the evaluation of markers. *Eur. J. Nutr.* 2013;52(7):1685–1699. <https://doi.org/10.1007/s00394-013-0553-3>

30. **Picó C., Serra F., Rodríguez A.M., Keijer J., Palou A.** Biomarkers of Nutrition and Health: New Tools for New Approaches. *Nutrients.* 2019 May 16;11(5):1092. <https://doi.org/10.3390/nu11051092>

31. **Khaled K., Hundley V., Tsofliou F.** Poor Dietary Quality and Patterns Are Associated with Higher Perceived Stress among Women of Reproductive Age in the UK. *Nutrients.* 2021;13(8):2588. <https://doi.org/10.3390/nu13082588>

32. **Cornelis M.C., Byrne E.M., Esko T., Nalls M.A., Ganana A., Paynter N., et al.** Genome-wide meta-analysis identifies six novel loci associated with habitual consumption. *Mol. Psychiatry.* 2015;20(5):647–656. <https://doi.org/10.1038/mp.2014.107>

33. **Afman L., Milenkovic D., Roche H.M.** Nutritional aspects of metabolic inflammation in relation to health—insights from transcriptomic biomarkers in PBMC of fatty acids and polyphenols. *Mol. Nutr. Food Res.* 2014;58(8):1708–1720. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201300559>

34. **Priego T., Sanchez J., Pico C., Ahrens W., De Henauf S., Kourides Y., et al.** TAS1R3 and UCN2 Transcript Levels in Blood Cells Are Associated with Sugary and Fatty Food Consumption

2017;136(16):1495–1508. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.117.028084>

21. **Bordoni L., Petracci I., Pelikant-Malecka I., Radulska A., Piangerelli M., Samulak J.J., et al.** Mitochondrial DNA copy number and trimethylamine levels in the blood: New insights on cardiovascular disease biomarkers. *FASEB J.* 2021;35(7):e21694. <https://doi.org/10.1096/fj.202100056R>

22. **Osawa Y., Nomura K., Kimira Y., Kushibe S., Takeyama K-I., Nagao M., et al.** Monitoring urinary collagen metabolite changes following collagen peptide ingestion and physical activity using ELISA with anti active collagen oligopeptide antibody. *Sci. Rep.* 2021;11(1):13527. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92934-1>.

23. **Radišić Biljak V., Đuras A., Čičak H., Vidranski V., Vidranski T., Peersman N., et al.** Women in sports: The applicability of reference intervals for 6 commercially available testosterone immunoassays. *Clin. Biochem.* 2020;84:55–62. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2020.06.006>

24. **La'ulu S.L., Kalp K.J., Straseski J.A.** How low can you go? Analytical performance of five automated testosterone immunoassays. *Clin. Biochem.* 2018;58:64–71. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2018.05.008>

25. **Samushia K.A., Zagharodny G.M.** Problems and features of medical support in the general system of training athletes. *Prikladnaya sportivnaya nauka [Applied sports science].* 2019;(1(9)):87–94 (In Russ.).

26. **Arab L.** Biomarkers of fat and fatty acid intake. *J. Nutr.* 2003;133(Suppl. 3):925S–932S. <https://doi.org/10.1093/jn/133.3.925S>

27. **Ramos-Lopez O., Milagro F.I., Allayee H., Chmurzynska A., Choi M.S., Curiet R., et al.** Guide for Current Nutrigenetic, Nutrigenomic and Nutriepigenetic Approaches for Precision Nutrition Involving the Prevention and Management of Chronic Diseases Associated with Obesity. *J. Nutrigenet. Nutrigenomics* 2017;10(1-2):43–62. <https://doi.org/10.1159/000477729>

28. **Felisbino K., Granzotti J.G., Bello-Santos L., Guiloski I.C.** Nutrigenomics in Regulating the Expression of Genes Related to Type 2 Diabetes Mellitus. *Front. Physiol.* 2021;12:699220. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.699220>

29. **De Vries J., Antoine J.M., Burzykowski T., Chiodini, A.** Markers for nutrition studies: Review of criteria for the evaluation of markers. *Eur. J. Nutr.* 2013;52(7):1685–1699. <https://doi.org/10.1007/s00394-013-0553-3>

30. **Picó C., Serra F., Rodríguez A.M., Keijer J., Palou A.** Biomarkers of Nutrition and Health: New Tools for New Approaches. *Nutrients.* 2019 May 16;11(5):1092. <https://doi.org/10.3390/nu11051092>

31. **Khaled K., Hundley V., Tsofliou F.** Poor Dietary Quality and Patterns Are Associated with Higher Perceived Stress among Women of Reproductive Age in the UK. *Nutrients.* 2021;13(8):2588. <https://doi.org/10.3390/nu13082588>

32. **Cornelis M.C., Byrne E.M., Esko T., Nalls M.A., Ganana A., Paynter N., et al.** Genome-wide meta-analysis identifies six novel loci associated with habitual consumption. *Mol. Psychiatry.* 2015;20(5):647–656. <https://doi.org/10.1038/mp.2014.107>

33. **Afman L., Milenkovic D., Roche H.M.** Nutritional aspects of metabolic inflammation in relation to health—insights from transcriptomic biomarkers in PBMC of fatty acids and polyphenols. *Mol. Nutr. Food Res.* 2014;58(8):1708–1720. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201300559>

34. **Priego T., Sanchez J., Pico C., Ahrens W., De Henauf S., Kourides Y., et al.** TAS1R3 and UCN2 Transcript Levels in Blood Cells Are Associated with Sugary and Fatty Food Consumption

in Children. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2015;100(9):3556–3564. <https://doi.org/10.1210/JC.2015-1976>

35. **Ayoub H.M., McDonal M.R., Sullivan J.A., Tsao R., Meckling K.A.** Proteomic Profiles of Adipose and Liver Tissues from an Animal Model of Metabolic Syndrome Fed Purple Vegetables. *Nutrients.* 2018;10(4):456. <https://doi.org/10.3390/nu10040456>

36. **Senchal S., Kussmann M.** Nutriproteomics: Technologies and applications for identification and quantification of biomarkers and ingredients. *Proc. Nutr. Soc.* 2011;70(3):351–364. <https://doi.org/10.1017/S0029665111000528>

37. **Marshall J., Bowden P., Schmi J.C.** Creation of a federated database of blood proteins: A powerful new tool for finding and characterizing biomarkers in serum. *Clin. Proteomics.* 2014;11(1):3. <https://doi.org/10.1186/1559-0275-11-3>

38. **Mathers J.C.** Nutrigenomics in the modern era. *Proc. Nutr. Soc.* 2017;76(3):265–275. <https://doi.org/10.1017/S002966511600080X>

39. **Keijer J., van Helden Y.G., Bunschoten A., van Schothorst E.M.** Transcriptome analysis in benefit-risk assessment of micronutrients and bioactive food components. *Mol. Nutr. Food Res.* 2010;54(2):240–248. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200900304>

40. **O’Gorman A., Brennan L.** The role of metabolomics in determination of new dietary biomarkers. *Proc. Nutr. Soc.* 2017;76(3):295–302. <https://doi.org/10.1017/S0029665116002974>

41. **Van Duynhoven J.M., Jacobs D.M.** Assessment of dietary exposure in humans: The role of NMR. *Prog. Nucl. Magn. Reson. Spectrosc.* 2016;96:58–72. <https://doi.org/10.1016/j.pnmrs.2016.03.001>

42. **Guertin K.A., Moore S.C., Sampson J.N., Huang W.Y., Xiao Q., Stolzenberg-Solomon R.Z., et al.** Metabolomics in nutritional epidemiology: Identifying metabolites associated with diet and quantifying their potential to uncover diet-disease relations in populations. *Am. J. Clin. Nutr.* 2014;100(1):208–217. <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.078758>

43. **Pena-Romero A.C., Navas-Carrillo D., Marin F., Orenes-Pinero E.** The future of nutrition: Nutrigenomics and nutrigenetics in obesity and cardiovascular diseases. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2018;58(17):3030–3041. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1349731>

44. **Day K.J., Adamski M.M., Dordevic A.L., Murgia C.** Genetic Variations as Modifying Factors to Dietary Zinc Requirements-A Systematic Review. *Nutrients.* 2017;9(2):148. <https://doi.org/10.3390/nu9020148>

45. **Papamichael M.M., Katsardis C., Tsoukalas D., Itsiopoulos C., Erbas B.** Plasma lipid biomarkers in relation to BMI, lung function, and airway inflammation in pediatric asthma. *Metabolomics.* 2021;17(7):63. <https://doi.org/10.1007/s11306-021-01811-5>

46. **Zhu S., Zhao X.E., Liu H.** Recent advances in chemical derivatization-based chromatography-mass spectrometry methods for analysis of aldehyde biomarkers. *Se Pu.* 2021;39(8):845–854. <https://doi.org/10.3724/SPJ.1123.2021.02023>

47. **Obstfeld A.E., Patel K., Boyd J.C., Drees J., Holmes D.T., et al.** Data Mining Approaches to Reference Interval Studies. *Clin. Chem.* 2021;67(9):1175–1181. <https://doi.org/10.1093/clinchem/hvab137>

48. **Coisson C., Mitchell M.A., Rannou B., Le Boedec K.** Subjective assessment of frequency distribution histograms and consequences on reference interval accuracy for small sample sizes: A computer-simulated study. *Vet Clin Pathol.* 2021;50(3):427–441. <https://doi.org/10.1111/vcp.13000>

49. **Harb S.C., Bhat P., Cremer P.C., Wu Y., Cremer L.J., Berger S., et al.** Prognostic Value of Functional Capacity in Different Exercise Protocols. *J. Am. Heart Assoc.* 2020;9(13):e015986. <https://doi.org/10.1161/JAHA.119.015986>

in Children. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2015;100(9):3556–3564. <https://doi.org/10.1210/JC.2015-1976>

35. **Ayoub H.M., McDonal M.R., Sullivan J.A., Tsao R., Meckling K.A.** Proteomic Profiles of Adipose and Liver Tissues from an Animal Model of Metabolic Syndrome Fed Purple Vegetables. *Nutrients.* 2018;10(4):456. <https://doi.org/10.3390/nu10040456>

36. **Senchal S., Kussmann M.** Nutriproteomics: Technologies and applications for identification and quantification of biomarkers and ingredients. *Proc. Nutr. Soc.* 2011;70(3):351–364. <https://doi.org/10.1017/S0029665111000528>

37. **Marshall J., Bowden P., Schmi J.C.** Creation of a federated database of blood proteins: A powerful new tool for finding and characterizing biomarkers in serum. *Clin. Proteomics.* 2014;11(1):3. <https://doi.org/10.1186/1559-0275-11-3>

38. **Mathers J.C.** Nutrigenomics in the modern era. *Proc. Nutr. Soc.* 2017;76(3):265–275. <https://doi.org/10.1017/S002966511600080X>

39. **Keijer J., van Helden Y.G., Bunschoten A., van Schothorst E.M.** Transcriptome analysis in benefit-risk assessment of micronutrients and bioactive food components. *Mol. Nutr. Food Res.* 2010;54(2):240–248. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200900304>

40. **O’Gorman A., Brennan L.** The role of metabolomics in determination of new dietary biomarkers. *Proc. Nutr. Soc.* 2017;76(3):295–302. <https://doi.org/10.1017/S0029665116002974>

41. **Van Duynhoven J.M., Jacobs D.M.** Assessment of dietary exposure in humans: The role of NMR. *Prog. Nucl. Magn. Reson. Spectrosc.* 2016;96:58–72. <https://doi.org/10.1016/j.pnmrs.2016.03.001>

42. **Guertin K.A., Moore S.C., Sampson J.N., Huang W.Y., Xiao Q., Stolzenberg-Solomon R.Z., et al.** Metabolomics in nutritional epidemiology: Identifying metabolites associated with diet and quantifying their potential to uncover diet-disease relations in populations. *Am. J. Clin. Nutr.* 2014;100(1):208–217. <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.078758>

43. **Pena-Romero A.C., Navas-Carrillo D., Marin F., Orenes-Pinero E.** The future of nutrition: Nutrigenomics and nutrigenetics in obesity and cardiovascular diseases. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2018;58(17):3030–3041. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1349731>

44. **Day K.J., Adamski M.M., Dordevic A.L., Murgia C.** Genetic Variations as Modifying Factors to Dietary Zinc Requirements-A Systematic Review. *Nutrients.* 2017;9(2):148. <https://doi.org/10.3390/nu9020148>

45. **Papamichael M.M., Katsardis C., Tsoukalas D., Itsiopoulos C., Erbas B.** Plasma lipid biomarkers in relation to BMI, lung function, and airway inflammation in pediatric asthma. *Metabolomics.* 2021;17(7):63. <https://doi.org/10.1007/s11306-021-01811-5>

46. **Zhu S., Zhao X.E., Liu H.** Recent advances in chemical derivatization-based chromatography-mass spectrometry methods for analysis of aldehyde biomarkers. *Se Pu.* 2021;39(8):845–854. <https://doi.org/10.3724/SPJ.1123.2021.02023>

47. **Obstfeld A.E., Patel K., Boyd J.C., Drees J., Holmes D.T., et al.** Data Mining Approaches to Reference Interval Studies. *Clin. Chem.* 2021;67(9):1175–1181. <https://doi.org/10.1093/clinchem/hvab137>

48. **Coisson C., Mitchell M.A., Rannou B., Le Boedec K.** Subjective assessment of frequency distribution histograms and consequences on reference interval accuracy for small sample sizes: A computer-simulated study. *Vet Clin Pathol.* 2021;50(3):427–441. <https://doi.org/10.1111/vcp.13000>

49. **Harb S.C., Bhat P., Cremer P.C., Wu Y., Cremer L.J., Berger S., et al.** Prognostic Value of Functional Capacity in Different Exercise Protocols. *J. Am. Heart Assoc.* 2020;9(13):e015986. <https://doi.org/10.1161/JAHA.119.015986>

50. Ruzhanskaya A., Ichihara K., Evgina S., Skibo I., Vybornova N., Vasiliev A., et al. Sources of variation and establishment of Russian reference intervals for major hormones and tumor markers. PLOS ONE. 2021;16(1):e0234284. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234284>

51. Al-Mallah M.H., Juraschek S.P., Whelton S., Dardari Z.A., Ehrman J.K., Michos E.D., et al. Sex Differences in Cardiorespiratory Fitness and All-Cause Mortality: The Henry Ford Exercise Testing (FIT) Project. Mayo Clin. Proc. 2016;91(6):755–762. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2016.04.002>

52. da Silva B.V.C., Simim M.A.M., da Silva R.B., Mendes E.L., Ide B.N., Marocolo M., et al. Time Course of Recovery for Performance Attributes and Circulating Markers of Muscle Damage Following a Rugby Union Match in Amateur Athletes. Sports (Basel). 2020;8(5):64. <https://doi.org/10.3390/sports8050064>

53. Daly L.S., Catháin C.Ó., Kelly D.T. Gaelic Football Match-Play: Performance Attenuation and Timeline of Recovery. Sports (Basel). 2020;8(12):166. <https://doi.org/10.3390/sports8120166>

54. de Carvalho G., Girasol C.E., Gonçalves L.G.C., Guirro E.C., de Jesus Guirro R.R. Correlation between skin temperature in the lower limbs and biochemical marker, performance data, and clinical recovery scales. PLoS One. 2021;16(3):e0248653. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248653>

55. Huggins R.A., Fortunati A.R., Curtis R.M., Looney D.P., West C.A., Lee E.C., et al. Monitoring Blood Biomarkers and Training Load Throughout a Collegiate Soccer Season. J. Strength Cond. Res. 2019;33(11):3065–3077. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002622>

56. Загородный Г.М. О совершенствовании научно-методического и медицинского обеспечения подготовки спортсменов национальных и сборных команд Республики Беларусь. Прикладная спортивная наука. 2018;(1(7)):92–98.

57. Ачкасов Е.Е., Машковский Е.В., Безуглов Э.Н., Юрку К.В. Медико-биологические аспекты восстановления в профессиональном и любительском спорте. Медицинский вестник Северного Кавказа. 2018;13(1–1):126–132.

50. Ruzhanskaya A., Ichihara K., Evgina S., Skibo I., Vybornova N., Vasiliev A., et al. Sources of variation and establishment of Russian reference intervals for major hormones and tumor markers. PLOS ONE. 2021;16(1):e0234284. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234284>

51. Al-Mallah M.H., Juraschek S.P., Whelton S., Dardari Z.A., Ehrman J.K., Michos E.D., et al. Sex Differences in Cardiorespiratory Fitness and All-Cause Mortality: The Henry Ford Exercise Testing (FIT) Project. Mayo Clin. Proc. 2016;91(6):755–762. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2016.04.002>

52. da Silva B.V.C., Simim M.A.M., da Silva R.B., Mendes E.L., Ide B.N., Marocolo M., et al. Time Course of Recovery for Performance Attributes and Circulating Markers of Muscle Damage Following a Rugby Union Match in Amateur Athletes. Sports (Basel). 2020;8(5):64. <https://doi.org/10.3390/sports8050064>

53. Daly L.S., Catháin C.Ó., Kelly D.T. Gaelic Football Match-Play: Performance Attenuation and Timeline of Recovery. Sports (Basel). 2020;8(12):166. <https://doi.org/10.3390/sports8120166>

54. de Carvalho G., Girasol C.E., Gonçalves L.G.C., Guirro E.C., de Jesus Guirro R.R. Correlation between skin temperature in the lower limbs and biochemical marker, performance data, and clinical recovery scales. PLoS One. 2021;16(3):e0248653. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248653>

55. Huggins R.A., Fortunati A.R., Curtis R.M., Looney D.P., West C.A., Lee E.C., et al. Monitoring Blood Biomarkers and Training Load Throughout a Collegiate Soccer Season. J. Strength Cond. Res. 2019;33(11):3065–3077. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002622>

56. Zaharodny G.M. About improving the scientific, methodological and medical support of training athletes of national and national teams of the Republic of Belarus. Prikladnaya sportivnaya nauka [Applied sports science]. 2018;(1(7)):92–98 (In Russ.).

57. Achkasov E.E., Mashkovsky E.V., Bezuglov E.N., Yurku K.V. Medical and biological aspects of recovery in professional and amateur sports. Meditsinskii vestnik Severnogo Kavkaza = Medical News of the North Caucasus. 2018;13(1–1):126–132 (In Russ.).

#### Информация об авторах:

Загородный Геннадий Михайлович\*, к.м.н., доцент, врач высшей категории по спортивной медицине, ведущий научный сотрудник ГУ «Республиканский научно-практический центр спорта», 220020, Республика Беларусь, Минск, Нарочанская ул., 8. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7904-9565> (+3 (752) 96911061; 6911061@tut.by)

Шераш Наталья Владимировна, заведующая лабораторией биохимии спорта ГУ «Республиканский научно-практический центр спорта», 220020, Республика Беларусь, Минск, Нарочанская ул., 8 (+375291900110)

Будко Анастасия Николаевна, старший научный сотрудник лаборатории биохимии спорта ГУ «Республиканский научно-практический центр спорта», 220020, Республика Беларусь, Минск, Нарочанская ул., 8 (+375291092565)

Шведова Наталья Викторовна, научный сотрудник лаборатории биохимии спорта ГУ «Республиканский научно-практический центр спорта», 220020, Минск, Республика Беларусь, Нарочанская ул., 8 (+375296628880)

#### Information about the authors:

Hennady M. Zaharodny\*, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor, Doctor of the Highest Category in Sports Medicine, Leading Researcher of the State University “Republican Scientific and Practical Center of Sports”, 8, Narochanskaya str., Minsk, 220020, Republic of Belarus. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7904-9565> (+3 (752) 96911061; 6911061@tut.by)

Natalya V. Sherash, Head of the Laboratory of Sports Biochemistry of the State University “Republican Scientific and Practical Center of Sports”, 8, Narochanskaya str., Minsk, 220020, Republic of Belarus (+375291900110)

Anastasia N. Budko, Senior Researcher of the Laboratory of Sports Biochemistry of the State University “Republican Scientific and Practical Center of Sports”, 8, Narochanskaya str., Minsk, 220020, Republic of Belarus (+375291092565)

Natalya V. Shvedova, Researcher of the Laboratory of Sports Biochemistry of the State University “Republican Scientific and Practical Center of Sports”, 8, Narochanskaya str., Minsk, 220020, Republic of Belarus (+375296628880)

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.9>

УДК 612.829.34

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original article



## Особенности постуральной регуляции подростков, занимающихся эстрадным танцем, по данным стабилومتрии

*Н.Г. Коновалова<sup>1,2\*</sup>, А.А. Артемьев<sup>1</sup>, Р.Е. Ахметзянов<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Новокузнецкий институт (филиал) ГОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»  
Минобрнауки РФ, Новокузнецк, Россия*

<sup>2</sup> *ФГБУ «Новокузнецкий научно-практический центр медико-социальной экспертизы  
и реабилитации инвалидов» Минтруда РФ, Новокузнецк, Россия*

### РЕЗЮМЕ

Знание особенностей постуральной регуляции представителей разных видов спорта полезно при спортивном отборе и целенаправленном совершенствовании постуральных стереотипов.

**Цель:** выявить особенности постуральной регуляции подростков, занимающихся эстрадным танцем.

**Материал и методы:** 15 подростков, занимающихся эстрадным танцем в течение 10 лет и более, однократно выполняли пробы Ромберга и оптокинетическую на компьютерном стабiloграфе «Траст-М Стабило».

**Результаты:** статокинезиограммы танцоров отличали малые площадь и длина, смещение общего центра давления вправо. Введение зрительных помех, как и депривация зрения, приводило к незначительному увеличению площади и длины статокинезиограммы, скорости перемещения центра давления по опорной плоскости. Все изменения в группе танцоров были выражены менее, чем в группе сравнения.

**Заключение:** подростки, занимающиеся эстрадным танцем, имеют более совершенную постуральную регуляцию, чем здоровые люди, не занимающиеся спортом или танцами. Депривация зрения, внесение зрительных помех не приводят к существенному снижению устойчивости.

**Ключевые слова:** постуральная регуляция, стабилومتрия, эстрадные танцы

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

**Для цитирования:** Коновалова Н.Г., Артемьев А.А., Ахметзянов Р.Е. Особенности постуральной регуляции подростков, занимающихся эстрадным танцем, по данным стабилومتрии. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2021;11(3):28–33. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.9>

Поступила в редакцию: 17.08.2021

Принята к публикации: 25.09.2021

Online first: 29.09.2021

Опубликована: 30.09.2021

\* Автор, ответственный за переписку

## Postural regulation of teenagers performing pop dance, according to stabilometry data

*Nina G. Konovalova<sup>1,2\*</sup>, Anton A. Artem'ev<sup>1</sup>, Ruslan E. Axmetzyanov<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Novokuznetsk Branch-Institute of Kemerovo State University, Novokuznetsk, Russia*

<sup>2</sup> *Novokuznetsk Scientific and Practical Center for Medical and Social Expertise and Rehabilitation  
of Disabled People, Novokuznetsk, Russia*

### ABSTRACT

Knowledge of postural regulation in different sports is useful for sports selection and for improvement of postural stereotypes.

**Objective:** to reveal postural regulation features of teenagers involved in pop dance.

**Materials and methods:** 15 pop dancers involved in dance more than 10 years performed Romberg and optokinetic tests on computer stabilograph "Trust-M Stabilo".

**Results:** the area and length of the dancers' statokinesigram were less than in general sample, statokinesigram's pressure center had been dextrally dislocated. Visual disturbances as well as vision deprivation led to statistically significant increase in speed of center of pressure movement along reference plane and in the ratio of statokinesigram's length to its area. All these changes were less pronounced than in the general sample.

**Conclusions:** postural regulation of dancers proved to be better than that of healthy people who were not involved in sports.

**Key words:** postural regulation, stabilometry, pop dancing

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

**For citation:** Konovalova N.G., Artem`ev A.A., Axmetzyanov R.E. Postural regulation of teenagers performing pop dance, according to stabilometry data. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*.2021;11(3):28–33 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.9>

**Received:** 17 August 2021

**Accepted:** 25 September 2021

**Online first:** 29 September 2021

**Published:** 30 September 2021

\* Corresponding author

## 1. Введение

Регуляция позы — одна из интегральных характеристик организма, значение которой для построения движений трудно переоценить. Постуральная устойчивость, умение поддерживать равновесие при различных положениях тела, разной форме опорного контура, в условиях световых и шумовых помех — важные качества в балете, танцах и некоторых видах спорта, таких как художественная гимнастика, фигурное катание, черлидинг [1–3]. Знание особенностей формирования постуральной регуляции человека под влиянием внешних факторов, с одной стороны, позволяет целенаправленно влиять на этот процесс, с другой — учитывать его при профессиональной ориентации в видах деятельности, связанных с движением: танцах, спорте.

Компьютерная стабилометрия — современный метод, который позволяет, изменяя условия поддержания равновесия, оценить вклад различных сенсорных систем в регуляцию позы; раскрыть некоторые механизмы поддержания равновесия. Среди наиболее информативных параметров выделяют скорость, длину, площадь статокинезиограммы, положение общего центра давления [4–6].

**Цель настоящего исследования:** выявить особенности постуральной регуляции подростков, занимающихся эстрадным танцем.

## 2. Материал и методы

Обследовали 15 подростков в возрасте 16–18 лет, занимающихся эстрадным танцем в театре танца «Ритм и мы» г. Новокузнецка. Все они начали заниматься танцами в возрасте шести лет и младше. Стаж регулярных занятий танцами составил 10 лет и более, что позволило с большой долей уверенности предположить влияние занятий танцами на формирование постуральной регуляции.

Исследование проведено однократно на базе ФГБУ «ННПЦ МСЭ и РИ» Минтруда России в 2019 г. Испытуемым предлагали выполнить две стандартные пробы: Ромберга и оптокинетическую. Использовали компьютерный стабилограф «Траст-М Стабило» производства ООО «Неврокор».

Проба Ромберга заключалась в удержании вертикальной позы, стоя на платформе стабилографа в течение 51 секунды с открытыми и столько же с закрытыми

глазами. Учитывали стандартные показатели стабиллограммы: амплитуду (А, мм) и частоту (F, Гц) первого максимума спектра по вертикальной (Z), сагиттальной (Y) и фронтальной (X) составляющими; отношение длины статокинезиограммы к площади (L/S 1/мм); площадь (S, мм<sup>2</sup>); скорость (V, мм/с) перемещения общего центра давления (ОЦД); показатель затраченной работы (А, Дж); 60 % мощности спектра по каждой из составляющих (Z, Y, X, Гц); среднее квадратичное отклонение ОЦД (мм) в сагиттальной (Y) и фронтальной (X) плоскостях.

Оптокинетическая проба включала сохранение вертикальной позы в течение 20 с в каждом из пяти вариантов: глядя на чистый экран; глядя на экран, по которому перемещаются калиброванные полосы справа налево, слева направо, сверху вниз и снизу вверх. При обработке результатов этой пробы дополнительно учитывали длину статокинезиограммы (L, мм) и положение общего центра давления (ОЦД, мм) относительно сагиттальной и фронтальной осей.

Результаты сравнивали с одинарным слепым клиническим исследованием стабиллограммы 44 здоровых добровольцев, проведенным дважды с двухнедельным перерывом [7]. В качестве группы сравнения использовали результаты обследования на этом приборе 60 здоровых испытуемых, не занимавшихся систематически спортом или танцами [8].

Результаты обработаны статистически с использованием пакета прикладных программ Statistica (версия 10.0.1011.0 компании StatSoft, Inc США лицензионное соглашение № SN AXAAR207P396130FA-0). Значимость различий при разных вариантах стояния группы оценивали по критерию Вилкоксона, о значимости различий между группами судили по критерию Манна — Уитни. Различия считали статистически значимыми при достоверности сходства  $P < 0,05$ .

Информированное согласие испытуемых на обработку персональных данных получено, исследование одобрено этическим комитетом факультета физической культуры, естествознания и природопользования НФИ КемГУ (протокол № 5 от 28.05.2020 г.), соответствует стандартам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» и правилам клинической практики в Российской Федерации.

### 3. Результаты и их обсуждение

При выполнении проб никто из испытуемых не предпринимал попыток упасть, не раскачивался, не предъявлял жалоб на усталость, головокружение. Количественно полученные результаты уложились в границы статистической нормы.

Обращают на себя внимание малые площадь и длина статокинезиограммы. Причем длина оказалась уменьшена заметнее, чем площадь, что привело к статистически значимому снижению расчетного показателя: отношение длины к площади статокинезиограммы по сравнению с группой сравнения (табл. 1).

Амплитудные показатели первого максимума спектра по фронтальной и сагиттальной составляющим у подростков, занимающихся танцами, были выше, а мощность спектра по фронтальной и вертикальной составляющим меньше, чем в группе сравнения.

Закрывание глаз сопровождалось статистически значимым увеличением площади статокинезиограммы, скорости перемещения центра давления по опорной плоскости, отношения длины статокинезиограммы к ее площади и среднего квадратичного отклонения в сагиттальной плоскости, уменьшением показателя стабильности (табл. 1). Причем увеличение длины статокинезиограммы оказалось более значительным,

чем в группе сравнения, что привело к утрате статистически значимых различий между группами по расчетному показателю: отношение длины к площади статокинезиограммы. Коэффициент Ромберга составил 136,65.

Оптокинетическая проба выявила существенные отличия длины статокинезиограммы и скорости перемещения общего центра давления танцоров от группы сравнения, а также смещение общего центра давления вправо во всех вариантах исследования.

Введение зрительных помех сопровождалось увеличением скорости и длины статокинезиограммы танцоров независимо от направления движения. Движение полос справа налево и сверху вниз приводило к статистически значимому смещению ОЦД назад, движение полос справа налево — к отклонению ОЦД в правую сторону у всех испытуемых, что обусловило статистическую значимость изменений при небольшой их величине (табл. 2).

Рассмотрены варианты регуляции позы подростков, координация движений которых формировалась в процессе занятий танцами. Из особенностей отметим: минимальную реакцию на действие зрительных помех и полную депривацию зрения; увеличение скорости и длины статокинезиограммы при усложнении условий

Таблица 1

#### Результаты пробы Ромберга

Table 1

#### Romberg test results

Показатели Indicators		Глаза открыты Eyes opened	Глаза закрыты Eyes closed
Амплитуда первого максимума спектра, мм Amplitude of the spectrum's first maximum, mm	Z	1,18	1,21
	Y	18,38 <sup>2</sup>	22,90 <sup>2</sup>
	X	11,62 <sup>2</sup>	10,94 <sup>2</sup>
L/S 1/мм		17,91 <sup>1,2</sup>	29,22
S, мм <sup>2</sup>		60,76 <sup>1,2</sup>	80,52
A, Дж		118,83	141,43
V, мм/с		11,18 <sup>1</sup>	13,74
Показатель стабильности Stability indicator		96,50 <sup>1</sup>	95,91
Среднеквадратичное отклонение ОЦД, мм Root mean of square deviation of the GCP, mm	Y	4,07 <sup>1</sup>	5,34 <sup>2</sup>
	X	2,42 <sup>2</sup>	2,83 <sup>2</sup>
60 % мощности спектра, Гц 60 % of the spectrum power, Hz	Z	0,12 <sup>2</sup>	0,16
	Y	0,10	0,16
	X	0,09 <sup>2</sup>	0,19 <sup>2</sup>

Примечание. Здесь и далее: <sup>1</sup> статистическая значимость различий показателей при разных вариантах стояния;  $P < 0,05$ ; <sup>2</sup> статистическая значимость различия показателей с группой сравнения,  $P < 0,05$ .

Note. Hereinafter: <sup>1</sup> statistical significance the differences of indicators within the groups for different variants of standing,  $P < 0.05$ ; <sup>2</sup> statistical significance the differences of control group indicators,  $P < 0.05$ .



поддержания позы и большую вертикальную работу в условиях обычного стояния.

Все испытуемые пришли в танцы в возрасте, который считается сенситивным для развития координации. В детском и подростковом возрасте проприоцептивный, вестибулярный, зрительный и слуховой анализаторы интенсивно развиваются, интегрируют свою деятельность и вносят общие коррективы в построение сложных движений эстрадного танца. Сенсомоторную интеграцию сегодня рассматривают как индикатор состояния центральной нервной системы, в котором выделяют более низкий уровень сенсорного потока и моторных реакций и более высокий уровень, объединяющий координацию всех составляющих [9].

Занятия танцами целенаправленно развивают и совершенствуют оба этих уровня, что находит отражение в особенностях регуляции вертикальной позы. Необходимость удерживать равновесие в условиях меняющегося светового оформления, двигаться в строго заданном ритме вносят свои помехи, но задача танцора — строго соблюдая рисунок танца транслировать эмоциональную и смысловую составляющие. Основным сенсорным входом для поддержания равновесия служит проприоцептивный. Об этом свидетельствуют

минимальные изменения постральной регуляции в виде увеличения скорости перемещения общего центра давления и длины статокинезиограммы в ответ на внесение зрительных помех и полное выключение зрения.

Работа в условиях стимуляции ярким светом, лучами разного цвета модулирует работу центральной нервной системы, в том числе оказывает влияние на управление движениями. В частности, в исследованиях, проведенных на здоровых добровольцах, было показано, что фотостимуляция зеленым и в меньшей мере синим цветом улучшает функциональное состояние мозга, меняет ритмы электроэнцефалограммы, повышает эффективность целенаправленных движений испытуемых. При действии красного цвета подобного эффекта не наблюдалось [10]. Во время исполнения танца такое воздействие может оказаться сбивающим. Резкая смена цветового оформления сцены в процессе танца обязывает танцора ориентироваться в первую очередь на другие сенсорные входы, чтобы минимизировать помехи, вносимые сменой зрительных стимулов.

К выводу о преимущественной роли проприоцепции в постральной регуляции танцоров пришли и другие исследователи. Р.М. Гимазов и М.А. Самойлова на результатах сравнительного исследования уровня мышечной

Таблица 2

**Результаты оптокинетической пробы**

Table 2

**Optokinetic test results**

Условия записи Recording conditions	Длина, мм Length, mm	Показатель стабильности Stability indicator	Скорость ОЦД, мм/с GCP speed, mm / s	Среднее направление колебаний, Average direction of vibrations, °	Среднее положение ОЦД The GCP average position		Среднеквадратичное отклонение ОЦД Root mean square deviation of GCP, mm	
					Сагиттальная плоскость, мм Sagittal plane, mm	Фронтальная плоскость, мм Frontal plane, mm	Сагиттальная плоскость, мм Sagittal plane, mm	Фронтальная плоскость, мм Frontal plane, mm
Контроль The control	222,6	97,4	11,1	16,4	70,4	27,5 <sup>2</sup>	3,3	1,8
Движение слева направо Movement from left to right	235,9 <sup>1,2</sup>	97,5	11,4 <sup>1,2</sup>	31,0	69,0	26,3 <sup>2</sup>	3,0	1,7
Движение справа налево Movement from right to left	243,5 <sup>1,2</sup>	97,4	12,2 <sup>1,2</sup>	28,5 <sup>2</sup>	66,8 <sup>1</sup>	26,6 <sup>2</sup>	2,9	1,9 <sup>1</sup>
Движение снизу вверх Upward movement	260,1 <sup>1,2</sup>	97,6	13,0 <sup>1,2</sup>	5,8	68,6	26,8 <sup>2</sup>	3,4	1,8
Движение сверху вниз Top-down movement	260,5 <sup>1,2</sup>	96,9	13,0 <sup>1,2</sup>	13,1	63,7 <sup>1,2</sup>	29,1 <sup>2</sup>	3,5	2,2

регуляции танцоров разной квалификации показали, что по мере профессионального совершенствования роль зрительного анализатора в контроле поз и движений танцоров уменьшается [11]. Н.В. Захарьева по результатам стабилотрии подростков разного возраста и стажа занятий танцами пришла к выводу, что регуляция равновесия танцоров с возрастом становится более совершенной и меняет ориентацию со зрительного входа на проприоцептивный [12].

Другое отличие обследованных подростков от общей выборки — низкая частота вертикальной составляющей при обычном стоянии. При подготовке будущих танцоров педагоги уделяют серьезное внимание плавному подъему и опусканию общего центра масс, что во многом определяет рисунок танца [13]. Неудивительно, что в нашем исследовании подростки выполняют вертикальную работу медленно. Усложнение условий поддержания позы в виде внесения зрительных помех или депривации зрения нивелирует эти различия.

Несколько неожиданным оказалось смещение общего центра масс вправо у всех обследованных, усиливающееся при внесении зрительных помех независимо от их

#### Вклад авторов:

**Коновалова Нина Геннадьевна** — проведение стабилотрии, обработка, анализ результатов, написание текста статьи.

**Артемьев Антон Александрович** — участие в анализе полученных результатов и правке готового текста статьи.

**Ахметзянов Руслан Евгеньевич** — работа с подростками, описание особенностей танцев как вида физической нагрузки, участие в анализе полученных результатов и правке готового текста статьи.

#### Список литературы

1. Барчукова Г.В., Мишутин Е.Д., Лаптев А.И. Влияние равновесия на эффективность игры в настольный теннис. Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. 2020;(4(182)):41–45. <https://doi.org/10.34835/issn.2308-1961.2020.4.p41-45>
2. Коновалова Л.А., Карпеева Д.А. Стратегии управления устойчивостью тела в сложных статических равновесиях художественной гимнастики. Наука и спорт: современные тенденции. 2019;(1(22)):139–144.
3. Мельников А.А. Сравнение поструральной устойчивости у спортсменов с разной направленностью тренировочного процесса. Физическое воспитание и спортивная тренировка. 2019;(2(28)):60–71.
4. Гимазов Р.М., Булатова Г.А. Биомеханический подход к классификации стабилотрических показателей. Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2014;(12(118)):51–57. <https://doi.org/10.5930/issn.1994-4683.2014.12.118.p51-57>
5. Новикова Е.С., Чернышева М.Д., Сулимов А.А. Сравнительная характеристика отдельных стабилотрических показателей у спортсменов в различных видах спорта. Смоленский медицинский альманах. 2018;(2):50–51.
6. Захарьева Н.Н., Малиева Е.И. Изменения вегетативного баланса при выполнении стабилотрических тестов юными танцорами. Наука и спорт: современные тенденции. 2019;7–(2):52–62.

направления. Подобная латерализация отмечена в балльных танцах: смещение общего центра давления партнеров в противоположные стороны при исследовании отдельно юношей и девушек. При работе в паре такая латерализация приводит к четкой центрации на середине общего овала [14]. В эстрадных танцах описано отклонение общего центра давления влево у большинства обследованных подростков, в то же время авторы подчеркивают, что тест «удержание равновесия на одной ноге» обследованные выполнили лучше, стоя на правой ноге, чем на левой [15].

#### 4. Заключение

Подростки, занимающиеся эстрадным танцем, показали более совершенную поструральную регуляцию, чем здоровые люди, не занимающиеся спортом или танцами. Депривация зрения, как и внесение зрительных помех, не сопровождалась существенным снижением устойчивости у обследованных подростков, что свидетельствует о преимущественном значении проприоцептивной информации в системе поструральной регуляции юных танцоров.

#### Authors' contributions:

**Nina G. Konovalova** — stabilometry holding, processing and analysis of the results, writing the text.

**Anton A. Artem'ev** — participating in the analysis of results and in editing the finished text.

**Ruslan E. Axmetzyanov** — working with teenagers, describing the dancing's features as a type of physical activity; participating in the analysis of results and in editing the finished text.

#### References

1. Barchukova G.V., Mishutin E.D., Laptev A.I. Effect of ability to maintain balance on the performance in table tennis. Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta. 2020;(4(182)):41–45 (In Russ.). <https://doi.org/10.34835/issn.2308-1961.2020.4.p41-45>
2. Konovalova L.A., Karpeeva D.A. Strategies of body stability control in complex static balances of rhythmic gymnastics. Nauka i sport: sovremennye tendentsii = Science and sport: current trends. 2019;(1(22)):139–144 (in Russ.).
3. Melnikov A.A. Comparison of postural stability of athletes with different direction of the training process. Fizicheskoe vospitanie i sportivnaya trenirovka = Physical education and sports training. 2019;(2(28)):60–71 (In Russ.).
4. Gimazov R.M., Bulatova G.A. Biomechanical approach to the classification of stabilometric indicators. Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta. 2014;(12(118)):51–57 (In Russ.). <https://doi.org/10.5930/issn.1994-4683.2014.12.118.p51-57>
5. Novikova E.S., Chernysheva M.D., Sulimov A.A. Comparative characteristics of individual stabilometric indicators among athletes in various sports. Smolenskii meditsinskii al'manakh = Smolensk Medical Almanac. 2018;(2):50–51 (In Russ.).
6. Zakhareva N.N., Malieva E.I. Changes in vegetative balance of young dancers taking stabilometry tests. Nauka i sport: sovremennye tendentsii = Science and sport: current trends. 2019;7(2):52–62 (In Russ.).

7. Baldini A., Nota A., Assi V., Ballanti F., Cozza P. Intersession reliability of a posturo-stabilometric test, using a force platform. *J. Electromyogr. Kinesiol.* 2013;23(6);1474–1479. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2013.08.003>

8. Коновалова Н.Г., Васильченко Е.М., Ляховецкая В.В., Филатов Е.В. Особенности постральной регуляции человека по результатам стабилометрического обследования здоровых лиц. В: Смышчек В.Б., ред. Медико-социальная экспертиза и реабилитация: сб. научных статей. Минск: УП «Энциклопедикс»; 2019. Вып. 21; с. 325–329.

9. Николаева Е.И., Джалаева А.К. Сенсомоторная интеграция в подростковом возрасте. обзор литературных источников. *Вестник психофизиологии.* 2020;(3):11–25.

10. Яценко М.В., Кайгородова Н.З. Влияние цветофотостимуляции на координацию движений. Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. 2019;(4(15)):329–335.

11. Гизманов Р.М., Самойлова М.А. Уровень мышечной регуляции девушек, занимающихся танцами. *Физическая культура, спорт и здоровье.* 2014;(24):19–22.

12. Захарьева Н.В. Значение стабилометрического тестирования для оценки качества функции равновесия у юных танцоров, занимающихся спортивными балными танцами. В: Актуальные проблемы биохимии и биоэнергетики спорта XXI века : мат. Всероссийской научной заочной конференции. Москва: Изд-во РГУФКСМиТ (ГЦОЛИФК); 2018, с. 26–32.

13. Бадаева И.И., Степаник И.А. Исследование координационных способностей учащихся академии русского балета имени А. Я. Вагановой на раннем этапе профессиональной хореографической подготовки. *Вестник Академии Русского балета им. А. Я. Вагановой.* 2018;(2(55)):74–93.

14. Каплевич Л.В., Бредихина Ю.П. Физиологические основы координации двигательных действий в танцевальной паре. *Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова.* 2016;102(2):225–236.

15. Путинцева Е.В., Чуркина К.С. Средства формирования координации движений в процессе дуэтной подготовки танцоров 7–8 лет в европейской программе. *Физкультурное образование Сибири.* 2017; 38–(2):44–49.

7. Baldini A., Nota A., Assi V., Ballanti F., Cozza P. Intersession reliability of a posturo-stabilometric test, using a force platform. *J. Electromyogr. Kinesiol.* 2013;23(6);1474–1479. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2013.08.003>

8. Konovalova N.G., Vasilchenko E.M., Lyakhovetskaya V.V., Filatov E.V. Healthy person's postural regulation according to the results of stabilometric examination. In: Smychek V.B., ed. Medical and social examination and rehabilitation: collection of scientific articles under total. Minsk: Unitary Enterprise "Encyclopedix"; 2019. Issue. 21; pp. 325–329 (In Russ.).

9. Nikolaeva E.I., Dzhalayeva A.K. Sensorimotor integration in adolescence. Review of literature sources. *Vestnik psikhofiziologii = Psychophysiology News.* 2020;(3):11–25 (In Russ.).

10. Yatsenko M.V., Kaygorodova N.Z. Influence of color photostimulation on coordination of movements. *Zdorov'e cheloveka, teoriya i metodika fizicheskoi kul'tury i sporta = Health, Physical Culture and Sports.* 2019;(4(15)):329–335 (In Russ.).

11. Gimazov R.M., Samoilova M.A. The level of muscle regulation of the traffic in girls, engaged in dances. *Zdorov'e cheloveka, teoriya i metodika fizicheskoi kul'tury i sporta = Health, Physical Culture and Sports.* 2014;(24):19–22 (In Russ.).

12. Zakhariyeva N.N. The importance of stabilometric testing for the evaluation of the quality of the equilibrium function for young dancers engaged by sports ball dances. In: Actual problems of biochemistry and bioenergy of sports in the XXI century: materials of the All-Russian scientific correspondence conference. Moscow: Publishing house of RUFKSMiT; 2018, pp. 6–32 (In Russ.).

13. Badayeva I.I., Stepanik I.A. Study of coordination abilities of Vaganova ballet academy students at the beginning of professional choreographic training. *Vestnik Akademii Russkogo baleta im. A. YA. Vaganovoj = Bulletin of the Vaganova Ballet Academy* 2018;(2(55)):74–93 (In Russ.).

14. Kapilevich L.V., Bredikhina Yu.P. Physiological coordination of motor actions in pair of dance. *Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal im. I. M. Sechenova = Russian journal of physiology.* 2016;102(2):225–236 (In Russ.).

15. Putintseva E.V., Churkina K.S. Formation of movements coordination in the course of duet training of dancers aged 7–8 years in the European program. *Fizkul'turnoe obrazovanie Sibiri [Physical culture education in Siberia].* 2017;38–(2):44–49 (In Russ.).

#### Информация об авторах:

Коновалова Нина Геннадьевна\*, д.м.н., профессор кафедры физической культуры и спорта Новокузнецкого филиала Кемеровского государственного университета, 654000, Россия, Новокузнецк, ул. Алексея Кузнецова, 6; ведущий научный сотрудник Новокузнецкого научно-практического центра медико-социальной экспертизы и реабилитации инвалидов, 654055, Россия, Новокузнецк, ул. Малая, 7. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1395-3332> (konovalovang@yandex.ru)

Артемьев Антон Александрович, к.п.н., доцент, заведующий кафедрой физической культуры и спорта Новокузнецкого филиала Кемеровского государственного университета, 654000, Россия, Новокузнецк, ул. Алексея Кузнецова, 6 (a.a.artemev@mail.ru)

Ахметзянов Руслан Евгеньевич, студент кафедры физической культуры и спорта Новокузнецкого филиала Кемеровского государственного университета, 654000, Россия, Новокузнецк, ул. Алексея Кузнецова, 6 (ruslanahme@mail.ru)

#### Information about the authors:

Nina G. Konovalova\*, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor of the Department of Physical Culture and Sports of the Novokuznetsk Branch-Institute of Kemerovo State University, 6, Aleksey Kuznetsov str., Novokuznetsk, 654000, Russia; Senior Researcher of the department of medical, social and professional rehabilitation of Novokuznetsk Scientific and Practical Center for Medical and Social Expertise and Rehabilitation of Disabled People, 7, Malaya str., Novokuznetsk, 654055, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1395-3332> (konovalovang@yandex.ru)

Anton A. Artemev, Ph.D. (Pedagogy), Associate Professor, Head of the Department of Physical Culture and Sports of the Novokuznetsk Branch-Institute of Kemerovo State University, 6, Aleksey Kuznetsov str., Novokuznetsk, 654000, Russia (a.a.artemev@mail.ru)

Ruslan E. Axmetzyanov, student of the Department of Physical Culture and Sports of the Novokuznetsk Branch-Institute of Kemerovo State University, 6, Aleksey Kuznetsov str., Novokuznetsk, 654000, Russia (ruslanahme@mail.ru)

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.6>

УДК 616-03, 796.07

Тип статьи: Обзор литературы / Review



## **β2-агонисты в спорте: распространенность и влияние на спортивные результаты**

*А.А. Деревоедов<sup>1</sup>, А.В. Жолинский<sup>1</sup>, В.С. Фещенко<sup>1</sup>,  
И.Т. Выходец<sup>2</sup>, А.А. Павлова<sup>1,\*</sup>*

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

*<sup>2</sup> Федеральное медико-биологическое агентство, Москва, Россия*

### РЕЗЮМЕ

На основе анализа материалов текстовых баз данных медицинских научных публикаций определены особенности протекания нарушений бронхиальной проходимости у спортсменов высокой квалификации в зависимости от особенностей вида спорта и характера нагрузки, а также у здоровых лиц. Выявлены пути влияния β2-агонистов на основные функциональные показатели спортсменов, а также взаимосвязь между динамикой этих показателей и спортивными результатами.

Порядок применения β2-агонистов рассмотрен с точки зрения документов антидопинговых организаций с учетом положений Международного стандарта ВАДА «Запрещенный список» 2021 года. Препараты, разрешенные для использования в спорте в форме ингаляций, не оказывали существенного влияния на ключевые параметры вентиляции легких и эффективность спортивного выступления. В то же время таблетированные формы любых β2-агонистов, а также кленбутерол, запрещенные для применения без запроса на терапевтическое использование, увеличивали мышечную силу, скоростную выносливость, пиковую мощность в тесте Вингейта, что подтверждает их возможное влияние на спортивный результат.

Результаты большинства исследований носят разнонаправленный характер и не позволяют сделать однозначный вывод о влиянии β2-агонистов на результат. Этому же способствует небольшое количество рандомизированных клинических исследований при незначительном числе наблюдений.

В тех случаях, когда спортсмены получали разрешение на терапевтическое использование β2-агонистов во время крупных соревнований, это не повышало вероятность выигрыша.

Необходимо проведение дальнейшего изучения влияния β2-агонистов на спортивный результат в ходе проведения рандомизированных контролируемых исследований с целью индивидуализации терапии и предупреждения бронхиальной обструкции у спортсменов

**Ключевые слова:** β2-агонисты, респираторные заболевания у спортсменов, рандомизированные клинические исследования, Международный стандарт ВАДА «Запрещенный список»

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

**Для цитирования:** Деревоедов А.А., Жолинский А.В., Фещенко В.С., Выходец И.Т., Павлова А.А. β2-агонисты в спорте: распространенность и влияние на спортивные результаты. *Спортивная медицина: наука и практика.* 2021;11(3):34–42. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.6>

Поступила в редакцию: 3.08.2021

Принята к публикации: 25.09.2021

Online first: 29.09.2021

Опубликована: 30.09.2021

\* Автор, ответственный за переписку

## **β2-agonists in sports: prevalence and impact on athletic performance**

*Aleksandr A. Derevoedov<sup>1</sup>, Andrey V. Zholinsky<sup>1</sup>, Vladimir S. Feshchenko<sup>1</sup>,  
Igor T. Vykhodets<sup>2</sup>, Anna A. Pavlova<sup>1,\*</sup>*

*<sup>1</sup> Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia*

*<sup>2</sup> The Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia*

## ABSTRACT

Respiratory disorders caused by exercise are expressed in the development of exercise-induced bronchoconstriction (EIB) and exercise-induced asthma (EIA), which are observed in athletes, especially in cyclic sports, much more often than in the population. Ventilation impairments are exacerbated by inhaled allergens, industrial pollutants and adverse environmental conditions, which increase the risk of EIB and asthma symptoms in athletes. The use of  $\beta_2$ -agonists can prevent or eliminate ventilation disorders, however, it requires taking into account current anti-doping rules, which allow the use of certain substances in sports without a request for therapeutic use. The studies of the influence of  $\beta_2$ -agonists on functional indicators of athletes and sports performance do not allow to make an unambiguous conclusion about its results. Medications with  $\beta_2$ -agonists, approved for use in sports in the form of inhalation, do not have a significant effect on the performance of athletes at major sports competitions. At the same time, the systemic use of these substances and the use of any form of terbutaline caused a positive dynamics in functional indicators, which could lead to an illegal increase in the effectiveness of sports performance. Most of the conclusions about the effect of  $\beta_2$ -agonists on outcome are based on a small number of studies, their heterogeneity, and an insignificant number of observations. It is necessary to continue studying the effects of  $\beta_2$ -agonists in the course of randomized clinical trials in order to individualize therapy and prevent bronchial obstruction in athletes.

**Keywords:**  $\beta_2$ -agonists, respiratory disorders in athletes, randomized clinical trials, WADA International Standard "Prohibited List"

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

**For citation:** Derevoedov A.A., Zholinsky A.V., Feshchenko V.S., Vykhodets I.T., Pavlova A.A.  $\beta_2$ -agonists in sports: prevalence and impact on athletic performance. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2021;11(3):34–42 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.6>

**Received:** 3 August 2021

**Accepted:** 25 September 2021

**Online first:** 29 September 2021

**Published:** 30 September 2021

\* Corresponding author

$\beta_2$ -агонисты — это класс препаратов, который применяется в качестве одного из основных средств терапии респираторных заболеваний, протекающих с бронхиальной обструкцией. Предполагаемый клеточный механизм действия включает генерацию внутриклеточного циклического аденозинмонофосфата (цАМФ), который, в свою очередь, может активировать эффекторные молекулы цАМФ-зависимой протеинкиназы и обменный белок, напрямую активируемый цАМФ. Другие агенты, такие как простагландин E2 и ингибиторы фосфодиэстеразы, которые также повышают внутриклеточный уровень цАМФ в гладкой мускулатуре, могут противодействовать сокращению гладкой мускулатуры и ингибировать другие ее функции, включая пролиферацию и миграцию клеток. Таким образом, цАМФ является ключевой субстанцией, реализующей влияние  $\beta_2$ -агонистов на патофизиологические механизмы сужения и ремоделирования дыхательных путей [1].

$\beta_2$ -агонисты нашли широкое применение в спорте в качестве средства лечения и предупреждения бронхиальной обструкции различного происхождения. Эти препараты были включены в первую редакцию Международного стандарта ВАДА «Запрещенный список» (далее — Запрещенный список) в 2004 году как субстанции, запрещенные для использования в спорте постоянно. В спортивном сообществе продолжается дискуссия о целесообразности и этичности применения спортсменами препаратов из Запрещенного списка. Наиболее заметное место в этой дискуссии занимает обсуждение применения  $\beta_2$ -агонистов в лыжном спорте. При этом высказывается критика системы терапевтического использования (далее — ТИ), позволяющей спортсмену принимать любые субстанции

и методы из Запрещенного списка при наличии разрешения от антидопинговой организации, как попытки применить допинг под прикрытием разрешения на ТИ. Основные доводы противников их назначения сводятся к следующему: первое — если человек болен, он должен вначале излечиться или добиться стойкой ремиссии и только потом участвовать в соревнованиях, если это невозможно — его место в паралимпийском спорте; и второе — применение запрещенных в спорте препаратов дает существенное преимущество и противоречит принципам честного соперничества.

Целью данного обзора является ответ на два основных вопроса: насколько распространены у спортсменов нарушения бронхиальной проходимости, требующие применения  $\beta_2$ -агонистов, а также дает ли их применение преимущество спортсменам в отдельных видах спорта. Материалы для обзора взяты из баз данных научных медицинских публикаций Pubmed, Google Scholar, Cochrane Library и eLibrary.ru, а также из документов антидопинговых организаций, опубликованных на их сайтах. Всего по критериям влияния  $\beta_2$ -агонистов на спортивный результат и функциональные показатели были выявлены 172 оригинальные статьи в указанных источниках. В обзор включены 48 источников, наиболее обоснованно отражающих влияние  $\beta_2$ -агонистов на отдельные функциональные показатели и эффективность спортивного выступления.

Неоднократно показано, что физическая активность может улучшить качество жизни, физическую работоспособность и функцию легких у пациентов с астмой [2–4], что может сопровождаться уменьшением воспаления дыхательных путей и реактивности бронхов [5]. С другой стороны, интенсивная физическая тренировка может вызвать у спортсменов симптомы обструкции

дыхательных путей в связи с высоким минутным объемом дыхания (более 200 литров в минуту при преобладании ротового дыхания), воздействием вдыхаемых аллергенов и промышленных поллютантов и неблагоприятных условий окружающей среды [6].

Преходящее сужение дыхательных путей, возникающее в результате физической нагрузки, определяется как бронхоконстрикция, вызванная физической нагрузкой (БФН) [7]. Как правило, БФН развивается на фоне аэробной тренировки при уровне максимальной произвольной вентиляции >85 % и спонтанно исчезает в течение 60 минут после начала или после применения бронхолитиков. После этого часто наблюдается рефрактерный период от 1 до 3 часов, в течение которого при повторении нагрузки бронхоконстрикция менее выражена [8].

В 1960 году при изучении реакции дыхательных путей у детей с астмой на физическую нагрузку впервые введен термин «астма физической нагрузки» (АФН) [9]. В дальнейшем изучались различные типы ответов пациентов с астмой на физическую нагрузку и влияние на АФН антиастматических препаратов.

Современные рекомендации указывают на необходимость отличать бронхиальную обструкцию, вызываемую физической нагрузкой, у пациентов с астмой от бронхиальной обструкции, вызванной физической нагрузкой, у пациентов без каких-либо симптомов и признаков астмы, которая наиболее часто встречается не только у спортсменов, но и у детей, пациентов с атопией или ринитом, а также после перенесенных респираторных инфекций [10]. При этом уже длительное время дискутируется утверждение, что физическая нагрузка может вызывать бронхиальную обструкцию только у пациентов с астмой [11].

Распространенность астмы значительно различается в разных регионах мира и варьируется, по данным отчета GINA 2021 года, от 1 до 18 % [13]. В целом распространенность составляет 4,3 % [14], а во Франции, Северной Америке и Скандинавских странах, где популярны зимние виды спорта, примерно 8–12 % [15, 16].

Распространенность астмы среди спортсменов варьируется в зависимости от вида спорта. Спортсмены, занимающиеся спортом с высокими требованиями к вентиляции, такими как циклические виды, имеют более высокую распространенность астмы, чем спортсмены, занимающиеся сложно-координационными видами или единоборствами [17, 18]. Отмечается также высокое распространение БФН у спортсменов, занимающихся лыжными гонками, при этом частота встречаемости увеличивается с возрастом [19].

Наибольшее количество исследований, посвященных БФН и АФН, проводилось в лыжном спорте и футболе. Среди лыжников средняя распространенность астмы, диагностированной врачом, составила 21 %, если в дополнение к врачебному осмотру проводились функциональные тесты, выявление составило 28 %, а в случаях, когда были проведены пробы с бронхолитиками и бронхопровокационные тесты для верификации диагноза, распространенность составила 20 %. [20–22]. Эти значения существенно выше, чем распространенность астмы в общей популяции.

а в случаях, когда были проведены пробы с бронхолитиками и бронхопровокационные тесты для верификации диагноза, распространенность составила 20 %. [20–22]. Эти значения существенно выше, чем распространенность астмы в общей популяции.

В качестве основных теорий развития БФН приводятся осмотическая и термическая теории, которые объясняют БФН увеличением осмолярности дыхательных путей из-за потери жидкости при интенсивном дыхании и вазодилатацией, связанной с повышением температуры дыхательных путей [23]. Другими причинами могут быть прямое повреждение эпителия бронхов, вызванное вирусными инфекциями, различными поллютантами и физическими нагрузками, а также вегетативная дисрегуляция [5]. Для установления надежного диагноза БФН важно провести объективное тестирование для выявления динамических изменений функции дыхательных путей в процессе тестов с бронхолитиками и при необходимости — бронхопровокационных тестов [24, 25].

Применение  $\beta_2$ -агонистов также варьируется в зависимости от вида спорта. На зимних Олимпийских играх с 2002 по 2010 год уровень использования  $\beta_2$ -агонистов на основании выданных разрешений на ТИ был самым высоким в лыжных гонках и лыжном двоеборье (17,2 и 12,9 % соответственно), в то время как их использование было самым низким в прыжках на лыжах с трамплина и санном спорте (3,1 и 2,7 % соответственно) [25, 26].

На Олимпийских играх конца XX века Международный олимпийский комитет (далее — МОК) обратил внимание на заметное увеличение использования ингаляционных  $\beta_2$ -агонистов с 3,7 % в Атланте в 1996 году до 5,6 % на зимних Играх 1998 года в Нагано и до 5,7 % в Сиднее в 2000 году. Чтобы избежать применения спортсменами без установленного диагноза астмы ингаляционных  $\beta_2$ -агонистов, МОК рекомендовал, чтобы для получения разрешения на их использование спортсмены доказывали наличие АФН, БФН или гиперреактивности дыхательных путей [26].

В дальнейшем класс S3 « $\beta_2$ -агонисты» Запрещенного списка неоднократно менялся в соответствии с результатами исследований, в ходе которых выявлялись дозы  $\beta_2$ -агонистов, не повышающие эффективность спортивного выступления. Наиболее значимые изменения произошли в 2011 году, когда из списка было исключено требование обязательной декларации применения сальбутамола в суточной дозе 1600 мкг (в разделенных дозах по 800 мкг за 12 часов), формотерола в суточной дозе 54 мкг и сальметерола в суточной дозе 200 мкг. В 2021 году к этой группе был добавлен вилантерол в суточной дозе 25 мкг. Все перечисленные препараты могут применяться в указанных дозах в форме ингаляций без запроса на ТИ [27].

Эрогенный потенциал этих препаратов в последние десятилетия стал предметом интенсивных дискуссий. Хотя нет достоверных данных об эрогенном эффекте ингаляционных  $\beta_2$ -агонистов [28], было обнаружено,

что системно вводимые  $\beta$ 2-агонисты улучшают время аэробной работы [29], взрывную силу [30] и мышечную силу [31].

Можно предположить, что  $\beta$ 2-агонисты могут по-разному влиять на спортсменов в зависимости от их базового уровня физической работоспособности, в частности продемонстрировано эргогенное влияние вдыхания салбутамола на время выносливости, где наибольшие улучшения наблюдались у испытуемых с худшими исходными показателями [32].

$\beta$ 2-агонисты остаются наиболее распространенными в спорте из субстанций, включенных в Запрещенный список. Анализ применения  $\beta$ 2-агонистов в период проведения пяти Олимпиад, с 2010 по 2018 год, показал, что из 215 разрешений на ТИ, выданных в этот период, 93 были выданы на применение  $\beta$ 2-агонистов [33]. Хотя существует мнение, что спортсмены с астмой, выступающие с разрешениями на ТИ, чаще становятся призерами Олимпийских игр [34], в ходе изучения взаимосвязи между назначением субстанций из Запрещенного списка и количеством завоеванных олимпийских медалей авторы пришли к выводу, что нет никаких доказательств того, что спортсмены, соревнующиеся с ТИ, с большей вероятностью выиграют медали.

В некоторых публикациях подвергаются сомнению доказательства того, что большинство субстанций, включенных в Запрещенный список, повышают эффективность подготовки, из-за неубедительных результатов рандомизированных контролируемых исследований (далее — РКИ). Однако выводы, основанные только на РКИ, могут привести к предвзятым заключениям из-за малого количества исследований, их неоднородности и незначительного числа наблюдений. Так, наиболее часто цитируемый источник [35] приводит данные, основанные на трех исследованиях с участием 39 добровольцев, которые говорят о том, что только высокие концентрации  $\beta$ 2-агонистов при системном введении могут улучшить спортивные результаты, но только в силовых и скоростно-силовых видах спорта.

Исследование влияния ингаляционного салбутамола в терапевтических дозах на спортивные показатели футболистов, не страдающих астмой, в двойном слепом рандомизированном плацебо-контролируемом исследовании не выявило достоверной разницы между группами с салбутамолом и плацебо при выполнении повторных ускорений, дриблинга, вертикального прыжка и передач мяча партнеру [36].

В таблице 1 приводятся данные о ряде проведенных РКИ, в которых отражено количество участников, методы и результаты исследований, где использовались различные наименования и формы  $\beta$ 2-агонистов.

Как следует из приведенных данных, несмотря на улучшение отдельных функциональных показателей под влиянием  $\beta$ 2-агонистов, сделать однозначный вывод о возможном повышении спортивных результатов при их применении не представляется возможным.

Изолированное применение  $\beta$ 2-агонистов имеет ряд негативных эффектов. Длительная стимуляция  $\beta$ 2-рецепторов агонистами может привести к толерантности, включающей снижение как бронхорасширяющего, так и антибронхоконстрикторного эффектов препарата [46]. Показано снижение бронхолитического эффекта в результате длительного применения салбутамола после клинической индукции сужения дыхательных путей с помощью ингаляций метахолина [47]. Исследования также показали, что на развитие толерантности к  $\beta$ 2-агонистам влияют многочисленные внешние факторы, включая генетические полиморфизмы  $\beta$ 2-рецепторов, степень воспаления дыхательных путей и способ доставки препарата [48].

Таким образом, несмотря на то что начиная с 60-х годов прошлого века, когда были синтезированы первые селективные  $\beta$ 2-агонисты, проводилось изучение их эффективности в спорте и влияния на спортивные результаты, данные литературы противоречивы.

$\beta$ 2-агонисты остаются одними из наиболее широко используемых в спорте субстанций. Их применение показано как при астме, в том числе астме физической нагрузки, так и при бронхоспазме, вызванном физической нагрузкой. Изучение влияния препаратов на эффективность спортивного выступления привело к тому, что некоторые из них были разрешены для приема спортсменами без разрешения на ТИ.

Данные о влиянии  $\beta$ 2-агонистов на спортивный результат неоднозначны, однако анализ выступлений спортсменов на крупных спортивных соревнованиях не выявил какого-либо преимущества тех, кто использовал субстанции из Запрещенного списка, включая  $\beta$ 2-агонисты, на основе разрешений на ТИ, полученных от антидопинговых организаций.

Необходимость персонифицированного подхода к терапии  $\beta$ 2-агонистами из-за лекарственной тахифилаксии, а также спонтанная динамика бронхиальной проходимости и наличие рефрактерного периода после физической нагрузки требуют дальнейшего изучения эффектов  $\beta$ 2-агонистов с целью индивидуализации терапии и предупреждения бронхиальной обструкции у спортсменов. Необходимо проведение РКИ с оценкой метаболизма, спланированных с целью выявления влияния  $\beta$ 2-агонистов на метаболические параметры и спортивные результаты у спортсменов высокого уровня.

Таблица 1

**Характеристика проведенных РКИ, в которых изучалось влияние  $\beta_2$ -агонистов на спортивный результат и ряд функциональных показателей**

Table 1

**Characteristics of the RCTs, which studied the effect of  $\beta_2$ -agonists on athletic performance and a number of functional indicators**

№ п/п	Исследование	Вид исследования	Субстанции	Выводы
1	Decorte et al., 2008 [37] 11 здоровых мужчин-спортсменов с высокими аэробными способностями	Двойное слепое РКИ	Сальбутамол (200 и 800 мкг) или плацебо, вводимые ингаляционно	Высокие ингаляционные дозы сальбутамол повышали выносливость четырехглавой мышцы без значительного влияния на нервно-мышечное утомление
2	Hostrup et al., 2014 [38] 9 здоровых мужчин с МПК > 58,9 ± 3,1 мл мин <sup>-1</sup> кг <sup>-1</sup>	Двойное слепое РКИ	Тербуталин или плацебо	Ингаляции тербуталина в высоких дозах повышают мышечную силу и производительность в спринте
3	Hostrup et al., 2014 [39] 9 здоровых мужчин-спортсменов с высокими аэробными способностями	Двойное слепое РКИ	Тербуталин или плацебо	Тербуталин повышает мышечную силу, скоростную выносливость
4	Hostrup et al., 2016 [40] 12 элитных мужчин-спортсменов с МПК 69,4 ± 1,8 мл мин <sup>-1</sup> кг <sup>-1</sup>	Двойное слепое РКИ	Сальбутамол внутрь или плацебо	Прием сальбутамол увеличивал пиковую мощность в тесте Вингейта, улучшал спринтерские возможности
5	Lemminger et al., 2019 [41] 23 спортсмена-любителя и 23 спортсмена, занимающихся резистивными тренировками	Двойное слепое РКИ	Тербуталин или плацебо	Прием тербуталина вызвал увеличение мышечной массы ног и рук, в то время как различий в МПК и пиковой мощности в сравнении с группой плацебо не наблюдалось
6	Eckerstrom et al., 2018 [42] 36 здоровых субъектов	Двойное слепое РКИ	Сальбутамол 900 мкг или плацебо	Ингаляционный сальбутамол не улучшал пиковое потребление кислорода у здоровых, не страдающих астмой, не занимающихся спортом людей по сравнению с плацебо
7	Koch S. et al., 2015 [43] 49 спортсменов-велосипедистов высокого класса	Двойное слепое РКИ	Сальбутамол 400 мкг или плацебо	Сальбутамол не оказывал заметного влияния на ключевые параметры вентиляции легких и эффективность спортивного выступления
8	Koch S. et al., 2016 [44] 69 спортсменов-велосипедистов высокого класса	Двойное слепое РКИ	Сальбутамол 400 мкг или плацебо	Вдыхание сальбутамол привело к росту ОФВ1. Несмотря на это улучшение функции легких, результаты 10-километрового тестового заезда не изменились
9	Tjørhom A. et al., 2007 [45] 23 спортсмена в циклических видах спорта	Двойное слепое РКИ	Формотерол или плацебо	Формотерол не улучшает показатели выносливости и может использоваться во время соревнований без риска улучшения спортивных результатов

**Вклад авторов:**

**Деревоедов Александр Анатольевич** — существенный вклад в концепцию работы, сбор, анализ содержания, написание текста.

**Жолинский Андрей Владимирович** — критический просмотр содержания, утверждение окончательного варианта статьи для публикации.

**Фещенко Владимир Сергеевич** — утверждение окончательного варианта статьи для публикации.

**Выходец Игорь Трифанович** — утверждение окончательного варианта статьи для публикации.

**Павлова Анна Александровна** — оформление рукописи.

**Authors' contributions:**

**Aleksandr A. Derevoedov** — significant contribution to the concept of the article, collection, analysis of the data, text writing.

**Andrey V. Zholinsky** — critical revision of the article, approval of the final version of the article for publication.

**Vladimir S. Feshchenko** — approval of the final version of the article for publication.

**Igor T. Vykhodets** — approval of the final version of the article for publication.

**Anna A. Pavlova** — manuscript formatting.



**Список литературы**

1. Billington Ch.K., Ojo O.O., Penn R.B., Ito S. cAMP regulation of airway smooth muscle function. *Pulm. Pharmacol. Ther.* 2013;26(1):112–120. <https://doi.org/10.1016/j.pupt.2012.05.007>
2. Moreira A., Bonini M., Pawankar R., Anderson S. D., Carlsen K-H., Randolph K., et al. World Allergy Organization international survey on physical activity as a treatment option for asthma and allergies. *World Allergy Organ. J.* 2014;7(1):34. <https://doi.org/10.1186/1939-4551-7-34>
3. Eichenberger Ph. A., Diener S. N., Kofmehl R., Spengler Ch. M. Effects of exercise training on airway hyperreactivity in asthma: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2013;43(11):1157–1170. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0077-2>
4. Sanz-Santiago V., Diez-Vega I., Elena Santana-Sosa E., Nuevo C. L., Ramirez T. I., Vendrusculo F. M., et al. Effect of a combined exercise program on physical fitness, lung function, and quality of life in patients with controlled asthma and exercise symptoms: A randomized controlled trial. *Pediatr. Pulmonol.* 2020;55(7):1608–1616. <https://doi.org/10.1002/ppul.24798>
5. Del Giacco S.T., Garcia-Larsen V. Aerobic exercise training reduces bronchial hyper-responsiveness and serum pro-inflammatory cytokines in patients with asthma. *Evid. Based Med.* 2016;21(2):70. <https://doi.org/10.1136/ebmed-2015-110260>
6. Bonini M., Palange P. Exercise-induced bronchoconstriction: new evidence in pathogenesis, diagnosis and treatment. *Asthma Res. Pract.* 2015;1:2. <https://doi.org/10.1186/s40733-015-0004-4>
7. Parsons J.P., Hallstrand T.S., Mastronarde J.G., Kaminsky D.A., Rundell K.W., Hull J.H., et al. An official American Thoracic Society clinical practice guideline: exercise-induced bronchoconstriction. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2013;187(9):1016–1027. <https://doi.org/10.1164/rccm.201303-0437ST>
8. Jones R.S., Buston M.H., Wharton M.J. The effect of exercise on ventilatory function in the child with asthma. *Br. J. Dis. Chest.* 1962;56(2):78–86. [https://doi.org/10.1016/s0007-0971\(62\)80005-9](https://doi.org/10.1016/s0007-0971(62)80005-9)
9. Fitch K.D., Sue-Chu M., Anderson S.D., Boulet L-P., Hancox R.J., McKenzie D.C., et al. Asthma and the elite athlete: summary of the International Olympic Committee's consensus conference, Lausanne, Switzerland, January 22-24, 2008. *J. Allergy Clin. Immunol.* 2008;122(2):254–260. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2008.07.003>
10. Bonini M., Silvers W. Exercise-Induced Bronchoconstriction: Background, Prevalence, and Sport Considerations. *Immunol. Allergy Clin. North Am.* 2018;38(2):205–214. <https://doi.org/10.1016/j.iac.2018.01.007>
11. Bonini S. EIB or not EIB? That is the question. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2008;40(9):1565–1566. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31817d818b>
12. Global Initiative for Asthma. Global strategy for asthma management and prevention [Internet]. Available at: <https://ginasthma.org/wp-content/uploads/2021/05/GINA-Main-Report-2021-V2-WMS.pdf>
13. Coates A.L., Wanger J., Cockcroft D.W., Culver B.H. ERS technical standard on bronchial challenge testing: general considerations and performance of methacholine challenge tests. *Eur. Respir. J.* 2017;49(5):1601526. <https://doi.org/10.1183/13993003.01526-2016>
14. To T., Stanojevic S., Moores G., Gershon A.S., Bate-man E.D., Cruz A.A., Boulet L-P. Global asthma prevalence in adults:

**References**

1. Billington Ch.K., Ojo O.O., Penn R.B., Ito S. cAMP regulation of airway smooth muscle function. *Pulm. Pharmacol. Ther.* 2013;26(1):112–120. <https://doi.org/10.1016/j.pupt.2012.05.007>
2. Moreira A., Bonini M., Pawankar R., Anderson S. D., Carlsen K-H., Randolph K., et al. World Allergy Organization international survey on physical activity as a treatment option for asthma and allergies. *World Allergy Organ. J.* 2014;7(1):34. <https://doi.org/10.1186/1939-4551-7-34>
3. Eichenberger Ph. A., Diener S. N., Kofmehl R., Spengler Ch. M. Effects of exercise training on airway hyperreactivity in asthma: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2013;43(11):1157–1170. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0077-2>
4. Sanz-Santiago V., Diez-Vega I., Elena Santana-Sosa E., Nuevo C. L., Ramirez T. I., Vendrusculo F. M., et al. Effect of a combined exercise program on physical fitness, lung function, and quality of life in patients with controlled asthma and exercise symptoms: A randomized controlled trial. *Pediatr. Pulmonol.* 2020;55(7):1608–1616. <https://doi.org/10.1002/ppul.24798>
5. Del Giacco S.T., Garcia-Larsen V. Aerobic exercise training reduces bronchial hyper-responsiveness and serum pro-inflammatory cytokines in patients with asthma. *Evid. Based Med.* 2016;21(2):70. <https://doi.org/10.1136/ebmed-2015-110260>
6. Bonini M., Palange P. Exercise-induced bronchoconstriction: new evidence in pathogenesis, diagnosis and treatment. *Asthma Res. Pract.* 2015;1:2. <https://doi.org/10.1186/s40733-015-0004-4>
7. Parsons J.P., Hallstrand T.S., Mastronarde J.G., Kaminsky D.A., Rundell K.W., Hull J.H., et al. An official American Thoracic Society clinical practice guideline: exercise-induced bronchoconstriction. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2013;187(9):1016–1027. <https://doi.org/10.1164/rccm.201303-0437ST>
8. Jones R.S., Buston M.H., Wharton M.J. The effect of exercise on ventilatory function in the child with asthma. *Br. J. Dis. Chest.* 1962;56(2):78–86. [https://doi.org/10.1016/s0007-0971\(62\)80005-9](https://doi.org/10.1016/s0007-0971(62)80005-9)
9. Fitch K.D., Sue-Chu M., Anderson S.D., Boulet L-P., Hancox R.J., McKenzie D.C., et al. Asthma and the elite athlete: summary of the International Olympic Committee's consensus conference, Lausanne, Switzerland, January 22-24, 2008. *J. Allergy Clin. Immunol.* 2008;122(2):254–260. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2008.07.003>
10. Bonini M., Silvers W. Exercise-Induced Bronchoconstriction: Background, Prevalence, and Sport Considerations. *Immunol. Allergy Clin. North Am.* 2018;38(2):205–214. <https://doi.org/10.1016/j.iac.2018.01.007>
11. Bonini S. EIB or not EIB? That is the question. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2008;40(9):1565–1566. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31817d818b>
12. Global Initiative for Asthma. Global strategy for asthma management and prevention [Internet]. Available at: <https://ginasthma.org/wp-content/uploads/2021/05/GINA-Main-Report-2021-V2-WMS.pdf>
13. Coates A.L., Wanger J., Cockcroft D.W., Culver B.H. ERS technical standard on bronchial challenge testing: general considerations and performance of methacholine challenge tests. *Eur. Respir. J.* 2017;49(5):1601526. <https://doi.org/10.1183/13993003.01526-2016>
14. To T., Stanojevic S., Moores G., Gershon A.S., Bate-man E.D., Cruz A.A., Boulet L-P. Global asthma prevalence in adults:

findings from the cross-sectional world health survey. *BMC Public Health*. 2012;12:204. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-204>

15. **Borna E., Nwaru B. I., Bjerg A., Mincheva R. Lundbäck B., Ekerljung L.** Changes in the prevalence of asthma and respiratory symptoms in western Sweden between 2008 and 2016. *Allergy*. 2019;74(9):1703–1715. <https://doi.org/10.1111/all.13840>

16. **Chu L.M., Pahwa P.** Prevalence and associated factors for self-reported asthma in a Canadian population: The Canadian Community Health Survey, 2014. *J. Asthma*. 2018;55(1):26–34. <https://doi.org/10.1080/02770903.2017.1310228>

17. **Чучалин А.Г.** Спорт и бронхиальная астма. *Пульмонология и аллергология*. 2005;(2):3–5.

18. **Selge C., Thomas S., Nowak D., Radon K., Wolfarth B.** Asthma prevalence in German Olympic athletes: A comparison of winter and summer sport disciplines. *Respir Med*. 2016;118:15–21. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2016.07.008>

19. **Черняк А.В., Нистор С.Ю., Зыков К.А., Черняк М.В., Науменко Ж.К., Неклюдова Г.В., Шмидт Е.П.** Высокая распространенность бронхиальной гиперреактивности у спортсменов, занимающихся лыжными гонками. *Пульмонология*. 2019;29(40):403–410. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2019-29-4-403-410>

20. **Kurowski M., Jurczyk J., Krysztofiak H., Kowalski M.L.** Exercise-induced respiratory symptoms and allergy in elite athletes: Allergy and Asthma in Polish Olympic Athletes (A(2)POLO) project within GA(2)LEN initiative. *Clin. Respir. J*. 2016;10(2):231–238. <https://doi.org/10.1111/crj.12210>

21. **Larsson K., Ohlsén P., Larsson L., Malmberg P., Rydström P. O., Ulriksen H.** High prevalence of asthma in cross country skiers. *BMJ*. 1993;307(6915):1326–1329. <https://doi.org/10.1136/bmj.307.6915.1326>

22. **Langdeau J.-B., Turcotte H., Thibault G., Boulet L.-P.** Comparative prevalence of asthma in different groups of athletes: a survey. *Can. Respir. J*. 2004;11(6):402–406. <https://doi.org/10.1155/2004/251453>

23. **Smoliga J. M., Weiss P., Kenneth W. Rundell K.W.** Exercise induced bronchoconstriction in adults: evidence based diagnosis and management. *BMJ*. 2016;352:h6951. <https://doi.org/10.1136/bmj.h6951>

24. **Anderson S.D., Daviskas E.** The mechanism of exercise-induced asthma is. *J. Allergy Clin. Immunol*. 2000;106(3):453–459. <https://doi.org/10.1067/mai.2000.109822>

25. **Parsons J.P., Hallstrand T.S., Mastrorarde J.G., Kaminisky D.A., Rundell K.W., Hull J.H., et al.** An official American Thoracic Society clinical practice guideline: exercise-induced bronchoconstriction. *Am. J. Respir. Crit. Care Med*. ;187(9):1016–1027. <https://doi.org/10.1164/rccm.201303-0437ST>

26. **Fitch D.** An overview of asthma and airway hyper-responsiveness in Olympic athletes. *Br. J. Sports Med*. 2012;46(6):413–416. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090814>

27. **Запрещенный список. РУСАДА [Интернет].** Режим доступа: <https://rusada.ru/substances/prohibited-list/>

28. **Kindermann W.** Do inhaled beta-2-agonists have an ergogenic potential in non-asthmatic competitive athletes? *Sports Med*. 2007;37(2):95–102. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737020-00001>

29. **Collomp K., Candau R., Lasne F., Labsy Z., Préfaut C., De Ceaurriz J.** Effects of short-term oral salbutamol administration on exercise endurance and metabolism. *J. Appl. Physiol*. 2000;89(2):430–436. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.89.2.430>

30. **Le Panse B., Arlettaz A., Portier H., Lecoq A.-M., De Ceaurriz J., Collomp K.** Effects of acute salbutamol intake during

findings from the cross-sectional world health survey. *BMC Public Health*. 2012;12:204. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-204>

15. **Borna E., Nwaru B. I., Bjerg A., Mincheva R. Lundbäck B., Ekerljung L.** Changes in the prevalence of asthma and respiratory symptoms in western Sweden between 2008 and 2016. *Allergy*. 2019;74(9):1703–1715. <https://doi.org/10.1111/all.13840>

16. **Chu L.M., Pahwa P.** Prevalence and associated factors for self-reported asthma in a Canadian population: The Canadian Community Health Survey, 2014. *J. Asthma*. 2018;55(1):26–34. <https://doi.org/10.1080/02770903.2017.1310228>

17. **Chuchalin A.G.** Sports and bronchial asthma. *Pul'monologiya i allergologiya [Pulmonology and Allergology]*. 2005;(2):3–5 (In Russ.).

18. **Selge C., Thomas S., Nowak D., Radon K., Wolfarth B.** Asthma prevalence in German Olympic athletes: A comparison of winter and summer sport disciplines. *Respir Med*. 2016;118:15–21. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2016.07.008>

19. **Chernyak A.V., Nistor S.Ju., Zykov K.A., Chernyak M.V., Naumenko Zh.K., Neklyudova G.V., Shmidt E.P.** High prevalence of bronchial hyperreactivity in cross-country skiing athletes. *Pul'monologiya = Russian Pulmonology*. 2019; 29(40):403–410 (In Russ.). <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2019-29-4-403-410>

20. **Kurowski M., Jurczyk J., Krysztofiak H., Kowalski M.L.** Exercise-induced respiratory symptoms and allergy in elite athletes: Allergy and Asthma in Polish Olympic Athletes (A(2)POLO) project within GA(2)LEN initiative. *Clin. Respir. J*. 2016;10(2):231–238. <https://doi.org/10.1111/crj.12210>

21. **Larsson K., Ohlsén P., Larsson L., Malmberg P., Rydström P. O., Ulriksen H.** High prevalence of asthma in cross country skiers. *BMJ*. 1993;307(6915):1326–1329. <https://doi.org/10.1136/bmj.307.6915.1326>

22. **Langdeau J.-B., Turcotte H., Thibault G., Boulet L.-P.** Comparative prevalence of asthma in different groups of athletes: a survey. *Can. Respir. J*. 2004;11(6):402–406. <https://doi.org/10.1155/2004/251453>

23. **Smoliga J.M., Weiss P., Kenneth W. Rundell K.W.** Exercise induced bronchoconstriction in adults: evidence based diagnosis and management. *BMJ*. 2016;352:h6951. <https://doi.org/10.1136/bmj.h6951>

24. **Anderson S.D., Daviskas E.** The mechanism of exercise-induced asthma is. *J. Allergy Clin. Immunol*. 2000;106(3):453–459. <https://doi.org/10.1067/mai.2000.109822>

25. **Parsons J.P., Hallstrand T.S., Mastrorarde J.G., Kaminisky D.A., Rundell K.W., Hull J.H., et al.** An official American Thoracic Society clinical practice guideline: exercise-induced bronchoconstriction. *Am. J. Respir. Crit. Care Med*. ;187(9):1016–1027. <https://doi.org/10.1164/rccm.201303-0437ST>

26. **Fitch D.** An overview of asthma and airway hyper-responsiveness in Olympic athletes. *Br. J. Sports Med*. 2012;46(6):413–416. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090814>

27. **Prohibited List. RUSADA [Internet].** Available at: <https://rusada.ru/substances/prohibited-list/> (In Russ.).

28. **Kindermann W.** Do inhaled beta-2-agonists have an ergogenic potential in non-asthmatic competitive athletes? *Sports Med*. 2007;37(2):95–102. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737020-00001>

29. **Collomp K., Candau R., Lasne F., Labsy Z., Préfaut C., De Ceaurriz J.** Effects of short-term oral salbutamol administration on exercise endurance and metabolism. *J. Appl. Physiol*. 2000;89(2):430–436. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.89.2.430>

30. **Le Panse B., Arlettaz A., Portier H., Lecoq A.-M., De Ceaurriz J., Collomp K.** Effects of acute salbutamol intake during

supramaximal exercise in women. *Br. J. Sports Med.* 2007;41(7):430–434. <https://doi.org/10.1136/bjism.2006.033845>

31. **van Baak M.A., Mayer L.H., Kempinski R.E., Hartgens F.** Effect of salbutamol on muscle strength and endurance performance in nonasthmatic men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2000;32(7):1300–1306. <https://doi.org/10.1097/00005768-200007000-00018>

32. **van Baak M.A., de Hon O.M., Hartgens F., Kuipers H.** Inhaled salbutamol and endurance cycling performance in non-asthmatic athletes. *Int. J. Sports Med.* 2004;25(7):533–538. <https://doi.org/10.1055/s-2004-815716>

33. **Ачкасов Е.Е., Безуглов Э.Н., Веселова Л.В., Зуева А.В., Конева Е.С.** Основы антидопингового обеспечения спорта. Москва: Человек; 2019. 288 с.

34. **Vernec A., Healy D.** Prevalence of therapeutic use exemptions at the Olympic Games and association with medals: an analysis of data from 2010 to 2018. *Br. J. Sports Med.* 2020;54(15):920–924. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102028>

35. **Heuberger J.A.A.C., Adam F. Cohen A.F.** Review of WADA Prohibited Substances: Limited Evidence for Performance-Enhancing Effects. *Sports Medicine.* 2019;49(4):525–539. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-1014-1>

36. **Halabchi E., Abarashi M., Mansournia M.A., Seifbarghi T.** Effects of Inhaled Salbutamol on Sport-Specific Fitness of Non-Asthmatic Football Players. *Acta Med. Iran.* 2017;55(5):324–332.

37. **Decorte N., Bachasson D., Guinot M., Flore P., Levy P., Verges S., Wuyam B.** Effect of Salbutamol on Neuromuscular Function in Endurance Athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2013;45(10):1925–1932. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182951d2d>

38. **Hostrup M., Kalsen A., Bangsbo J., Hemmersbach P., Karlsson S., Backer V.** High-dose inhaled terbutaline increases muscle strength and enhances maximal sprint performance in trained men. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2014;114(12):2499–2508. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-2970-2>

39. **Hostrup M., Kalsen A., Ortenblad N., Juel C., Morch K., Rzeppa S., Karlsson et al.**  $\beta$ -adrenergic stimulation enhances  $\text{Ca}^{2+}$  release and contractile properties of skeletal muscles, and counteracts exercise-induced reductions in  $\text{Na}^{+}$ - $\text{K}^{+}$ -ATPase  $V_{\text{max}}$  in trained men. *J. Physiol.* 2014;592(24):5445–5459. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2014.277095>

40. **Hostrup M., Kalsen A., Auchenberg M., Bangsbo J., Backer V.** Effects of acute and 2-week administration of oral salbutamol on exercise performance and muscle strength in athletes. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2016;26(1):8–16. <https://doi.org/10.1111/sms.12298>

41. **Lemming A.K., Jessen S., Habib S., Onslev J., Feng Sheng Xu S., Backer V., et al.** Effect of beta 2 -adrenergic agonist and resistance training on maximal oxygen uptake and muscle oxidative enzymes in men. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2019;29(12):1881–1891. <https://doi.org/10.1111/sms.13544>

42. **Eckerstrom F., Rex C.E., Maagaard M., Rubak S. Hjortdal V E., Heiberger J.** Exercise performance after salbutamol inhalation in non-asthmatic, non-athlete individuals: a randomised, controlled, cross-over trial. *BMJ Open Sport Exerc. Med.* 2018;4(1):e000397. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2018-000397>

43. **Koch S., MacInnis M.J., Sporer B.C., Rupert J.L., Koehle M.S.** Inhaled salbutamol does not affect athletic performance in asthmatic and non-asthmatic cyclists. *Br. J. Sports Med.* 2015;49(1):51–55. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092706>

44. **Koch S., MacInnis M.J., Rupert J.L., Sporer B.C., Koehle M.S.** Pharmacogenetic Effects of Inhaled Salbutamol on 10-km Time Trial Performance in Competitive Male and Female Cyclists. *Clinical Journal of Sport Medicine.* 2016;26(2):145–151. <https://doi.org/10.1097/jsm.0000000000000201>

supramaximal exercise in women. *Br. J. Sports Med.* 2007;41(7):430–434. <https://doi.org/10.1136/bjism.2006.033845>

31. **van Baak M.A., Mayer L.H., Kempinski R.E., Hartgens F.** Effect of salbutamol on muscle strength and endurance performance in nonasthmatic men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2000;32(7):1300–1306. <https://doi.org/10.1097/00005768-200007000-00018>

32. **van Baak M.A., de Hon O.M., Hartgens F., Kuipers H.** Inhaled salbutamol and endurance cycling performance in non-asthmatic athletes. *Int. J. Sports Med.* 2004;25(7):533–538. <https://doi.org/10.1055/s-2004-815716>

33. **Achkasov E.E., Bezuglov Je.N., Veselova L.V., Zueva A.V., Koneva E.S.** Basics of anti-doping support in sports.. Moscow: Che-lovek Publ.; 2019. 288 p. (In Russ.).

34. **Vernec A., Healy D.** Prevalence of therapeutic use exemptions at the Olympic Games and association with medals: an analysis of data from 2010 to 2018. *Br. J. Sports Med.* 2020;54(15):920–924. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102028>

35. **Heuberger J.A.A.C., Adam F. Cohen A.F.** Review of WADA Prohibited Substances: Limited Evidence for Performance-Enhancing Effects. *Sports Medicine.* 2019;49(4):525–539. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-1014-1>

36. **Halabchi E., Abarashi M., Mansournia M.A., Seifbarghi T.** Effects of Inhaled Salbutamol on Sport-Specific Fitness of Non-Asthmatic Football Players. *Acta Med. Iran.* 2017;55(5):324–332.

37. **Decorte N., Bachasson D., Guinot M., Flore P., Levy P., Verges S., Wuyam B.** Effect of Salbutamol on Neuromuscular Function in Endurance Athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2013;45(10):1925–1932. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182951d2d>

38. **Hostrup M., Kalsen A., Bangsbo J., Hemmersbach P., Karlsson S., Backer V.** High-dose inhaled terbutaline increases muscle strength and enhances maximal sprint performance in trained men. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2014;114(12):2499–2508. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-2970-2>

39. **Hostrup M., Kalsen A., Ortenblad N., Juel C., Morch K., Rzeppa S., Karlsson et al.**  $\beta$ -adrenergic stimulation enhances  $\text{Ca}^{2+}$  release and contractile properties of skeletal muscles, and counteracts exercise-induced reductions in  $\text{Na}^{+}$ - $\text{K}^{+}$ -ATPase  $V_{\text{max}}$  in trained men. *J. Physiol.* 2014;592(24):5445–5459. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2014.277095>

40. **Hostrup M., Kalsen A., Auchenberg M., Bangsbo J., Backer V.** Effects of acute and 2-week administration of oral salbutamol on exercise performance and muscle strength in athletes. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2016;26(1):8–16. <https://doi.org/10.1111/sms.12298>

41. **Lemming A.K., Jessen S., Habib S., Onslev J., Feng Sheng Xu S., Backer V., et al.** Effect of beta 2 -adrenergic agonist and resistance training on maximal oxygen uptake and muscle oxidative enzymes in men. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2019;29(12):1881–1891. <https://doi.org/10.1111/sms.13544>

42. **Eckerstrom F., Rex C.E., Maagaard M., Rubak S. Hjortdal V E., Heiberger J.** Exercise performance after salbutamol inhalation in non-asthmatic, non-athlete individuals: a randomised, controlled, cross-over trial. *BMJ Open Sport Exerc. Med.* 2018;4(1):e000397. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2018-000397>

43. **Koch S., MacInnis M.J., Sporer B.C., Rupert J.L., Koehle M.S.** Inhaled salbutamol does not affect athletic performance in asthmatic and non-asthmatic cyclists. *Br. J. Sports Med.* 2015;49(1):51–55. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092706>

44. **Koch S., MacInnis M.J., Rupert J.L., Sporer B.C., Koehle M.S.** Pharmacogenetic Effects of Inhaled Salbutamol on 10-km Time Trial Performance in Competitive Male and Female Cyclists. *Clinical Journal of Sport Medicine.* 2016;26(2):145–151. <https://doi.org/10.1097/jsm.0000000000000201>

45. Tjørhom A., Riiser A., Carlsen K.H. Effects of formoterol on endurance performance in athletes at an ambient temperature of  $-20^{\circ}\text{C}$ . *Scand. J. Med. Sci. Sports*. 2007;17(6), 628–635. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2006.00628.x>

46. Hsu E., Bajaj T. Beta 2 Agonists. StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 Jan. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK542249/>

47. Haney S., Hancox R.J. Rapid onset of tolerance to beta-agonist bronchodilation. *Respir. Med.* 2005;99(5):566–571. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2004.10.014>

48. Israel E., Drazen J.M., Liggett S.B., Boushey H.A., Cherniack R.M., Chinchilli V.M., et al. The effect of polymorphisms of the beta(2)-adrenergic receptor on the response to regular use of albuterol in asthma. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2000;162(1):75–80. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.162.1.9907092>

45. Tjørhom A., Riiser A., Carlsen K.H. Effects of formoterol on endurance performance in athletes at an ambient temperature of  $-20^{\circ}\text{C}$ . *Scand. J. Med. Sci. Sports*. 2007;17(6), 628–635. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2006.00628.x>

46. Hsu E., Bajaj T. Beta 2 Agonists. StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 Jan. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK542249/>

47. Haney S., Hancox R.J. Rapid onset of tolerance to beta-agonist bronchodilation. *Respir. Med.* 2005;99(5):566–571. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2004.10.014>

48. Israel E., Drazen J.M., Liggett S.B., Boushey H.A., Cherniack R.M., Chinchilli V.M., et al. The effect of polymorphisms of the beta(2)-adrenergic receptor on the response to regular use of albuterol in asthma. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2000;162(1):75–80. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.162.1.9907092>

#### Информация об авторах:

**Деревоедов Александр Анатольевич**, к.м.н., ведущий научный сотрудник организационно-исследовательского отдела ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», 121059, Россия, Москва, Большая Дорогомиловская ул., 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8405-859X>

**Жолинский Андрей Владимирович**, к.м.н., директор ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», 121059, Россия, Москва, Большая Дорогомиловская ул., 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0267-9761>

**Фещенко Владимир Сергеевич**, к.м.н., начальник организационно-исследовательского отдела ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», 121059, Россия, Москва, Большая Дорогомиловская ул., 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4574-6506>

**Выходец Игорь Трифанович**, к.м.н., заместитель начальника Управления организации спортивной медицины Федерального медико-биологического агентства, 123182, Россия, Москва, Волоколамское шоссе 30. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6206-2771>

**Павлова Анна Александровна\***, врач по спортивной медицине отдела медицинского обеспечения спортивных сборных команд и соревнований ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», 121059, Россия, Москва, Большая Дорогомиловская ул., 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7682-2057> (+7 (977) 491-73-13; [dr\\_pavlova@hotmail.com](mailto:dr_pavlova@hotmail.com))

#### Information about the authors:

**Aleksandr A. Derevoedov**, M.D., Ph.D. (Medicine), Leading Researcher of the Organizational and Research Department of the Federal Research and Medical Center of the Federal Medical and Biological Agency of Russia, 5, Bolshaya Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8405-859X>

**Andrey V. Zholinsky**, M.D., Ph.D. (Medicine), Director of the Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency, 5, Bolshaya Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0267-9761>

**Vladimir S. Feshchenko**, M.D., Ph.D. (Medicine), Head of the Organizational-Research Department of the Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency, 5, Bolshaya Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4574-6506>

**Igor T. Vykhodets**, M.D., Ph.D. (Medicine), Deputy Head of the Office of the Organization of Sports Medicine of the Federal Medical and Biological Agency, 30 Volokolamskoe highway, Moscow, 123182, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6206-2771>

**Anna A. Pavlova\***, sports medicine physician of the Department of medical support of sports teams and competitions of the Federal Research and Medical Center of the Federal Medical and Biological Agency of Russia, 5, Bolshaya Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7682-2057> (+7 (977) 491-73-13; [dr\\_pavlova@hotmail.com](mailto:dr_pavlova@hotmail.com))

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.2>

УДК 614.35:615.035.3

Тип статьи: Тип статьи: Оригинальное исследование / Original article



## Структура нарушений антидопинговых правил и оценка эффективности мер по противодействию распространению допинга в российской легкой атлетике в 2000–2020 годах

Э.Н. Безуглов<sup>1</sup>, О.Б. Талибов<sup>2</sup>, В.Ю. Хайтин<sup>3</sup>, А.М. Лазарев<sup>4\*</sup>

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

<sup>2</sup> ФГБУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

<sup>3</sup> Футбольный клуб «Зенит», Санкт-Петербург, Россия

<sup>4</sup> Госпиталь «Маунт Синай», Чикаго, Иллинойс, США

### РЕЗЮМЕ

Последнее десятилетие ознаменовалось значительной активизацией борьбы с допингом в спорте. Однако эффективность принимаемых мер не всегда ясна, и поэтому анализ структуры и динамики нарушений в группах спортсменов с доказанно высокой частотой применения допинга на фоне ужесточения антидопингового законодательства может представлять большой практический интерес. Отсутствие принципов нулевой толерантности к нарушителям антидопинговых правил в спортивных сообществах с большим количеством нарушений антидопинговых правил является основной причиной неэффективной борьбы с допингом.

**Цель исследования:** проанализировать структуру нарушений антидопинговых правил и оценить эффективность мер по противодействию распространению допинга в российской легкой атлетике в 2000–2020 годах.

**Материалы и методы:** для формирования объективной картины была собрана база данных по всем нарушителям антидопинговых правил в российской легкой атлетике с 2000 года по 1 июня 2020 года из открытых источников. Был проведен ретроспективный анализ протоколов всех официальных соревнований, проводимых в России с 2000 года и включенных в Единый календарный план Всероссийской федерации легкой атлетики.

**Результаты:** в период с 2000 по 2020 год выявлен 381 случай нарушений антидопинговых правил, совершенных 355 спортсменами. Выявлены 25 спортсменов, имеющих по два нарушения, и один спортсмен, имеющий три нарушения. В восьми случаях дисквалификации были подвергнуты тренеры и в одном случае — работавший со спортсменами врач. При этом у 99 тренеров было два и более спортсменов, дисквалифицированных за нарушение антидопинговых правил. При анализе количества нарушений по годам получены убедительные данные о сохранении большого количества нарушений в 2018–2019 годах.

**Заключение:** несмотря на ряд предпринятых мер государством, частота допинговых нарушений не демонстрирует значимого снижения, если не учитывать результаты 2016–2017 годов, когда объемы тестирования были значительно снижены. Дальнейшая борьба с допингом требует изменений антидопинговой культуры: создание атмосферы отчуждения в отношении дискредитировавших себя атлетов и спортивных специалистов, аннулирования показанных ими результатов на внутренней арене, прекращение проведения соревнований на призы дисквалифицированных атлетов.

**Ключевые слова:** допинг, российская легкая атлетика, нарушения антидопинговых правил, анаболические стероиды

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

**Для цитирования:** Безуглов Э.Н., Талибов О.Б., Хайтин В.Ю., Лазарев А.М. Структура нарушений антидопинговых правил и оценка эффективности мер по противодействию распространению допинга в российской легкой атлетике в 2000–2020 годах. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2021;11(3):43–50. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.2>

Поступила в редакцию: 6.07.2021

Принята к публикации: 29.08.2021

Online first: 5.09.2021

Опубликована: 30.09.2021

\* Автор, ответственный за переписку

# The assessment of the structure of anti-doping rules violation and the evaluation of anti-doping measures efficiency in Russian athletics during 2000–2020

Eduard N. Bezuglov<sup>1</sup>, Oleg B. Talibov<sup>2</sup>, Vladimir Y. Khaitin<sup>3</sup>, Artemii M. Lazarev<sup>4\*</sup>

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

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

<sup>3</sup>Football Club "Zenit", Saint-Petersburg, Russia

<sup>4</sup>Mount Sinai Hospital, Chicago, Illinois, USA

## ABSTRACT

The assessment of the structure and trends of doping perpetrations among athletes with a proven high prevalence of doping use might be of great practical interest. Non-compliance with the zero-tolerance policy towards anti-doping rules violators among sports communities with a high prevalence of doping offenses is the main cause of the ineffective fight against doping.

**Objective:** to analyze the structure of anti-doping rule violations and evaluate the effectiveness of measures to counter the spread of doping in Russian athletics in 2000–2020.

**Materials and methods:** to form an objective picture, a database was collected on all anti-doping rule violators in Russian athletics from 2000 to June 01, 2020 from open sources. Retrospective analysis of the protocols of all official competitions held in Russia since 2000 and included in the RUSAF Unified Schedule was performed.

**Results:** 381 cases of anti-doping rule violation committed during 2000–2020 period by 355 athletes were registered. 25 athletes committed 2 doping offenses and 1 athlete 3 ones. Women perpetrated more offenses than men.

**Conclusions:** our study objectified the doping issue in Russian athletics and evaluated the effectiveness of anti-doping measures. The study indicates the need to stop ignoring zero-tolerance policy principles towards doping offenders among the athletic community and creates an incentive to develop functional mechanisms to combat doping.

**Keywords:** doping, anabolic steroids, Russian athletics, anti-doping rule violation

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

**For citation:** Bezuglov E.N., Talibov O.B., Khaitin V.Y., Lazarev A.M. The assessment of the structure of anti-doping rules violation and the evaluation of anti-doping measures efficiency in Russian athletics during 2000–2020. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2021;11(3):43–50 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.2>

**Received:** 6 July 2021

**Accepted:** 29 August 2021

**Online first:** 5 September 2021

**Published:** 30 September 2021

\* Corresponding author

## 1. Введение

Последние шесть лет Всероссийская федерация легкой атлетики (ВФЛА) отстранена от участия в международных соревнованиях в связи с многочисленными допинговыми скандалами. С 2015 года членство ВФЛА в Международной федерации легкой атлетики (World Athletics, ранее IAAF) на основании расследования, проведенного комиссией Всемирного антидопингового агентства (WADA) во главе с Ричардом Паундом, было приостановлено, и впоследствии отстранение ВФЛА неоднократно продлевалось из-за непрекращающихся проблем с допингом [1, 2].

В 2016 году российским легкоатлетам разрешили выступать на международных турнирах в нейтральном статусе, однако после «дела Лысенко» [3] такую возможность сохранила только одна российская спортсменка, которая несколько лет живет и тренируется за пределами России.

Для восстановления членства ВФЛА в WA (IAAF) международной рабочей группой была разработана дорожная карта, в которой ключевым требованием указано наличие нулевой толерантности к допингу и смена антидопинговой культуры в России [4].

Согласно данным последних научных исследований и расследований специальных комиссий российские легкоатлеты являются популяцией с чрезвычайно широким распространением применения запрещенных в спорте субстанций и методов и прочих нарушений антидопинговых правил [5].

Указанные выше факты должны были обусловить максимально быструю разработку мер по противодействию нарушениям антидопинговых правил со стороны различных институциональных органов спортивной власти, эффективность реализации которых позволила бы вернуть российскую легкую атлетику на международную арену.

В России были разработаны и внедрены в практику на национальном уровне множество нормативно-правовых документов, обуславливающих ужесточение мер по противодействию применению допинга.

Среди них приказ Министерства спорта Российской Федерации № 947 от 9 августа 2016 года, разработанный в соответствии с Федеральным законом № 329-ФЗ от 04.12.2007 «О физической культуре и спорте в Российской Федерации» [6]. Введена также уголовная ответственность как за распространение допинга, так и за склонение к его применению [7].

В 2015 году произошли большие изменения в работе национального антидопингового агентства, способствующие внедрению принципов «чистого спорта» во многие спортивные дисциплины. И эти меры дали результаты в олимпийских видах спорта, где ранее (до 2015 года) применение допинга встречалось достаточно часто. В то же время в российской легкой атлетике на протяжении всех последних лет сохраняется большое число нарушений антидопинговых правил, что не позволяет даже чистым российским легкоатлетам беспрепятственно выступать на международной арене.

До сих пор не существует полной базы данных нарушений антидопинговых правил в российской легкой атлетике, а также не проводился анализ реализации принципов нулевой терпимости нарушений антидопинговых правил в российской легкой атлетике.

На наш взгляд, изучение этих аспектов в указанном спортивном сообществе позволит выявить причины сохранения в нем большого количества нарушений антидопинговых правил, несмотря на все усилия, прилагаемые со стороны органов государственной власти. В представленном исследовании проведен ретроспективный анализ нарушений антидопинговых правил, вынесенных санкций и отношения к нарушителям в российском легкоатлетическом сообществе за последние 20 лет.

**Цель исследования:** анализ нарушений антидопинговых правил в российской легкой атлетике в 2000–2020 годах.

**Задачи исследования:** изучить структуру нарушений антидопинговых правил, вынесенных санкций и отношения к нарушителям в российском легкоатлетическом сообществе за последние 20 лет.

## 2. Материалы и методы

1. Анализ научной литературы.

2. Ретроспективный анализ собранной базы данных.

Для формирования объективной картины была собрана база данных по всем нарушителям антидопинговых правил в российской легкой атлетике с 2000 года по 1 июня 2020 года.

Поиск производился тремя независимыми экспертами на сайтах:

- <http://rusathletics.info/category/antidop>;
- <https://rusada.ru/disqualifications/>;
- <https://www.athleticsintegrity.org/disciplinary-process>;

– <https://www.kommersant.ru/doc/3053153>;

– <https://www.tilastopaja.eu>;

– <https://www.trackandfield.ru/ru/news/2017/3/7922>

2000 год использовался в качестве временной отсечки, так как именно в этом году начало полноценно функционировать Всемирное антидопинговое агентство, созданное в ноябре 1999 года. Анализировались протоколы всех официальных соревнований, проводимых в России с 2000 года и включенных в Единый календарный план ВФЛА.

Подтверждением принадлежности спортсмена к тому или иному тренеру являлись официальные протоколы соревнований и списки сборных команд в период аннулирования результатов данного спортсмена.

Аналізу подлежало общее количество нарушений антидопинговых правил, совершенных всеми субъектами, связанными с российской легкой атлетикой (спортсмены, тренеры, врачи). Учитывались все виды санкций (от предупреждения до пожизненной дисквалификации) и нарушений.

По каждому выявленному спортсмену создавался отдельный файл, куда включались следующие данные:

- вид нарушения;
- обнаруженная субстанция (для аналитических нарушений);
- период аннулирования результатов;
- период дисквалификации;
- данные о тренерах спортсменов, которые их тренировали на период аннулирования результатов;
- уровень спортивного мастерства.

Для оценки степени «терпимости» со стороны легкоатлетического сообщества и органов исполнительной власти в регионах к нарушителям антидопинговых правил анализировались следующие данные:

- количество тренеров, имеющих двух и более спортсменов, дисквалифицированных за нарушения антидопинговых правил, и продолжавших работать в государственных спортивных организациях;
- количество специалистов, имевших спортсменов, дисквалифицированных за нарушения антидопинговых правил, входящих в руководящие органы региональных спортивных организаций, осуществляющих подготовку спортсменов или руководящих региональными легкоатлетическими федерациями;
- количество спортсменов, имевших ранее дисквалификацию и входящих в состав сборной команды;
- количество лиц, имевших дисквалификацию за нарушение антидопинговых правил и входящих в руководящий состав спортивных организаций, осуществляющих подготовку спортсменов, или региональных легкоатлетических федераций;
- количество соревнований на призы спортсменов, которые имели или имеют дисквалификацию за нарушение антидопинговых правил, проходящих под эгидой ВФЛА;
- количество аннулированных результатов, показанных спортсменами, дисквалифицированными за нарушения антидопинговых правил;

– количество лишений почетных званий, полученных спортсменами, дисквалифицированными за нарушения антидопинговых правил, за результаты, показанные в период аннулирования их результатов;

– количество аннулированных рекордов, показанных спортсменами, дисквалифицированными за нарушение антидопинговых правил, в период аннулирования их результатов;

– количество и объем мер дисциплинарного характера, примененных к руководителям спортивных организаций с наибольшим количеством дисквалифицированных спортсменов и тренеров, имевших двух и более дисквалифицированных спортсменов;

– количество случаев уголовного преследования людей, связанных с каким-либо видом нарушений антидопинговых правил.

### 3. Результаты

В период с 2000 по 2020 год выявлен 381 случай нарушений антидопинговых правил, совершенных 355 спортсменами. Выявлены 25 спортсменов, имеющих по два нарушения, и один спортсмен, имеющий три нарушения. Женщины совершали больше нарушений, чем мужчины (рис. 1).

По 330 (93 % от общего количества) спортсменам получена вся информация по анализируемым параметрам. Наиболее частым видом наказания за нарушение антидопинговых правил была дисквалификация — 376 случаев. В 5 случаях (все до 2009 года) наказанием явились общественное порицание и предупреждение. В восьми случаях дисквалификации были подвергнуты тренеры и в одном случае — работавший со спортсменами врач. При этом у 99 тренеров было два и более спортсменов, дисквалифицированных за нарушение антидопинговых правил.

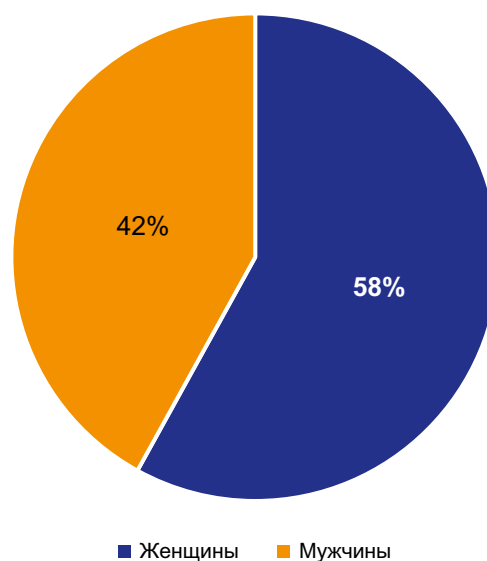


Рис. 1. Распределение нарушений между женщинами и мужчинами  
Fig. 1. Doping offences by gender

В их числе у 53 тренеров были два дисквалифицированных спортсмена, у 24 — три, у 13 — четыре, у четырех тренеров — пять, у двоих — шесть, по одному тренеру имели семь, восемь и 26 дисквалифицированных спортсменов.

На 1 июня 2020 года дисквалификацию отбывали 89 спортсменов. При анализе количества нарушений по годам получены убедительные данные о сохранении большого количества нарушений в 2018–2019 годах (рис. 2).

При этом при подсчете оценивались именно даты нарушений или начала периода аннулирования результатов, а не вынесения решения о дисквалификации,

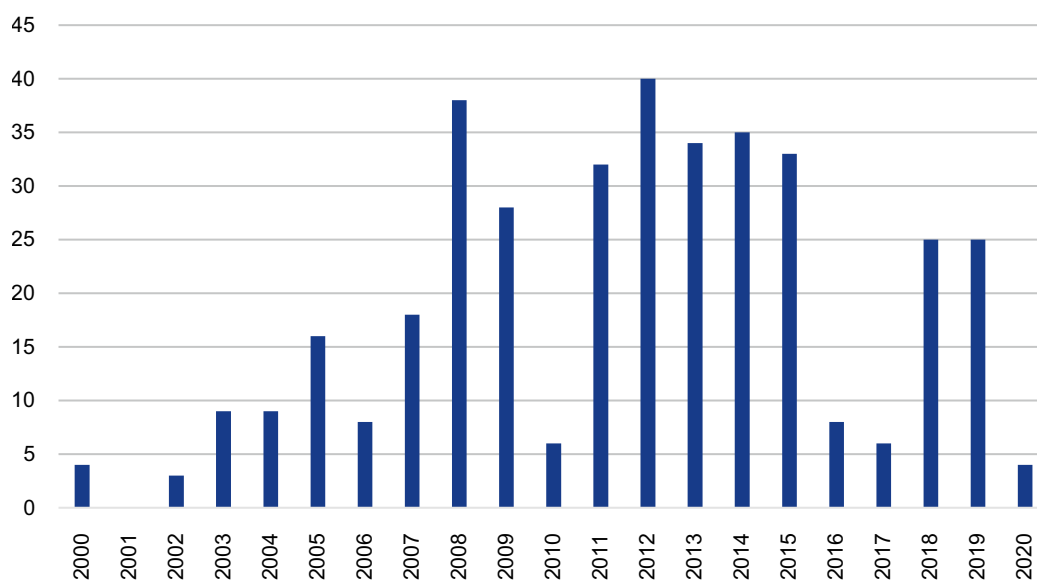


Рис. 2. Динамика нарушений с 2000 по июнь 2020 года  
Fig. 2. The number of doping offenses by year (2000 to June 2020)



что позволило объективизировать картину за счет исключения дисквалификаций за нарушения, совершенные в предыдущие годы.

Снижение количества положительных проб в 2016–2017 годах связано только со значительно более низким количеством тестов в эти годы (менее 1000 тестирований в каждом из указанных годов). А в 2020 году это связано с пандемией новой коронавирусной инфекции, в связи с чем соревнований в первой половине практически не было, а объем тестирований был значительно меньше.

Наибольшее количество нарушений пришлось на направления легкой атлетики, связанные с выносливостью (рис. 3). Количество нарушений в зависимости от дисциплины представлено на рисунке 3.

27 спортсменов, отбывших дисквалификацию, входят в состав кандидатов в сборную команду Российской Федерации по легкой атлетике, несмотря на то что не имеют практически никаких шансов на выступление на международной арене ввиду сложившейся с 2015 года практики гарантированного отказа со стороны Международной федерации легкой атлетики в получении нейтрального статуса.

Необходимо отметить, что ранее было 4 случая включения в состав сборных команд в качестве «специалиста» спортсменов, отбывающих дисквалификацию за нарушение антидопинговых правил.

Обращает внимание большое количество дисквалифицированных спортсменов высокого уровня (252 человека, около 71 % от общего количества): 46 заслуженных мастеров спорта, 110 мастеров спорта международного класса и 96 мастеров спорта. При этом ни один из них не был лишен звания, полученного за результаты, показанные в период аннулирования их результатов.

Ни в одном случае не было последствий в виде законного преследования дисквалифицированных специалистов (административного или уголовного).

Семь руководителей региональных федераций и органов исполнительной власти Российской Федерации ранее были или сами дисквалифицированы за нарушения

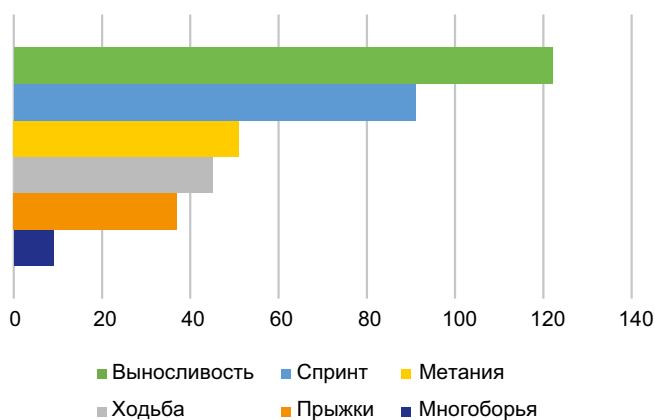


Рис. 3. Число нарушений в зависимости от дисциплины  
Fig. 3. The number of violations by athletics discipline

антидопинговых правил, или тренировали таких спортсменов. Три руководителя спортивных организаций тренировали спортсменов, дисквалифицированных за нарушение антидопинговых правил, причем у одного такого руководителя было четыре таких спортсмена.

В Единый календарный план ВФЛА включены пять соревнований, проводимых на призы спортсменов, имевших дисквалификацию, а одно соревнование проводится на призы спортсменки, которая отбывает дисквалификацию в настоящее время.

#### 4. Обсуждение

Полученные данные свидетельствуют о том, что в российской легкой атлетике до июня 2020 года не было ничего похожего на нулевую толерантность к нарушениям антидопинговых правил. Они не лишались званий и привилегий, сохраняли после дисквалификаций социальный и материальный статус. Дисквалификация не становится препятствием для успешной карьеры спортивного чиновника после окончания спортивных выступлений.

При этом проблема допинга распространена во всем мире. Причем распространение допинга, очевидно, выше, чем число положительных тестов. Так, Ulrich et al. путем анонимного опроса 2167 атлетов на двух спортивных мероприятиях (13-й чемпионат мира по легкой атлетике, Тегу, Южная Корея, 2011 г.; 12-е Панарабские игры, Доха, Катар, 2011 г.) установили, что более 40 % на первом и более 50 % на втором мероприятии признались в употреблении запрещенных веществ в течение последнего года [8]. На основании того что данные анонимных опросов и современных антидопинговых тестов показывают несоответствие (более 50 % согласно анонимным опросам и 1–2 % согласно результатам антидопингового тестирования), De Hon et al. пишут о несовершенстве современных систем тестирования и о необходимости их улучшения [9].

На прием допинга могут влиять разнообразные факторы. Так, в работе Zvan et al. авторы проанализировали ответы на опросы 886 спортсменов (волейбол, гандбол, футбол, баскетбол) и не обнаружили разницы в принятии допинга между мужчинами и женщинами, но обнаружили негативную ассоциацию между религиозностью и принятием допинга, из чего сделали вывод, что религиозные молодые женщины наименее подвержены принятию допинга [10].

Другой значимый фактор, влияющий на распространенность приема допинга, — национальность спортсмена. Спортсмены разных стран имеют разную распространенность принятия допинга. Так, Sottas et al., проанализировав 7289 анализов 2737 спортсменов, оценили распространенность «кровяного допинга» в диапазоне от 1 до 48 % (в среднем 14 %) в разных национальных группах легкоатлетов. Причем авторы обнаружили распространенность применения кровяного допинга спортсменами одной из стран, достигавшую 48 % [11].

В свою очередь, Россия — это страна, обвиняемая в систематическом допинге (country accused of systematic doping) [5]. Полученные данные подтверждают это и свидетельствуют о большом количестве нарушений антидопинговых правил в российской легкой атлетике в период до 2020 года, причем в большом количестве случаев нарушения совершали спортсмены высокого уровня.

Прием допинга российскими спортсменами негативно сказывается на выступлениях российских атлетов после новых мер ужесточения допинг-контроля. Так, например, в исследовании Ijukov et al. было показано снижение результатов российских легкоатлетов в нескольких атлетических дисциплинах (800, 1500, 5000 и 10 000 метров) и значимое уменьшение количества спортсменок, выполняющих нормативы для участия в крупнейших международных соревнованиях, после введения в рутинную практику работы антидопинговых организаций гематологических паспортов [5].

Одной из эффективных методик снижения распространенности допинга в мире является увеличение частоты тестирования. Так, Bahr et al. обнаружили снижение количества положительных проб в видах спорта с наибольшей распространенностью допинга (тяжелая атлетика, пауэрлифтинг и легкая атлетика) после увеличения частоты тестирования атлетов в этих видах спорта [12].

Подобное ужесточение мер, вероятно, могло бы стать основой снижения распространенности допинга и в российской атлетике, хотя количество тестирований и так достаточно велико и в 2018–2019 годах общее количество проб превысило 2500.

Но на данный момент, по нашему мнению, основной проблемой именно в российской легкой атлетике является различие между формальными законными и подзаконными актами и сложившимся на практике положением дел.

Необходимо отметить, что ни один тренер, кроме тех, кто был дисквалифицирован международными организациями (восемь человек, указанных выше), не понес никакого дисциплинарного наказания — все продолжали работать после дисквалификаций их спортсменов.

За все время существования российской легкой атлетике не был аннулирован ни один результат, показанный дисквалифицированным спортсменом в период аннулирования результатов. Данное требование всегда четко прописывается при вынесении решения о дисквалификации, и все их результаты, показанные на международных стартах, всегда аннулируются. Ни один спортсмен или тренер не был лишен званий, полученных за резуль-

таты, показанные в период аннулирования результатов. Существуют примеры рекордов (например, рекорд России в метании копья среди женщин), которые также не были официально аннулированы, хотя были показаны в период аннулирования результатов спортсменки.

Ни один спортсмен и тренер, которые были наказаны за нарушения антидопинговых правил, никогда в официальных средствах массовой информации не признавал своей вины и не участвовал в образовательных программах национального антидопингового агентства.

Указанные выше факты свидетельствуют об отсутствии принципов нулевой терпимости к нарушителям антидопинговых правил со стороны прежде всего руководства федерации и органов исполнительной власти в регионах, что резко снижает эффективность всех мер, предпринимаемых государством.

### 5. Выводы

Проведенное исследование позволило объективизировать ситуацию в российской легкой атлетике и оценить эффективность мер, принимаемых для профилактики нарушений антидопинговых правил, а также создать предпосылки для разработки реально работающих механизмов по противодействию игнорированию принципов нулевой толерантности к нарушителям антидопинговых правил в этом сообществе.

Несмотря на ряд предпринятых государством мер, частота допинговых нарушений не демонстрирует значимого снижения, если не учитывать результаты 2016–2017 годов, когда объемы тестирования были значительно снижены.

Дальнейшая борьба с допингом требует изменений антидопинговой культуры — создание атмосферы отчуждения в отношении дискредитировавших себя атлетов и спортивных специалистов, аннулирование результатов, в том числе и на внутренней арене, прекращение проведения соревнований на призы дисквалифицированных атлетов.

Можно уверенно говорить, что дисквалификация за нарушение антидопинговых правил российскими легкоатлетами не влечет снижения их социального статуса и финансового благополучия.

В такой ситуации реальная борьба с допингом возможна только после устранения выявленных в исследовании фактов, что с течением времени приведет к изменению антидопинговой культуры в этом спортивном сообществе.

### Вклад авторов:

**Безуглов Эдуард Николаевич** — идея и структура статьи, написание текста статьи, редактирование.

**Талибов Олег Букарович** — поиск и проверка информации, написание текста статьи.

**Хайтин Владимир Юрьевич** — поиск и проверка информации.

**Лазарев Артемий Михайлович** — поиск и проверка информации, написание текста статьи.

### Authors' contributions:

**Eduard N. Bezuglov** — idea and structure of the article, manuscript preparation, editing.

**Oleg B. Talibov** — search and verification of information.

**Vladimir Y. Khaitin** — search and verification of information, manuscript preparation.

**Artemii M. Lazarev** — search and verification of information, manuscript preparation.

### Список литературы

1. IAAF. IAAF provisionally suspends Russian Member Federation ARAF. [Internet]. Published 2015. Available at: <https://www.worldathletics.org/news/press-release/iaaf-araf-suspended> [accessed 29.07.2020].
2. IAAF. ARAF accepts full suspension [Internet]. Published 2015. Available at: <https://www.worldathletics.org/news/press-release/araf-accepts-full-suspension> [accessed 29.07.2020].
3. AIU. Athletics integrity unit charges Russian athletics federation with obstructing an investigation and provisionally suspends several senior federation officials for tampering and complicity [Internet]. Published 2019. Available at: <https://www.athleticsintegrity.org/downloads/pdfs/know-us/en/AIU-Press-Release-RUSSIAN-ATHLETICS-FEDERATION.pdf> [accessed 29.07.2020].
4. IAAF. ARAF Reinstatement Conditions and Verification Criteria [Internet]. Published 2015. Available at: <https://www.worldathletics.org/news/press-release/araf-reinstatement-verification-criteria> [accessed 29.07.2020].
5. **Iljukov S., Kauppi J.-P., Uusitalo A.L.T., Peltonen J.E., Schumacher Y.O.** Association Between Implementation of the Athlete Biological Passport and Female Elite Runners' Performance. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2020;15(9):1231–1236. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0643>
6. О внесении изменений в Общероссийские антидопинговые правила, утвержденные приказом Министерства спорта Российской Федерации от 9 августа 2016 г. № 947 [Интернет]. Режим доступа: [https://www.minsport.gov.ru/2018/order27\\_170119.pdf](https://www.minsport.gov.ru/2018/order27_170119.pdf) [дата доступа: 29.07.2020].
7. О внесении изменений в Уголовный кодекс Российской Федерации и Уголовно-процессуальный кодекс Российской Федерации (в части усиления ответственности за нарушение антидопинговых правил) [Интернет]: Федеральный закон от 22.11.2016 № 392-ФЗ. Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201611220029> [дата доступа: 29.07.2020].
8. **Ulrich R., Pope H.G.J., Cléret L., Petróczy A., Nepusz T., Schaffer J., et al.** Doping in Two Elite Athletics Competitions Assessed by Randomized-Response Surveys. *Sports Med.* 2018;48(1):211–219. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0765-4>
9. **de Hon O., Kuipers H., van Bottenburg M.** Prevalence of doping use in elite sports: a review of numbers and methods. *Sports Med.* 2015;45(1):57–69. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0247-x>
10. **Zvan M., Zenic N., Sekulic D., Cubela M., Lesnik B.** Gender- and Sport-Specific Associations Between Religiosity and Doping Behavior in High-Level Team Sports. *J. Relig. Health.* 2017;56(4):1348–1360. <https://doi.org/10.1007/s10943-016-0254-3>
11. **Sottas P.-E., Robinson N., Fischetto G., Dollé G., Alonso J.M., Saugy M.** Prevalence of blood doping in samples collected from elite track and field athletes. *Clin. Chem.* 2011;57(5):762–769. <https://doi.org/10.1373/clinchem.2010.156067>
12. **Bahr R., Tjørnholm M.** Prevalence of doping in sports: doping control in Norway, 1977–1995. *Clin. J. Sport Med.* 1998;8(1):32–37. <https://doi.org/10.1097/00042752-199801000-00008>

### References

1. IAAF. IAAF provisionally suspends Russian Member Federation ARAF. [Internet]. Published 2015. Available at: <https://www.worldathletics.org/news/press-release/iaaf-araf-suspended> [accessed 29.07.2020].
2. IAAF. ARAF accepts full suspension [Internet]. Published 2015. Available at: <https://www.worldathletics.org/news/press-release/araf-accepts-full-suspension> [accessed 29.07.2020].
3. AIU. Athletics integrity unit charges Russian athletics federation with obstructing an investigation and provisionally suspends several senior federation officials for tampering and complicity [Internet]. Published 2019. Available at: <https://www.athleticsintegrity.org/downloads/pdfs/know-us/en/AIU-Press-Release-RUSSIAN-ATHLETICS-FEDERATION.pdf> [accessed 29.07.2020].
4. IAAF. ARAF Reinstatement Conditions and Verification Criteria [Internet]. Published 2015. Available at: <https://www.worldathletics.org/news/press-release/araf-reinstatement-verification-criteria> [accessed 29.07.2020].
5. **Iljukov S., Kauppi J.-P., Uusitalo A.L.T., Peltonen J.E., Schumacher Y.O.** Association Between Implementation of the Athlete Biological Passport and Female Elite Runners' Performance. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2020;15(9):1231–1236. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0643>
6. Order on Amendments to the All-Russian Anti-Doping Rules, approved by order of the Ministry of Sports of the Russian Federation dated August 9, 2016 No. 947 [Internet]. Available at: [https://www.minsport.gov.ru/2018/order27\\_170119.pdf](https://www.minsport.gov.ru/2018/order27_170119.pdf) [accessed 29.07.2020]. (In Russ.).
7. Federal Law of November 22, 2016 No. 392-FZ “On Amendments to the Criminal Code of the Russian Federation and the Criminal Procedure Code of the Russian Federation (in terms of increasing liability for violation of anti-doping rules)” [Internet]. Available at: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201611220029> [accessed 29.07.2020]. (In Russ.).
8. **Ulrich R., Pope H.G.J., Cléret L., Petróczy A., Nepusz T., Schaffer J., et al.** Doping in Two Elite Athletics Competitions Assessed by Randomized-Response Surveys. *Sports Med.* 2018;48(1):211–219. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0765-4>
9. **de Hon O., Kuipers H., van Bottenburg M.** Prevalence of doping use in elite sports: a review of numbers and methods. *Sports Med.* 2015;45(1):57–69. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0247-x>
10. **Zvan M., Zenic N., Sekulic D., Cubela M., Lesnik B.** Gender- and Sport-Specific Associations Between Religiosity and Doping Behavior in High-Level Team Sports. *J. Relig. Health.* 2017;56(4):1348–1360. <https://doi.org/10.1007/s10943-016-0254-3>
11. **Sottas P.-E., Robinson N., Fischetto G., Dollé G., Alonso J.M., Saugy M.** Prevalence of blood doping in samples collected from elite track and field athletes. *Clin. Chem.* 2011;57(5):762–769. <https://doi.org/10.1373/clinchem.2010.156067>
12. **Bahr R., Tjørnholm M.** Prevalence of doping in sports: doping control in Norway, 1977–1995. *Clin. J. Sport Med.* 1998;8(1):32–37. <https://doi.org/10.1097/00042752-199801000-00008>

**Информация об авторах:**

**Безуглов Эдуард Николаевич**, ассистент кафедры спортивной медицины и медицинской реабилитации ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет), 119435, Россия, Москва, ул. Большая Пироговская, 2, стр. 9. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3828-0506>

**Талибов Олег Букарович**, к.м.н., доцент кафедры терапии, клинической фармакологии и скорой медицинской помощи ФГБУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 127473, Россия, Москва, ул. Десятская, 20/1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6381-2450>

**Хайтин Владимир Юрьевич**, к.м.н., врач команды, футбольный клуб «Зенит», 197002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 37. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9154-5174> (+7 (931) 000-02-08; [khaitinvladimir@gmail.com](mailto:khaitinvladimir@gmail.com))

**Лазарев Артемий Михайлович\***, врач-резидент, департамент медицины внутренних болезней, госпиталь «Маунт Синай», 10029, США, Чикаго, Иллинойс, Саус-Фэйрфилд авеню, 1500. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7189-0766>

**Information about the author:**

**Eduard N. Bezuglov**, M.D., Assistant Professor of the Department of Sports Medicine and Medical Rehabilitation of the Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 2, Bolshaya Pirogovskaya str., bldg. 4, Moscow, 119435, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3828-0506>

**Oleg B. Talibov**, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Department of Therapy, Clinical Pharmacology and Emergency Medical Care, Moscow State University of Medicine and Dentistry, 20/1, Delegatskaya str., Moscow, 127473 Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6381-2450>

**Vladimir Y. Khaitin**, M.D., Ph. D. (Medicine), Team Physician, Football Club "Zenit", 37, Professor Popov Str., Saint Petersburg, 197002, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9154-5174> (+7 (931) 000-02-08; [khaitinvladimir@gmail.com](mailto:khaitinvladimir@gmail.com))

**Artemii M. Lazarev\***, Resident physician, Department of Internal medicine, Mount Sinai Hospital, 1500, South Fairfield Ave, Chicago, 10029, Illinois, USA. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7189-0766>

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.3>

УДК 61.612.1/9

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original Article



## Психопрофилактика травм опорно-двигательного аппарата у спортсменов высокого класса

Е.И. Разумец

ФГБУ «Государственный научный центр «Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна»» Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

В статье представлено исследование переживаний травматического опыта спортсменами высокого класса (члены сборных команд Российской Федерации). Получены данные о субъективных ощущениях спортсменов, перенесших травму опорно-двигательной системы, выявлены закономерности в восприятии последствий травматического случая. Также получены данные об отношении спортсменов к травме в аспекте профессиональной деятельности. Проанализированная информация является важной составляющей в разработке персонализированных программ психопрофилактики повторного травматизма в спорте высших достижений.

**Цель исследования:** оценка психоэмоциональных переживаний травматического опыта спортсменами высокого класса в процессе реабилитационно-восстановительного лечения после травмы опорно-двигательной системы.

**Материалы и методы:** со спортсменами — членами спортивных сборных команд Российской Федерации, находящимися на стационарном лечении в отделении спортивной травматологии, было проведено специально разработанное медико-психологическое интервью с целью получения первичной субъективной информации от спортсмена о его представлении собственных переживаний травматического эпизода. Далее информация, полученная из интервью, была проанализирована и сгруппирована для дальнейшей оценки.

**Результаты:** полученные данные позволяют констатировать весомое влияние, оказываемое предыдущим травматическим опытом на дальнейшую жизнь и профессиональную деятельность спортсмена. Причем влияние может носить как отрицательный (страх, тревога, кинезиофобия, неуверенность в спорт-специфических движениях), так и положительный (приобретенные навыки совладания с травматическими переживаниями, получение новых знаний о своих физических и психологических возможностях) характер.

**Заключение:** таким образом, несмотря на разнообразие индивидуальных реакций спортсменов на травму, разные жизненные ситуации, виды спорта и травматические случаи, можно выделить общие закономерности в восприятии спортсменами высшей квалификации самой травмы, а также всего процесса восстановления и возвращения в спорт. Данная информация имеет большое значение как для минимизации негативного влияния спортивной травмы на психологическое восстановление спортсмена посредством переключения его внимания на выявление «положительных» следствий полученного повреждения, так и для профилактики повторного травматизма в спорте высших достижений.

**Ключевые слова:** спортивная психология, психология спортивной травмы, профилактика спортивного травматизма, спортсмены высокого класса

**Конфликт интересов:** автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Разумец Е.И. Психопрофилактика травм опорно-двигательного аппарата у спортсменов высокого класса. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2021;11(3):51–56. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.3>

Поступила в редакцию: 17.08.2021

Принята к публикации: 22.09.2021

Online first: 28.09.2021

Опубликована: 30.09.2021

## Psychological prevention of injuries of the musculoskeletal system in elite athletes

Elena I. Razumets

Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

### ABSTRACT

The article presents a study of traumatic experiences by high-class athletes (members of the Russian national teams). Data on the subjective sensations of athletes who have suffered from injury of the musculoskeletal system are obtained, patterns in the perception of the consequences of an injury event are revealed. Also we present data on the attitude of athletes to injury in the aspect of professional activity. The analyzed information is an important component in the development of personalized programs for the prevention of reinjury in elite sports.

**Objective:** to assess the psychoemotional experiences of sports trauma by elite athletes in the process of rehabilitation treatment after the musculoskeletal system injury.

**Materials and methods:** a specially developed medical and psychological interview was conducted with athletes-members of the sports national Russian Federation teams, who are inpatient treatment in the sports traumatology department, in order to obtain primary subjective information from the athlete about his presentation of his own experiences of a traumatic episode. Further, the information obtained from the interviews was analyzed and grouped for further evaluation.

**Results:** we state the significant influence exerted by the previous traumatic experience on the future life and professional activity of an athlete. Moreover, the influence can be both negative (fear, anxiety, kinesophobia, uncertainty in sports-specific movements) and positive (acquired skills of coping with traumatic experiences, gaining new knowledge about one's physical and psychological capabilities).

**Conclusions:** thus, despite the diversity of individual reactions of athletes to injury, different life situations, sports and traumatic events, it is possible to identify general patterns in the perception of elite athletes of the injury itself, as well as the entire process of recovery and return to sports. This information is very important both for minimizing the negative impact of a sports injury on the psychological recovery of an athlete by switching his attention to identifying the "positive" consequences of the injury, and for the prevention of repeated injuries in elite sports.

**Keywords:** sports psychology, psychology of sports injury, prevention of sports injuries, high-class athletes

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

**For citation:** Razumets E.I. Psychological prevention of injuries of the musculoskeletal system in elite athletes. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*.2021;11(3):51–56 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.3>

**Received:** 17 August 2021

**Accepted:** 22 September 2021

**Online first:** 28 September 2021

**Published:** 30 September 2021

## 1. Введение

В мировой литературе выделяют несколько видов различных психологических вмешательств, призванных снизить риск получения травмы в результате изменения реакции на стресс. Различные программы, такие как сессии когнитивно-поведенческой терапии [1, 2], подход «осознанность — принятие — выполнение обязательств» [3], групповые тренинги психологических навыков [4], использовались для снижения риска травм. В целом все эти вмешательства основаны на предположениях Уильямс и Андерсена [5], а также Грумса и Онате [6] о том, что вмешательства должны быть сосредоточены на нейрокогнитивных процессах, таких как внимание, память. Нейрокогнитивные процессы, в свою очередь, влияют на управление движением, зрительно-моторную функцию и восприимчивость к травмам [7, 8].

За последние десятилетия был проведен ряд исследований эффективности психокоррекционных мероприятий в снижении риска возникновения спортивных травм [9]. Помимо вида самого вмешательства, крайне важно учитывать, что существуют еще и объективные факторы, влияющие на результат исследования. Например, вполне вероятно, что эффект профилактических вмешательств связан с количеством психокоррекционных сессий до того момента, как поведение пациента изменяется на желаемое [10, 11]. Другим фактором, который может повлиять на результаты исследований психокоррекции, является методологическое качество исследования.

В различных исследованиях используются несколько подходов к психокоррекционному вмешательству, таких как когнитивно-поведенческая терапия и тренинги психологических навыков. Независимо от подхода, эти исследования показывают умеренный или значительный эффект, предполагая, что вмешательства были

успешными. Различные подходы к психологическому вмешательству могут быть одинаково эффективными в ряде различных контекстов, как это подтверждают, например, Липси и Уилсон [12]. В проведенном мета-анализе, включающем 302 исследования, они показали, что между подходами нет различий в эффективности. Из 302 исследований только шесть дали отрицательный эффект (то есть вмешательство имело негативный эффект для участников экспериментальной группы). Учитывая, что большинство подходов эффективны, предполагается, что возможность обсуждать вопросы повседневной жизни со специалистом в области психологии является одним из ключевых факторов в программах профилактики травматизма [13].

При изучении методов профилактики травматизма в спорте высших достижений необходимо учитывать тот факт, что большинство спортсменов с высокой вероятностью уже имели в прошлом травмы. Поэтому, применяя методы психологической коррекции, профилактики, обучения навыкам саморегуляции, важно опираться на индивидуальный травматический опыт, способы его переживания, использованные спортсменом ранее, успешность восстановления и возвращения в спорт.

## 2. Материалы и методы

С целью оценки переживаний травматического опыта спортсменами высокого класса было проведено исследование среди спортсменов, получивших травму.

Мы провели медико-психологическое интервью со спортсменами, находящимися на стационарном лечении в отделении спортивной травматологии. Набор вопросов был специально разработан с целью получения первичной субъективной информации от спортсмена о его представлении собственных переживаний травматического эпизода.

Перед началом интервью с каждым спортсменом была проведена подготовительная беседа, где объяснялись цели интервью, получалось согласие на проведение психодиагностики при условии сохранения анонимности, устанавливался доверительный контакт.

Ответы на каждый из вопросов фиксировались медицинским психологом. В дальнейшем информация, полученная из интервью, была проанализирована и сгруппирована для дальнейшей оценки.

В медико-психологическом интервью приняли участие 139 спортсменов — членов сборных команд Российской Федерации (75 мужчин, 64 женщины, средний возраст —  $23,23 \pm 4,54$  года).

### 3. Результаты и их обсуждение

Мы проанализировали ответы респондентов на каждый из вопросов интервью. Ответы были сгруппированы по общим признакам и представлены в процентном соотношении от общего количества данных ответов на круговых диаграммах.

На вопрос «Почему выбрали этот вид спорта?» 42 человека (30 %) ответили, что их в спорт привели родители и другие родственники («привела бабушка», «брат занимался, пошла с ним» и др.). 32 человека (23 %) пришли вместе с друзьями в основном за компанию и остались заниматься. 26 человек (19 %) рассказали, что в школу, где они учились, пришел тренер и пригласил заниматься в секцию. 39 человек (28 %) называли различные причины, среди которых встречались такие ответы: «У нас в регионе все занимаются этим спортом» — преимущественно о единоборствах и лыжных видах спорта; «Перешел из другого вида спорта»; «Понравился, красивый вид спорта» — так отвечали спортсмены, пришедшие к занятиям спортом в старшем возрасте.

На уточняющий вопрос об осознанности выбора занятий спортом все спортсмены (139 человек) ответили положительно. Необходимо отметить, что к этому вопросу давалось пояснение — подразумевалось осознанное продолжение занятий спортом после попадания в секцию или школу и ознакомления с данным видом спорта.

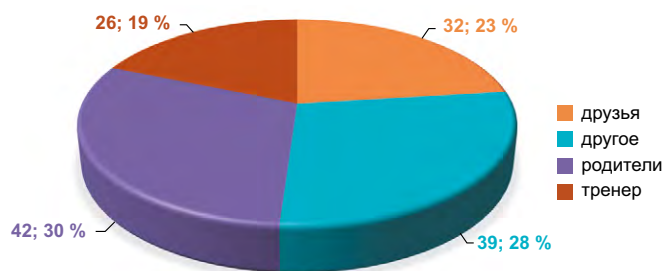


Рис. 1. Распределение ответов на вопрос «Почему выбрали этот вид спорта?»

Fig. 1. Distribution of answers to the question "Why did you choose this sport?"

Предположительно такое единогласие связано с высокой квалификацией спортсменов. Осознанность занятий спортом, проявление интереса сформировало высокую спортивную мотивацию, что привело к успешному результату.

При ответе на вопрос о дальнейших профессиональных целях 83 спортсмена (60 %) называют спортивные достижения, такие как квалификация, выступление и победа на чемпионате мира, Европы, Олимпийских играх, а также описывают цели, связанные с установлением мировых, региональных и личных рекордов.

42 человека (30 %) главной целью называют восстановление после травмы, при этом обозначаются конкретные задачи — начать ходить без костылей, восстановить объем движения, «чтоб не болело» и пр.

14 спортсменов (10 %) на вопрос о целях отвечали, что они не знают или не задумывались пока над этим. При этом каждый из 14 человек говорил о возможном завершении спортивной карьеры.

Таким образом, подавляющее большинство спортсменов воспринимают этап восстановления после травмы как одну из составляющих спортивной деятельности и не сомневаются в успешном исходе, так как их цели направлены на спортивную деятельность, отсроченную по причине травмы. Тем не менее это не является критерием отсутствия признаков психологической дезадаптации, поскольку наряду с абстрактной уверенностью в успешном возвращении спортсмены, имеющие в анамнезе повреждения (в нашем исследовании только 7 человек не имели ранее травм), отмечают влияние травмы на дальнейшую жизнь, восприятие спортивной деятельности и профессиональную успешность. Ответы на вопрос о влиянии травмы отражены на рисунке 3.

На данный вопрос дали ответ 132 человека, имевшие ранее спортивные травмы. 53 спортсмена (40 %) отметили, что приобрели опыт переживания травмы, что выражалось в ответах: «Теперь я знаю, каково это», «В этот раз не так страшно, потому что уже проходил все это», «Знаю, что делать», «Знаю, что смогу вернуться» и др. Ответы, связанные с получением опыта, характеризуют

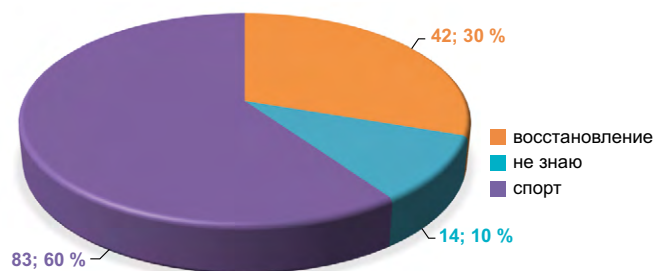


Рис. 2. Распределение ответов на вопрос «Какие профессиональные цели перед собой ставите?»

Fig. 2. Distribution of answers to the question "What professional goals do you set for yourself?"

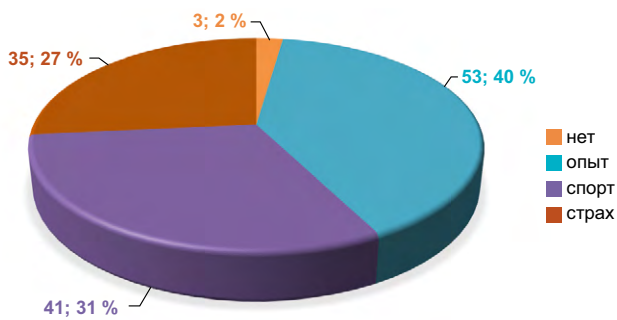


Рис. 3. Распределение ответов на вопрос «Повлияла ли спортивная травма на вашу профессиональную успешность, если да, то как?»

Fig. 3. Distribution of answers to the question "Has a sports injury affected your professional success, if so, how?"

скорее положительное влияние предыдущей травмы. Подобный феномен также был обнаружен в диссертационном исследовании 2017 г., где спортсмены ретроспективно оценивали влияние травмы на свою профессиональную успешность и показали, как отрицательное (завершение карьеры, ухудшение результата), так и положительное (усиление спортивной мотивации и, как следствие, повышение результативности) влияние травматического опыта [14].

Несмотря на высокий (40 %) процент спортсменов, отметивших приобретение нового опыта, нельзя рассматривать травматический случай исключительно в положительном аспекте влияния на психологическое состояние спортсмена. 35 человек (27 %) при ответе на вопрос о влиянии травмы говорили о появлении и сохранении чувства тревоги, страха повторной травматизации, кинезиофобии (ответы «Появилась боязнь прыгать», «Теперь все время неуверенность в ноге», «Боюсь нормально захватить мяч этой рукой и не иду в контакт» и др.).

41 спортсмен (31 %) связывал негативное влияние травмы с вынужденным пропуском соревнований,

важного тренировочного этапа (ответы «Расстроился, что пропущу чемпионат мира», «Не смогу участвовать в квалификации на Олимпийские игры», «Потеряю место в основном составе, и не факт, что потом возьмут в сборную» и др.).

3 человека (2 %) ответили, что травма не повлияла на дальнейшую жизнь. При уточнении о тяжести полученной ранее травмы все 3 спортсмена отметили легкую степень повреждения, не вынуждающую надолго прекращать спортивную деятельность.

Таким образом, можно констатировать как положительное (40 %), так и отрицательное (31 %) влияние травматического случая на дальнейшую жизнь и карьеру спортсменов.

На вопрос «Что Вам помогает сейчас справляться с переживаниями, вызванными травмой?» не удалось выделить какие-либо группы по одному ответу — все спортсмены описывали смешанные способы совладания с переживаниями, среди которых влияние таких факторов, как социальная поддержка (семья, друзья, тренер, партнеры по команде), навыки самонастроя и саморегуляции, опыт переживания предыдущих травм, а также положительные примеры восстановления других спортсменов, доверие к медицинскому персоналу, сравнение своей травмы с более тяжелыми повреждениями.

Вопрос «Что Вы посоветовали бы спортсмену, получившему травму?» также вызвал большое количество смешанных ответов, однако удалось сгруппировать их по сходным признакам. Результаты представлены в таблице. Большинство спортсменов давали несколько ответов.

Наибольшее количество ответов (70) было связано с эмоциональной поддержкой. 58 ответов были посвящены доверию к врачу и соблюдению режима восстановления.

47 человек призывали травмированного спортсмена использовать ситуацию для своей пользы: набрать опыта, получить новые знания о своем организме,

Таблица

Ответы спортсменов на вопрос «Что Вы посоветовали бы спортсмену, получившему травму?»

Table

Athletes' answers to the question "What advice would you give to an injured athlete?"

№ п/п	Формулировка ответов	Количество ответов
1	Эмоциональная поддержка («Не сдаваться», «Верить в себя и в лучшее»)	70
2	Комплаентность («Соблюдать режим», «Слушать врача», «Быть уверенным, что тебе помогут, доверять»)	58
3	Использование ситуации («Набираться нового опыта», «Получить знания о травмах», «Учиться»)	47
4	Отдых («Перезагрузиться», «Остановиться и подумать», «Отдохнуть и соскучиться по спорту»)	36
5	Спорт («Не бросать спорт», «Думать о своей команде/тренере»)	32



травмах и возможностях восстановления. 36 человек предложили воспользоваться вынужденным перерывом в тренировках для отдыха, «перезагрузки», а также «прислушаться к себе, подумать, почему случилась травма». 32 ответа были связаны со спортом — призывы не бросать тренировки, думать о своей команде.

#### 4. Заключение

Проведенный анализ позволяет с уверенностью говорить о сильном влиянии, оказываемом предыдущим травматическим опытом на дальнейшую жизнь и профессиональную деятельность спортсмена. Причем влияние может носить как отрицательный (страх, тревога, кинезиофобия, неуверенность в спорт-специфических движениях), так и положительный (приобретенные навыки совладания с травматическими переживаниями, получение новых знаний о своих физических и психологических возможностях) характер.

Вызывает большой практический интерес выявленный факт восприятия спортсменами травмы

#### Вклад автора:

**Разумец Елена Игоревна** — планирование исследования, разработка медико-психологического интервью, проведение исследования, обработка и анализ результатов, написание текста статьи.

#### Список литературы

1. Olmedilla-Zafra A., Rubio V.J., Ortega E., García-Mas A. Effectiveness of a stress management pilot program aimed at reducing the incidence of sports injuries in young football (soccer) players. *Phys. Ther. Sport.* 2017;24:53–59. <https://doi.org/10.1016/j.pts.2016.09.003>
2. Харитонов С.В. Руководство по когнитивно-поведенческой психотерапии. М.: Психотерапия; 2009. 173 с.
3. Ivarsson A., Johnson U., Andersen M.B., Tranaeus U., Stenling A., Lindwall M. Psychosocial Factors and Sport Injuries: Meta-analyses for Prediction and Prevention. *Sports Med.* 2017;47(2):353–365. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0578-x>
4. Tranaeus U., Johnson U., Engström B., Skillgate E., Werner S. A psychological injury prevention group intervention in Swedish floorball. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2015;23(11):3414–3420. <https://doi.org/10.1007/s00167-014-3133-z>
5. Williams J., Andersen M. Psychosocial antecedents of sport injury: review and critique of the stress and injury model. *J. Appl. Sport Psychol.* 1998;10(1):5–25. <https://doi.org/10.1080/10413209808406375>
6. Grooms D.R., Onate J.A. Neuroscience Application to Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention. *Sports Health.* 2016;8(2):149–152. <https://doi.org/10.1177/1941738115619164>
7. Ivarsson A., Johnson U., Andersen M.B., Fallby J., Altemyr M., et al. It pays to pay attention: a mindfulness based program for injury prevention with soccer players. *J. Appl. Sport Psychol.* 2015;27(3):319–334. <https://doi.org/10.1080/10413200.2015.1008072>
8. Clement D., Granquist M., Arvinen-Barrow M. Psychosocial aspects of athletic injuries as perceived by athletic trainers. *J. Athletic Train.* 2013;48(4):512–521. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-48.3.21>

как рядового события, являющегося одним из элементов спортивной деятельности. Большинство спортсменов, находясь на стационарном лечении, своей целью определяют не восстановление и возвращение в спорт, а профессиональные достижения, связанные с будущими спортивными событиями. Такой феномен представляет интерес для дальнейших исследований восприятия спортсменами высокого класса травматического события и его места в спортивной карьере [15].

Таким образом, несмотря на разнообразие индивидуальных реакций спортсменов на травму, разные жизненные ситуации, виды спорта и травматические случаи, можно выделить общие закономерности в восприятии спортсменами высшей квалификации самой травмы, а также всего процесса восстановления и возвращения в спорт. Знание этих тенденций позволяет более качественно изучить специфику спортивной травмы с целью применения наиболее эффективных и персонализированных методик психологической профилактики спортивного травматизма.

#### Author's contribution:

**Elena I. Razumets** — planning a study, developing a medical and psychological interview, conducting a study, processing and analyzing the results, writing the text of an article.

#### References

1. Olmedilla-Zafra A., Rubio V.J., Ortega E., García-Mas A. Effectiveness of a stress management pilot program aimed at reducing the incidence of sports injuries in young football (soccer) players. *Phys. Ther. Sport.* 2017;24:53–59. <https://doi.org/10.1016/j.pts.2016.09.003>
2. Kharitonov S.V. A Guide to Cognitive Behavioral Psychotherapy. Moscow: Psikhoterapiya Publ.; 2009. 173 p. (In Russ.).
3. Ivarsson A., Johnson U., Andersen M.B., Tranaeus U., Stenling A., Lindwall M. Psychosocial Factors and Sport Injuries: Meta-analyses for Prediction and Prevention. *Sports Med.* 2017;47(2):353–365. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0578-x>
4. Tranaeus U., Johnson U., Engström B., Skillgate E., Werner S. A psychological injury prevention group intervention in Swedish floorball. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2015;23(11):3414–3420. <https://doi.org/10.1007/s00167-014-3133-z>
5. Williams J., Andersen M. Psychosocial antecedents of sport injury: review and critique of the stress and injury model. *J. Appl. Sport Psychol.* 1998;10(1):5–25. <https://doi.org/10.1080/10413209808406375>
6. Grooms D.R., Onate J.A. Neuroscience Application to Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention. *Sports Health.* 2016;8(2):149–152. <https://doi.org/10.1177/1941738115619164>
7. Ivarsson A., Johnson U., Andersen M.B., Fallby J., Altemyr M., et al. It pays to pay attention: a mindfulness based program for injury prevention with soccer players. *J. Appl. Sport Psychol.* 2015;27(3):319–334. <https://doi.org/10.1080/10413200.2015.1008072>
8. Clement D., Granquist M., Arvinen-Barrow M. Psychosocial aspects of athletic injuries as perceived by athletic trainers. *J. Athletic Train.* 2013;48(4):512–521. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-48.3.21>

9. **Brewer B.W.** Psychology of sport injury rehabilitation. In: Tenenbaum G., Eklund R.C., eds. Handbook of sport psychology. New York: Wiley; 2007:404–424. <https://doi.org/10.1002/9781118270011.ch18>

10. **Stiles W.B., Barkham M., Connell J., Mellor-Clark J.** Responsive regulation of treatment duration in routine practice in United Kingdom primary care settings: replication in a larger sample. *J. Consult. Clin. Psychol.* 2008;76(2):298–305. <https://doi.org/10.1037/0022-006X.76.2.298>

11. **Whipple J.L., Lamber M.J., Vermeersch D.A., Smart D.W., Nielsen S.L., Hawkins E.J.** Improving the effects of psychotherapy: The use of early identification of treatment and problem-solving strategies in routine practice. *J. Couns. Psychol.* 2003;50(1):59–68. <https://doi.org/10.1037/0022-0167.50.1.59>

12. **Lipsey M.W., Wilson D.B.** The efficacy of psychological, educational, and behavioral treatment. Confirmation from meta-analysis. *Am. Psychol.* 1993;48(12):1181–209. <https://doi.org/10.1037//0003-066x.48.12.1181>

13. **Travert M., Maïano C., Griffet J.** Understanding injuries in sports: Self-reported injury and perceived risk of injury among adolescents. *Eur. Rev. Appl. Psychol.* 2017;67(6):291–298. <https://doi.org/10.1016/j.erap.2017.10.002>

14. **Бакуняева Д.С.** Значение травмы в профессиональной подготовке спортсменов высших достижений. *Спортивный психолог.* 2016;(3):38–41.

15. **Стамбулова Н.Б.** Психология спортивной карьеры. СПб.: Центр карьеры; 1999. 162 с.

9. **Brewer B.W.** Psychology of sport injury rehabilitation. In: Tenenbaum G., Eklund R.C., eds. Handbook of sport psychology. New York: Wiley; 2007:404–424. <https://doi.org/10.1002/9781118270011.ch18>

10. **Stiles W.B., Barkham M., Connell J., Mellor-Clark J.** Responsive regulation of treatment duration in routine practice in United Kingdom primary care settings: replication in a larger sample. *J. Consult. Clin. Psychol.* 2008;76(2):298–305. <https://doi.org/10.1037/0022-006X.76.2.298>

11. **Whipple J.L., Lamber M.J., Vermeersch D.A., Smart D.W., Nielsen S.L., Hawkins E.J.** Improving the effects of psychotherapy: The use of early identification of treatment and problem-solving strategies in routine practice. *J. Couns. Psychol.* 2003;50(1):59–68. <https://doi.org/10.1037/0022-0167.50.1.59>

12. **Lipsey M.W., Wilson D.B.** The efficacy of psychological, educational, and behavioral treatment. Confirmation from meta-analysis. *Am. Psychol.* 1993;48(12):1181–209. <https://doi.org/10.1037//0003-066x.48.12.1181>

13. **Travert M., Maïano C., Griffet J.** Understanding injuries in sports: Self-reported injury and perceived risk of injury among adolescents. *Eur. Rev. Appl. Psychol.* 2017;67(6):291–298. <https://doi.org/10.1016/j.erap.2017.10.002>

14. **Bakunyaeva D.S.** The importance of trauma in the professional training of elite athletes. *Sportivnyi psikholog = Sports psychologist.* 2016;(3):38–41 (In Russ.).

15. **Stambulova N.B.** Psychology of sports career. St. Petersburg: Tsentr kar'ery Publ.; 1999. 162 p. (In Russ.).

#### Информация об авторе:

**Елена Игоревна Разумец**, медицинский психолог Центра спортивной травматологии и реабилитации ФГБУ «Государственный научный центр «Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна»» Федерального медико-биологического агентства, 123098, Россия, Москва, ул. Гамалеи, д. 15. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0325-4220> (+7 (903) 184-81-38; [razumets\\_elena@mail.ru](mailto:razumets_elena@mail.ru))

#### Information about the author:

**Elena I. Razumets**, Medical psychologist of the Center of Sports Traumatology and Rehabilitation of Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 15, Gamalei str., Moscow, 123098, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0325-4220> (+7 (903) 184-81-38; [razumets\\_elena@mail.ru](mailto:razumets_elena@mail.ru))

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.4>

УДК 612.821

Тип статьи: Обзор литературы / Review



## Некоторые особенности питания и физической активности игроков, выступающих в киберспорте

Д.Б. Никитюк<sup>1</sup>, И.В. Кобелькова<sup>1</sup>, М.М. Коростелева<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup> ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГАУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

Учитывая быстрорастущую популярность видеоигр и ускоряющийся рост индустрии киберспорта, необходимо проведение научных исследований, направленных на изучение их влияния на состояние здоровья. Количество времени, которое киберспортсмены проводят сидя за компьютерной техникой, может оказывать потенциально негативное влияние, включая более высокий риск травм и хронических заболеваний опорно-двигательного аппарата, в первую очередь мышц воротниковой зоны и шейного отдела позвоночника, нарушение зрения, туннельный запястный синдром. Ряд исследований показал, что чрезмерное увлечение видеоиграми может привести к широкому спектру негативных психических и социальных последствий, таких как утрата интереса к внешней деятельности, социальная самоизоляция, нарушение сна, низкая успеваемость, раздражительность, агрессия, семейные конфликты, неудовлетворенность повседневной жизнью и снижение памяти. Дальнейшие исследования в этой области необходимы для анализа информации об особенностях пищевого поведения, уровня физической нагрузки, энерготратах, пищевого статуса киберспортсменов с целью выявления возможного потенциала для улучшения состояния здоровья, показателей выносливости, спортивной производительности.

**Ключевые слова:** киберспорт, физическая активность, пищевое поведение, выносливость

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

**Для цитирования:** Никитюк Д.Б., Кобелькова И.В., Коростелева М.М. Некоторые особенности питания и физической активности игроков, выступающих в киберспорте. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2021;11(3):57–63. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.4>

Поступила в редакцию: 23.06.2021

Принята к публикации: 21.09.2021

Online first: 29.09.2021

Опубликована: 30.09.2021

\* Автор, ответственный за переписку

## Some eating habits and physical activity of players performing in e-sports

Dmitry B. Nikitjuk<sup>1</sup>, Irina V. Kobel'kova<sup>1</sup>, Margarita M. Korosteleva<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup> Federal Researcher Centre of Nutrition and Biotechnology, Moscow, Russia

<sup>2</sup> RUDN University, Moscow, Russia

### ABSTRACT

Reading the rapidly growing popularity of video games and the accelerating growth of the esports industry requires research into its potential health benefits or harms. The amount of time that esports players spend sitting at computer equipment can have potential negative consequences, including a higher risk of injuries and chronic diseases, of the musculoskeletal system, primarily the muscles of the neck area and cervical spine, visual impairment, and carpal tunnel syndrome. A number of studies have shown that excessive addiction to video games can lead to a wide range of negative mental and then social consequences, such as loss of interest in external activities, social isolation, sleep disturbance, poor academic performance, irritability, aggression, family conflicts, dissatisfaction with everyday life, and decreased memory. Further research in this area is necessary to analyze information about the characteristics of eating behavior, level of physical activity, energy expenditure, body composition of e-sportsmen in order to identify possible potential for improving health, endurance indicators, and sports performance.

**Keywords:** e-sports, physical activity, eating behavior, endurance

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

**For citation:** Nikitjuk D.B., Kobelkova I.V., Korosteleva M.M. Some eating habits and physical activity of players performing in e-sports. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2021;11(3):57–63 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.4>

**Received:** 23 June 2021

**Accepted:** 21 September 2021

**Online first:** 29 September 2021

**Published:** 30 September 2021

\* Corresponding author

Киберспорт имеет ряд черт, сходных с традиционными видами спорта, таких как дух соревнования, структурный состав команд, необходимость повышения выносливости и результативности тренировок, а также предотвращение мышечного и психоэмоционального перенапряжения. Число исследований, посвященных электронному спорту, относительно невелико, хотя в последние годы в этом направлении наблюдается значительный рост. Подчеркивание сходства между электронным и традиционными видами спорта необходимо для того, чтобы медицинское сообщество осознало необходимость профессионального медико-биологического сопровождения нового вида спорта [1, 2].

В Китае киберспорт утвержден в 2003 году, а с 2017 года был включен в Азиатские игры по боевым искусствам и станет официальным соревновательным видом спорта на 19-х Азиатских играх в Ханчжоу в 2022 году. В США киберспортсмены считаются профессиональными спортсменами с 2013 года [3].

По результатам опроса 1319 игроков, посвященно изучению процессов обучения в киберспорте, обнаружено, что наиболее важными считаются такие отличительные качества, как умение работать в команде, концентрация и опережающее мышление. В качестве основных составляющих обучения были определены игровая механика, тактика, коммуникация и точность движений. Kari и соавт. при исследовании 115 элитных киберспортсменов установили, что среднее время тренировок составляет 5,28 часа в день (примерно 37 часов в неделю) [4]. Другие исследователи отмечают, что игроки проводят за компьютером в среднем 25 часов в неделю в зависимости от рейтинга и профессионализма (уровень хобби: 21,8 ч/нед; профессиональный уровень: 27,7 ч/нед; любительский уровень: 28,5 ч/нед) [5]. Четкой классификации по жанру игр в киберспорте нет. В различных источниках информации они сгруппированы в следующие категории.

Игра «Стрелок (от первого лица)» (FSP, first person shooter) — жанр компьютерных игр, в которых игровой процесс основывается на сражениях с использованием огнестрельного или любого другого оружия от первого лица, то есть чтобы игрок воспринимал происходящее глазами главного героя (через прицел). Примеры популярных игр в этом жанре включают CS:GO, Call of Duty, Doom и Halo.

Бои — жанр включает в себя боевую игру между персонажами, которые управляются другими игроками или искусственным интеллектом игры. Эти игры

характеризуются быстрой последовательностью нажатий кнопок или движений мыши. Примеры — Mortal Kombat и Street Fighter.

Спортивные игры представляют собой виртуальную симуляцию реальных видов спорта. Международная федерация футбольных ассоциаций (FIFA) — одна из самых популярных спортивных игр-симуляторов. Из других спортивных игр в киберспорте следует отметить американский футбол, хоккей, баскетбол и др.

Многопользовательская онлайн-арена боевых действий (MOBA, multiplayer online battle arena) — это стратегический бой между двумя небольшими командами игроков, каждая из которых пытается защитить свою базу и уничтожить базу противника. League of Legends является одной из самых популярных киберспортивных игр в мире, а King of Glory — в Китае.

Массовая многопользовательская онлайн-ролевая игра (MMORPG, massive multi player online role-playing game) — одна из самых структурированных игр, позволяющая тысячам людей играть онлайн одновременно. Игроки развивают своих персонажей в виртуальном мире с помощью различных заданий и сражений, и игровой мир продолжает работать, даже когда игроки находятся вдали от своего устройства. World of Warcraft — одна из самых популярных MMORPG.

Игры на выживание (королевские битвы, battle royale) включают в себя формат «игроки против игроков». Большое количество игроков сражаются за то, чтобы стать последним выжившим и победить. Примером могут служить PUBG и Fortnite.

В различных киберспортивных играх по всему миру участвуют до ста миллионов игроков. Однако любители киберспорта — это не только игроки (геймеры), но и многочисленные зрители. Киберспорт смотрят сотни миллионов человек, и это число постоянно растет: общая аудитория киберспорта в 2017 году оценивалась в 385 миллионов человек, из которых 191 миллион были фанатами киберспорта и 194 миллиона — случайными зрителями. В среднем зритель просматривает 19 сеансов в месяц продолжительностью 2.2 часа, без учета времени самостоятельной игры или работы за компьютером. Прямая трансляция позволяет зрителям смотреть соревнования в прямом эфире по всему миру в любое время. Существует множество платформ для киберспорта, таких как Twitch, Youtube Gaming и Steam TV. Степень распространения характеризуется количеством игроков, включая профессионалов и любителей; зрителей, телевизионных программ и онлайн-трансляций. Следствием

сидячего образа жизни является повышение риска развития избыточной массы тела и ожирения [6–8].

С точки зрения здравоохранения необходимо обратить внимание на случаи, когда время, потраченное на игры, становится чрезмерным. Основная цель профилактики заболеваемости вследствие низкой физической активности состоит в том, чтобы свести к минимуму вред как для игроков (любителей и профессионалов), так и для зрителей (телевизионной аудитории и подписчиков в социальных сетях). Однако в настоящее время информация о последствиях для здоровья, связанных с занятием киберспортом, недостаточно.

В июне 2018 года Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) включила «игровые расстройства» с онлайн- и офлайн-вариантами в Международную классификацию болезней (МКБ-11). Для них характерно нарушение самоконтроля во время игры, повышение приоритета игры над другими интересами и повседневной деятельностью, а также продолжение игры, несмотря на возникновение негативных последствий. Это приводит к значительным нарушениям в личной, семейной, социальной, образовательной, профессиональной и других важных областях реальной жизни [9–11]. Повышенный риск может быть связан с частотой включения в игры, количеством времени в сутки, затраченным на виртуальные тренировки, пренебрежением другими видами деятельности и приоритетами, рискованным поведением, связанным с игрой или ее контекстом, неблагоприятными последствиями длительного нахождения за монитором или комбинацией этих факторов. Игровое поведение часто сохраняется, несмотря на осознание повышенного риска причинения вреда человеку или окружающим. Исследования показали, что уровень распространенности зависимости от игр среди молодежи в азиатских странах колебался от 10 до 15 %, а в некоторых западных странах — от 1 до 10 % [12–14].

Зависимость от компьютерных игр может сопровождаться проблемами психического здоровья: тревожными и обсессивно-компульсивными расстройствами, суицидальными идеями, поведением, связанным с употреблением психоактивных веществ. В частности, была обнаружена линейная зависимость между средней продолжительностью видеоигры и употреблением алкоголя и наркотиков у совершеннолетних игроков в Норвегии [15]. Ряд исследований указывает на то, что видеоигры с «жестоким» контентом могут вызвать агрессивное поведение игроков, особенно детей младшего возраста и подростков. Также есть данные, что мужчины более склонны к агрессии, чем женщины. У некоторых подростков возникают проблемы с учебной деятельностью, снижается мотивация к обучению, если они мечтают добиться мирового признания в электронном спорте [14, 16–18]. Однако очень немногие игроки достигают профессионального уровня игры: из 1,5 миллиарда современных геймеров только несколько тысяч достигают профессионального конкурентного статуса. В случае

неудачи в карьере киберспортсмена низкий уровень образования может быть барьером, препятствующим развитию личного успеха и достижениям в других областях деятельности [19].

Профессиональные киберспортсмены подвергаются воздействию не только психических факторов, но и специфических физических нагрузок. Для того чтобы добиваться хороших результатов на международных турнирах, они проводят ежедневные многочасовые тренировки, занимающие большую часть их повседневной жизни. В большинстве случаев им приходится сидеть в течение длительного времени (от 5 до 15 часов) в вынужденной позе без иной физической активности. При этом во время напряженных турниров частота сердечных сокращений может сильно увеличиваться, достигая 160–180 ударов в минуту. Кроме того, мышцы спины и шеи постоянно напряжены из-за сохранения вынужденной сидячей позы, а мышцы кистей рук совершают до 400 кликов или нажатий клавиш в минуту, демонстрируя сложные и скоординированные навыки и модели движения [20, 21].

Распространенными жалобами киберигроков являются тромбоз глубоких вен нижних конечностей, туннельный кистевой синдром, болезненность мышц спины. Кроме того, начинающие игроки, стремящиеся стать профессиональными спортсменами, начинают тренироваться в подростковом возрасте — периоде бурного роста, когда низкий уровень физической активности и длительное статическое положение в позе «сидя» может привести к нарушению формирования опорно-двигательного аппарата [22, 23].

С другой стороны, было высказано предположение, что профессиональные киберспортивные игроки отличаются от обычных геймеров тем, что они более дисциплинированы и принимают меры, чтобы снизить вероятность влияния отрицательных факторов на здоровье. Еще более ярко в киберспорте проявляются когнитивные проблемы. Познавательные ресурсы необходимы для изучения, тренировки и формирования набора специальных навыков. Игровая нагрузка во время киберспортивных сессий требует активации различных функций высшей нервной деятельности, включая внимание (например, разделение и переключение внимания), восприятие и обработку информации (быстрое время реакции) и зрительно-пространственные навыки (навигацию в виртуальной среде) [24–26].

Из имеющихся в литературе данных, свидетельствующих о негативном влиянии неоптимального сна на когнитивные показатели и настроение, следует, что сон может быть важной детерминантой эффективности в киберспорте. Например, участники, спавшие не более 5 ч в сутки в течение 7-дневного периода, имели повышенные показатели по шкале усталости, спутанности сознания, напряжения и общего нарушения настроения [27]. Исследования показывают, что недостаточное время сна у подростков, а также длительное использование

гаджетов являются предикторами депрессивных симптомов и тревоги и эмоционального выгорания в спорте, что особенно актуально, учитывая молодой возраст многих киберспортсменов. Комбинация позднего отхода ко сну и продолжительного периода тренировки/соревнования приводят к тому, что большинство киберспортсменов спят менее 7 часов [28, 29].

Принимая во внимание низкую гигиену сна (например, склонность к использованию гаджетов поздно ночью, сопровождающуюся регулярным употреблением кофеинсодержащих напитков, а также воздействие «голубого света» от экранов), для повышения спортивной производительности и выносливости оправданы рекомендации по улучшению качества и продолжительности сна. Тренерами команды также могут быть реализованы другие командные социальные и поведенческие стратегии, например контроль соблюдения режима тренировок, отдыха и продолжительности сна [30].

В последнее время увеличилось количество исследований влияния хронотипа на спортивные результаты. Очевидно, что индивидуальный хронотип и расписание тренировок могут повлиять на выносливость и производительность. Например, киберспортсмены вечернего типа, которые тренируются и участвуют в матчах во второй половине дня, с меньшей вероятностью будут испытывать нарушения сна и работоспособности, поскольку время их соревнований и хронотипы совпадают. Однако те же спортсмены, участвующие в запланированных ранних по времени матчах, будут подвержены более высокому риску снижения результативности [31–33].

Известно, что дозированная физическая нагрузка положительно влияет на когнитивные функции, повышая специфическую выносливость, что ведет к увеличению производительности и эффективности тренировочного процесса [34–36]. Аэробные нагрузки повышают концентрацию нейротрофического фактора мозга и сосудистого эндотелиального фактора роста в сыворотке крови, увеличивают кровоснабжение тканей головного мозга, что приводит к улучшению его снабжения кислородом и оптимизации нейротрофических процессов.

ВОЗ рекомендует уделять физическим упражнениям минимум 150 минут в неделю. Результаты изучения показывают, что коэффициент физической активности у 80,3 % киберигроков вне игровой деятельности не соответствуют рекомендациям ВОЗ [37]. Наибольшую долю выборки в этом исследовании составили участники из США и Австралии. Приблизительно 78 % ( $n = 225$ ) американских и 74 % ( $n = 128$ ) австралийских киберспортсменов не уделяли достаточно времени занятиям физической культурой, так же как 40 и 30,4 % общей популяции этих стран. При этом было установлено, что элитные киберспортсмены в рамках своего тренировочного режима тратят ежедневно на физические упражнения до 1,08 ч. Некоторые спортсмены включают физическую нагрузку в качестве фактора, направленного на улучшение игрового процесса и управление

стрессом. При этом только 6–9 % киберспортсменов сообщают, что занимаются физическими упражнениями ради предполагаемого улучшения своей игровой результативности, в то время как 32–47 % делают это для поддержания здоровья [4, 38, 39].

Исследования показали, что увеличение количества времени, проведенного за видеоиграми в выходные дни, было связано с повышенным риском ожирения, при этом более высокие уровни зависимости от видеоигр были связаны с ростом абдоминального ожирения, в том числе из-за нарушения режима сна. Однако результаты изучения связи между видеоиграми и индексом массы тела (ИМТ) были неоднозначными [40, 41].

По данным кросс-секционного исследования, проведенного в Германии с участием 1066 игроков (из них 91,9 % — мужчины; средний возраст  $22,9 \pm 5,9$  года, ИМТ =  $24,6 \pm 4,8$  кг/м<sup>2</sup>), установлено, что большинство респондентов (95 %) оценили свое состояние здоровья как хорошее или отличное. Две трети (66,9 %) сообщили о занятиях физической культурой умеренной или интенсивной величины нагрузки более 2,5 часа в неделю. Средняя продолжительность времени, проведенного за игрой, составила  $7,7 \pm 3,6$  ч/сут, а сна —  $7,1 \pm 1,3$  ч/сут. Среднее потребление фруктов и овощей было установлено на уровне  $2,7 \pm 1,8$  порции в день, чего, согласно рекомендациям ВОЗ, недостаточно. Частная корреляция Спирмена выявила слабые положительные ассоциации длительности периодов видеоигры с сидячим образом жизни ( $p < 0,01$ ) и ИМТ ( $p < 0,01$ ) [42].

При исследовании эффектов воздействия видеоигр установлено, что FPS-игры приводили к большему изменению пиковой частоты сердечных сокращений и увеличению систолического артериального давления по сравнению с игрой MOBA. Это свидетельствует о том, что FPS-игры вызывают большую реакцию симпатической нервной системы, что, очевидно, может быть связано с колебаниями концентрации катехоламинов или кортизола, вырабатываемых надпочечниками, учитывая низкий уровень физической нагрузки во время игры [43, 44].

Положительные эффекты игр еще менее изучены. Так, обнаружено, что у игроков зафиксированы высокие параметры некоторых зрительно-пространственных функций, внимания и многозадачности. Исследование определенных областей мозга с помощью функциональной магнитно-резонансной томографии показало, что их активация была связана с лучшей игровой производительностью. В ряде исследований также отмечены преимущества видеоигр для улучшения выполнения слуховых или мультисенсорных задач [45–47]. Например, у взрослых киберспортсменов отмечена более высокая скорость обработки стимулов по сравнению с людьми, не играющими в видеоигры, а обучение с помощью экшен-видеоигр связывают с улучшением чтения и фонологической кратковременной памяти у детей с дислексией [48].

Недостаточно хорошо изучены психосоциальные, физические и когнитивные эффекты киберспортивных соревнований у игроков разного возраста, проблемы психического здоровья, возникающие в результате видеогр, включая игровую зависимость, эмоциональное выгорание, сексизм, запугивание и другие. Также важно изучить влияние игр на симуляторах на повышение мотивации к занятиям традиционными видами спорта или физической культурой. Требуется оценка острых или хронических неблагоприятных рисков для здоровья (заболевания системы пищеварения, зрительного анализатора), связанных с чрезмерными и длительными киберспортивными тренировками и играми. Кроме того, актуальным представляется изучение уровня энергетических затрат во время киберигр и влияние цифровых игр на избыточную массу тела и ожирение.

Таким образом, для устранения ограничений дальнейшего распространения киберспорта необходимо определить оптимальные параметры нагрузок и критерии оценки этого вида спорта, разработать стратегии по нивелированию неблагоприятного воздействия электронного спорта на здоровье как профессиональных спортсменов, так и игроков-любителей различного уровня. Требуется провести широкомасштабные эпидемиологические исследования факторов риска для здоровья, связанных с малоподвижным характером киберспорта, осуществляемым на различных платформах (компьютеры, консоли или среды виртуальной реальности). Необходимо предусмотреть профилактические мероприятия по реабилитации игроков с хроническими болями со стороны опорно-двигательного аппарата или травмами, разработать

#### **Вклад авторов:**

**Никитюк Дмитрий Борисович** — редактирование, утверждение финальной версии статьи;

**Кобелькова Ирина Витальевна** — написание текста статьи;

**Коростелева Маргарита Михайловна** — написание текста статьи.

#### **References**

1. **Fiore R., Zampaglione D., Murazzi E., Bucchieri F., Cappello F., Fucarino A.** The eSports conundrum: is the sports sciences community ready to face them? A perspective. *J. Sports Med, Phys, Fitness.* 2020;60(12):1591–1602. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.20.10892-2>
2. **Thiel A., John J.M.** Is eSport a 'real' sport? Reflections on the spread of virtual competitions. *European Journal for Sport and Society.* 2019;15(4):311–315. <https://doi.org/10.1080/16138171.2018.1559019>
3. **Nagorsky E., Wiemeyer J.** The structure of performance and training in esports. *PLoS One.* 2020;15(8):e0237584. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237584>
4. **Kari T., Karhulahti V.-M.** Do E-Athletes Move. *International Journal of Gaming and Computer-Mediated Simulations.* 2016;8(4):53–66. <https://doi.org/10.4018/IJGCMS.201610010>

методы релаксации, основанные на оптимизации физических нагрузок, режима питания и состава рациона, уменьшающих стресс, выгорание и тревогу; улучшающих психическое здоровье, качество сна и самочувствие киберспортсменов и оптимизирующих их соревновательную деятельность. Важны меры по обеспечению эргономики рабочего места, направленные на профилактику травм напряжения и болей в спине, негативного воздействия синего света, вызывающего симптомы цифрового перенапряжения глаз, синдрома запястного канала. Не менее важны меры безопасности, устраняющие возможность травм, связанных с расположением компьютера или консоли. Также актуальна разработка мероприятий, способствующих повышению мотивации к переносу игровой деятельности или двигательных навыков, связанных с занятием киберспортом, на участие в реальных спортивных мероприятиях.

Актуальным представляется ответ на вопрос, каким является фактическое питание киберспортсменов и насколько увеличение времени, затрачиваемое на занятия киберспортом, влияет на изменение индекса массы тела. Для развития общественного здравоохранения целесообразно проведение исследований как негативных, так и возможных позитивных последствий для состояния здоровья, в том числе пищевого статуса, связанных с занятием этим относительно новым, активно развивающимся видом спорта, для игроков и зрителей. Возможно, что потребуются разработка рекомендаций по их профилактике с обязательным разделом по оптимизации рациона питания, в том числе с применением специализированных пищевых продуктов, и уровня физической активности.

#### **Authors' contributions:**

**Dmitry B. Nikityuk** — editing, approval of the final version of the article;

**Irina V. Kobelkova** — writing the text of the article;

**Margarita M. Korosteleva** — writing the text of the article.

5. **Chung T., Sum S., Chan M., Lai E., Cheng N.** Will esports result in a higher prevalence of problematic gaming? A review of the global situation. *J.Behav. Addict.* 2019;8(3):384–394. <https://doi.org/10.1556/2006.8.2019.46>
6. **Robinson T.N., Banda J.A., Hale L., Lu A.S., Fleming-Milici F., Calvert S.L., Wartella E.** Screen Media Exposure and Obesity in Children and Adolescents. *Pediatrics.* 2017;140(Suppl 2):S97–S101. <https://doi.org/10.1542/peds.2016-1758K>
7. **Warman P.** Esports revenue will reach \$696 million this year and grow to \$1.5 billion by 2020 as brand investment doubles. *Newzoo* [Internet]. Available at: <https://newzoo.com/insights/articles/esports-revenues-will-reach-696-million-in-2017/>
8. **Brathwaite B.** Breaking down the major streaming platforms in esports. *The Esports Observer* [Internet]. Available at: <https://esportsobserver.com/breakdown-streaming-platforms/>
9. **Saunders J.B., Hao W., Long J., King D.L., Mann K., Fauth-Bühler M., et al.** Gaming disorder: Its delineation as an important

condition for diagnosis, management, and prevention. *J. Behav. Addict.* 2017;6(3):271–279. <https://doi.org/10.1556/2006.6.2017.039>

10. **Coyne S.M., Warbuton W.A., Essig L.W., Stockdale L.A.** Violent video games, externalizing behavior, and prosocial behavior: A five-year longitudinal study during adolescence. *Dev. Psychol.* 2018;54(10):1868–1880. <https://doi.org/10.1037/dev0000574>

11. **Yilmaz E., Yel S., Griffiths M.D.** The impact of heavy (excessive) video gaming students on peers and teachers in the school environment: A qualitative study. *Addicta: The Turkish Journal on Addictions.* 2018;5(2):147–161. <https://doi.org/10.15805/addicta.2018.5.2.0035>

12. **Schneider L.A., King D.L., Delfabbro P.H.** Family factors in adolescent problematic Internet gaming: A systematic review. *J. Behav. Addict.* 2017;6(3):321–333. <https://doi.org/10.1556/2006.6.2017.035>

13. **Chung T.W.H., Sum S.M.Y., Chan M.W.L.** Adolescent Internet Addiction in Hong Kong: Prevalence, Psychosocial Correlates, and Prevention. *J. Adolesc. Health.* 2019; 64(6S):S34–S43. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2018.12.016>

14. **Park S., Jeon H.J., Bae J.N., Seong S.J., Hong J.P.** Prevalence and psychiatric comorbidities of Internet addiction in a nationwide sample of Korean adults. *Psychiatry Investig.* 2017;14(6): 879–882. <https://doi.org/10.4306/pi.2017.14.6.879>

15. **Wenzel H.G., Bakken I.J., Johansson A., Göttestam K.G., Øren A.** Excessive Computer Game Playing among Norwegian Adults: Self-Reported Consequences of Playing and Association with Mental Health Problems. *Psychol. Rep.* 2009;105:1237–1247. <https://doi.org/10.2466/PRO.105.F.1237-1247>

16. **DeCamp W., Ferguson C.J.** The impact of degree of exposure to violent video games, family background, and other factors on youth violence. *J. Youth Adolesc.* 2017;46(2):388–400. <https://doi.org/10.1007/s10964-016-0561-8>

17. **Prescott A.T., Sargent J.D., Hull J.G.** Metaanalysis of the relationship between violent video game play and physical aggression over time. *Proc. Natl. Acad. Sci. USAmerica.* 2018;115(40):9882–9888. <https://doi.org/10.1073/pnas.1611617114>

18. **Lobel A., Engels R.C., Stone L.L., Burk W.J., Granic I.** Video gaming and children's psychosocial wellbeing: A longitudinal study. *J. Youth Adolesc.* 2017;46(4): 884–897. <https://doi.org/10.1007/s10964-017-0646-z>

19. **Sacco D.** Why do esports pros retire so young and what can they do next? We ask Snoopeh. *Esports News UK* [Internet]. Available at: <https://esports-news.co.uk/2015/06/26/esports-retire-young-career-snoopeh/>

20. **DiFrancisco-Donoghue J., Balentine J., Schmidt G., Zwibel H.** Managing the health of the eSport athlete: an integrated health management model. *BMJ Open Sport Exerc. Med.* 2019;5(1):e000467. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2018-000467>

21. **Campbell M.J., Toth A.J., Moran A.P., Kowal M., Exton C.** eSports: a new window on neurocognitive expertise? *Prog. Brain Res.* 2018;240:161–174. <https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2018.09.006>

22. **Bányai F., Griffiths M.D., Király O., Demetrovics Z.** The psychology of esports: A systematic literature review. *J. Gambl. Stud.* 2018;35(2):351–365. <https://doi.org/10.1007/s10899-018-9763-1>

23. **Martin-Niedecken A.L., Schättin A.** Let the Body'n'Brain Games Begin: Toward Innovative Training Approaches in eSports Athletes. *Front Psychol.* 2020;11:138. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00138>

24. **Chopin A., Bediou B., Bavelier D.** Altering perception: the case of action video gaming. *Curr. Opin. Psychol.* 2019;29:168–173. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2019.03.004>

25. **Bediou B., Adams D.M., Mayer R.E., Tipton E., Green C.S., Bavelier D.** Meta-analysis of action video game im-

pact on perceptual, attentional, and cognitive skills. *Psychol. Bull.* 2018;144(1):77–110. <https://doi.org/10.1037/bul0000130>

26. **Torner H.P., Carbonell X., Castejón M.** A comparative analysis of the processing speed between video game players and non-players. *Aloma.* 2019;37(1):13–20. <https://doi.org/10.51698/aloma.2019.37.1.13-20>

27. **Smithies T.D., Toth A.J., Conroy E., Ramsbottom N., Kowal M., Campbell M.J.** Life After Esports: A Grand Field Challenge. *Front. Psychol.* 2020;11:883. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00883>

28. **Walch O.J., Cochran A., Forger D.B.** A global quantification of “normal” sleep schedules using smartphone data. *Sci. Adv.* 2016;2(5):e1501705. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1501705>

29. **Grønli J., Byrkjedal I.K., Bjorvatn B., Nødtvedt Ø., Hamre B., Pallesen S.** Reading from an iPad or from a book in bed: The impact on human sleep. A randomized controlled crossover trial. *Sleep Med.* 2016;21:86–92. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2016.02.006>

30. **Bonnar D., Gradisar M., Moseley L., Coughlin A.M., Cain N., Short M.A.** Evaluation of novel school-based interventions for adolescent sleep problems: Does parental involvement and bright light improve outcomes? *Sleep Health.* 2015;1(1):66–74. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2014.11.002>

31. **Vitale J.A., Weydahl A.** Chronotype, physical activity, and sport performance: A systematic review. *Sports Med.* 2017;47(9):1859–1868. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0741-z>

32. **Sargent C., Lastella M., Halson S.L., Roach G.D.** The impact of training schedules on the sleep and fatigue of elite athletes. *Chronobiol. Int.* 2014;31(10):1160–1168. <https://doi.org/10.3109/07420528.2014.957306>

33. **Meeusen R., Duclos M., Foster C., Fry A., Gleeson M., Nieman D., et al.** Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2013;45(1):186–205. <https://doi.org/10.1080/17461391.2012.730061>

34. **Maass A., Düzel S., Brigadski T., Goerke M., Becke A., Sobieray U., et al.** Relationships of peripheral IGF-1, VEGF and BDNF levels to exercise-related changes in memory, hippocampal perfusion and volumes in older adults. *Neuroimage.* 2016;131:142–154. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.10.084>

35. **Kümmel J., Kramer A., Giboin L.-S., Gruber M.** Specificity of balance training in healthy individuals: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2016;46(9):1261–1271. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0515-z>

36. **Herold F., Hamacher D., Schega L., Mueller N.G.** Thinking while Moving or Moving while Thinking—Concepts of motor-cognitive training for cognitive performance enhancement. *Front. Aging Neurosci.* 2018;10:228. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2018.00228>

37. **Trotter M.G., Coulter T.J., Davis P.A., Poulus D.R., Polman R.** The Association between Esports Participation, Health and Physical Activity Behaviour. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2020;17(19):7329. <https://doi.org/10.3390/ijerph17197329>

38. **Ekelund U., Kolle E., Steene-Johannessen J., Dalene K.E., Nilsen A.K.O., Anderssen S.A., Hansen B.H.** Objectively Measured Sedentary Time and Physical Activity and Associations with Body Weight Gain: Does Body Weight Determine a Decline in Moderate and Vigorous Intensity Physical Activity? *Int. J. Obes.* 2017;41(12):1769–1774. <https://doi.org/10.1038/ijo.2017.186>

39. **Arnaez J.M., Frey G., Cothran D., Lion M., Chomistek A.K., Hwang J., et al.** Physical Wellness Among Gaming



Adults: Cross-Sectional Study. JMIR Serious Games. 2018;6(2):e12. <https://doi.org/10.2196/games.9571>

40. **Shin J.** Joint Association of Screen Time and Physical Activity with Obesity: Findings from the Korea Media Panel Study. *Osong Public Health Res. Perspect.* 2018;9(4):207–212. <https://doi.org/10.24171/j.phrp.2018.9.4.10>

41. **Marker C., Gnambs T., Appel M.** Exploring the Myth of the Chubby Gamer: A Meta-Analysis on Sedentary Video Gaming and Body Mass. *Soc. Sci. Med.* 2019;112325. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2019.05.030>

42. **Rudolf K., Bickmann P., Froböse I., Tholl C., Wechsler K., Grieben C.** Demographics and Health Behavior of Video Game and eSports Players in Germany: The eSports Study 2019. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2020;17(6):1870. <https://doi.org/10.3390/ijerph17061870>

43. **Schmidt S.C.E., Gnam J.P., Kopf M., Rathgeber T., Woll A.** The Influence of Cortisol, Flow, and Anxiety on Performance in e-Sports: A Field Study. *Biomed Res Int.* 2020;2020:9651245. <https://doi.org/10.1155/2020/9651245>

44. **Benoit J.J., Roudaia E., Johnson T., Love T., Faubert J.** The neuropsychological profile of professional action video game players. *Peer J.* 2020;8:e10211. <https://doi.org/10.7717/peerj.10211>

45. **Sousa A., Ahmad S.L., Hassan T., Yuen K., Douris P., Zwibel H., DiFrancisco-Donoghue J.** Physiological and Cognitive Functions Following a Discrete Session of Competitive Esports Gaming. *Front Psychol.* 2020;11:1030. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01030>

46. **Deleuze J., Christiaens M., Nuyens F., Billieux J.** Shoot at first sight! First person shooter players display reduced reaction time and compromised inhibitory control in comparison to other video game players. *Comput. Hum. Behav.* 2017;72:570–576. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.02.027>

47. **Wang M., Dong G., Wang L., Zheng H., Potenza M.N.** Brain responses during strategic online gaming of varying proficiencies: implications for better gaming. *Brain Behav.* 2018;8(8):e01076. <https://doi.org/10.1002/brb3.1076>

48. **Franceschini S., Gori S., Ruffino M., Viola S., Molteni M., Facoetti A.** Action video games make dyslexic children read better. *Current Biology.* 2013;23(6):462–466. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.01.044>

#### Информация об авторах:

**Никитюк Дмитрий Борисович**, д. м. н., профессор, член-корреспондент РАН, директор ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», 109240, Россия, Москва, Устьинский проезд, 2/14. <https://orcid.org/0000-0002-2259-1222> (+7 (495) 698-53-46, [nikitjuk@ion.ru](mailto:nikitjuk@ion.ru))

**Кобелькова Ирина Витальевна**, к.м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории спортивной антропологии и нутрициологии ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», 109240, Россия, Москва, Устьинский проезд, 2/14. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1237-5147> (+7 (910) 406-40-31, [irinavit66@mail.ru](mailto:irinavit66@mail.ru))

**Коростелева Маргарита Михайловна\***, к.м.н., старший научный сотрудник лаборатории спортивной антропологии и нутрициологии ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», 109240, Россия, Москва, Устьинский проезд, 2/14; доцент кафедры управления сестринской деятельностью ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», 117198, Россия, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2279-648X> (+7 (985) 567-78-22, [korostel@bk.ru](mailto:korostel@bk.ru))

#### Information about the authors:

**Dmitry B. Nikityuk**, M.D., D.Sc. (Medicine), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, head of the Laboratory of sports anthropology and nutriology, Federal Researcher Centre of Nutrition and Biotechnology, 2/14, Ustinski travel, Moscow, 109240, Russia; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2259-1222> (+7 (495) 698-53-46, [nikitjuk@ion.ru](mailto:nikitjuk@ion.ru))

**Irina V. Kobel'kova**, M.D., Ph.D., Leading Researcher, Laboratory of Sports Anthropology and Nutrition, Federal Research Center of Nutrition and Biotechnology and Food Safety, 2/14, Ustinsky travel, Moscow, 109240, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1237-5147> (+7 (910) 406-40-31, [irinavit66@mail.ru](mailto:irinavit66@mail.ru))

**Margarita M. Korosteleva\***, M.D., Ph.D., Senior Researcher, Laboratory of Sports Anthropology and Nutrition, Federal Research Center of Nutrition and Biotechnology and Food Safety, 2/14, Ustinsky travel, Moscow, 109240, Russia; Associate Professor of the Department of Nursing Management, Peoples' Friendship University of Russia, 6, Miklouho-Maclay str., Moscow, Russia, 117198. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2279-648X> (+7 (985) 567-78-22, [korostel@bk.ru](mailto:korostel@bk.ru))

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.7>

УДК 61:796/799

Тип статьи: Обзор литературы / Review



## Возможности использования транскраниальной стимуляции постоянным током (tDCS) в спорте высших достижений

С.И. Баршак<sup>1</sup>, М.Д. Дидур<sup>2</sup>, В.В. Завьялов<sup>1</sup>, О.В. Кара<sup>2</sup>, И. Н. Митин<sup>1</sup>,  
К.С. Назаров<sup>1</sup>, М.Г. Оганнисян<sup>1,\*</sup>

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

<sup>2</sup> ФГБУН «Институт мозга человека им. Н. П. Бехтерева Российской академии наук», Санкт-Петербург, Россия

### РЕЗЮМЕ

Транскраниальная стимуляция постоянным электрическим током малой интенсивности (tDCS) является методом воздействия, позволяющим модулировать функционирование центральной нервной системы и проводить профилактику и терапию различных неблагоприятных состояний, связанных с ее деятельностью. В связи с тем что существуют свидетельства эффективности данного метода в улучшении силовых показателей, скорости и точности реакции, повышении эффективности освоения моторных навыков, он представляется перспективным в спорте высших достижений. В настоящей работе приводится обзор исследований, посвященных методу tDCS и его влиянию на функционирование ЦНС с акцентом на потенциальную применимость в спорте. Демонстрируется, что базовым механизмом воздействия tDCS на функционирование ЦНС является ее способность влиять на возбудимость нейронов. Приводятся результаты исследований, показывающих, что tDCS способна влиять на различные компоненты электрокорковых потенциалов, на амплитуду моторного вызванного потенциала, а также на механизмы долговременной потенциации и, как следствие, на клеточные механизмы обучения двигательным навыкам и на процессы нейропластичности в целом. Отмечается благотворное влияние tDCS на избирательность внимания и на способность к обнаружению арифметических действий и решения проблемных задач. В контексте спорта важным представляется влияние электрической стимуляции моторных областей на процессы обучения двигательным навыкам и на точность произвольных движений. Также важным представляется способность этого метода влиять на скоростно-силовые показатели, а именно на максимальную силу изометрического сокращения различных групп мышц и на взрывную силу, а также на показатели выносливости. В обзоре также показано, что метод tDCS является достаточно безопасным и серьезные неблагоприятные эффекты встречаются крайне редко; наиболее часто встречающимся неблагоприятным эффектом является местное раздражение кожи из-за неоптимальной установки электродов.

**Ключевые слова:** спорт высших достижений, транскраниальная электрическая стимуляция постоянным током малой интенсивности, функциональные состояния

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

**Для цитирования:** Баршак С.И., Дидур М.Д., Завьялов В.В., Кара О.В., Митин И.Н., Назаров К.С., Оганнисян М.Г. Возможности использования транскраниальной стимуляции постоянным током (tDCS) в спорте высших достижений. *Спортивная медицина: наука и практика.* 2021;11(3):64–72. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.7>

Поступила в редакцию: 01.09.2021

Принята к публикации: 20.09.2021

Online first: 25.09.2021

Опубликована: 30.09.2021

\* Автор, ответственный за переписку

## Possibilities of transcranial direct current stimulation (tDCS) use in elite sport

Sergey I. Barshak<sup>1</sup>, Mikhail D. Didur<sup>2</sup>, Vladimir V. Zavalov<sup>1</sup>, Olga V. Kara<sup>2</sup>, Igor N. Mitin<sup>1</sup>,  
Kirill S. Nazarov<sup>1</sup>, Mkrtych G. Ogannisyan<sup>1,\*</sup>

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

<sup>2</sup> N.P. Bekhtereva Institute of Human Brain of the Russian Academy of Sciences, Sant Petersburg, Russia

## ABSTRACT

Transcranial direct current stimulation has proven to be the method that can modulate neural activity in various cases. As this method has been shown to be effective in improving muscular strength, reaction time and accuracy, motor learning, it seems to be promising in elite sports. This paper provides an overview of studies on tDCS and its impact on central nervous system functioning, with an emphasis on potential sports utility.

This review demonstrates that the basic mechanism of the effect of tDCS on nervous system functioning is its ability to modulate the excitability of neurons.

tDCS is able to influence various components of electrocortical potentials, the amplitude of the motor evoked potential, as well as the mechanisms of long-term potentiation and, as a consequence, the cellular mechanisms of motor learning and neuroplasticity in general. The beneficial effect of tDCS on attention selectivity and signal detection has been noted. It is also shown that tDCS can accelerate learning and enhance performance in a range of complex cognitive tasks.

In addition, a number of studies showing that tDCS can increase the efficiency of performing arithmetic and problem solving tasks are considered.

In the context of sports, the influence of tDCS over motor areas on motor learning and on the accuracy of voluntary movements seems to be important. Its ability to influence speed and strength indicators, namely, the maximum isometric force of various muscle groups and explosive strength, as well as endurance indicators seems promising, too. The review also shows that tDCS is reasonably safe and that serious adverse effects are extremely rare; the most common adverse effect is local skin irritation due to poor electrode placement.

**Keywords:** elite athletes, transcranial direct current stimulation (tDCS), functional states

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

**For citation:** Barshak S.I., Didur M.D., Zavialov V.V., Kara O.V., Mitin I.N., Nazarov K.S., Ogannisyan M.G. Possibilities of transcranial direct current stimulation (tDCS) use in elite sport. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2021;11(3):64–72 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.7>

**Received:** 1 September 2021

**Accepted:** 20 September 2021

**Online first:** 25 September 2021

**Published:** 30 September 2021

\* Corresponding author

## 1. Введение

Спорт высших достижений — сфера деятельности человека, зачастую требующая от спортсмена невероятных усилий и сопряженная с экстремальными нагрузками, которые могут приводить к возникновению целого ряда неблагоприятных состояний. В этой связи представляется целесообразным использование вспомогательных психофизиологических методов, позволяющих смягчать неблагоприятные функциональные состояния (в том числе стрессового характера) у спортсменов, повышать эффективность тренировочного процесса и психофизиологическую готовность к нагрузкам. Одним из таких методов может выступать транскраниальная электрическая стимуляция коры головного мозга токами малой силы (tDCS). Несмотря на то что интерес к транскраниальной электростимуляции в последние годы существенно возрос, данный метод нельзя называть новым — история попыток применения электрического тока для воздействия на организм человека насчитывает не одно столетие. Существуют свидетельства использования электрических разрядов, вырабатываемых животными (скатами, сомами и т. п.), еще в древности. Так, о подобных опытах упоминают Платон, Аристотель, Скрибоний Ларг. Кроме того, подобные практики применялись лекарями Африки и Персии [1–4]. Безусловно, подобное использование электричества в лечебных целях носило крайне не систематический и мифологизированный характер.

Важной вехой в становлении метода явилось использование батареи постоянного электрического тока, изобретенной Луиджи Гальвани, его племянником Джованни Алдини для лечения пациентов с меланхолией и симптомами расстройств личности [4].

Относительно широкое и научно обоснованное применение метода началось в 50–60-х годах XX века. В это время были изучены некоторые физиологические механизмы электрической стимуляции. Так, Д. Бишоп и Д. О’Лири в экспериментах на животных установили, что электрическая стимуляция может изменять возбудимость клеток: скопления клеток, ориентированных в одном направлении относительно приложенного напряжения, демонстрируют повышенную возбудимость, если же тело клетки направлено в сторону электрического поля, возбудимость снижается [5]. В исследованиях О. Липполда и В. Редферна было показано изменение настроения добровольцев после процедуры электростимуляции [6].

Д. Пурпура и Д. Макмерти в работе, опубликованной в 1964 году, установили, что анодная поляризация ослабляет или устраняет поверхностно-положительные волны и усиливает поверхностно-негативные компоненты электро-корковых потенциалов, катодная же поляризация производит обратные изменения [7].

А. Приори и коллеги в исследовании 1998 года, посвященном влиянию кратковременной транскраниальной стимуляции слабыми токами (менее 0,5 А, 7 секунд) на моторный ответ, показали, что катодная tDCS снижает, а анодная — повышает амплитуду моторного вызванного потенциала [8].

Один из важнейших эффектов электростимуляции, по всей видимости, заключается в ее способности воздействовать на механизмы долговременной потенциации [9], а долговременная потенциация, в свою очередь, выступает как основной функциональный клеточный механизм обучения двигательным навыкам [10]. Б. Фритш и коллеги в исследовании 2010 года [11]

демонстрируют индуцированную долговременную потенциацию в мозге мышей, зависящую от полярности прикладываемого тока. Показано, что электростимуляция способна модулировать синтез некоторых нейротрофинов в нейроне (в частности, BDNF — нейротропного фактора мозга). Исследователи делают вывод, что метод может оптимизировать формы обучения путем увеличения нейропластичности моторной коры, зависимой от секреции BDNF.

Среди первых работ, в которых делается попытка определить влияние транскраниальной электростимуляции на психические и психомоторные функции человека, можно отметить исследования Т. Элберта и коллег и Д. Джегера. В статье 1981 года Т. Элберт описывает эксперимент, направленный на выявление влияния стимуляции на скорость сенсомоторного реагирования [12]. Исследователи выяснили, что испытуемые реагируют быстрее всего, когда положительный полюс (анод) прикладывался к темени.

В контексте спорта высших достижений наиболее интересным представляется возможное влияние метода tDCS на скоростно-силовые показатели, показатели выносливости, произвольного внимания, на процессы распознавания стимулов, точность движений, а также на эффективность обучения моторным навыкам.

Легкость в применении, мобильность, относительно низкая стоимость метода tDCS особенно привлекательны для решения задач спортивной подготовки. В то же время система современного тренировочного процесса выдвигает особые требования к протоколам воздействия, их безопасности и эффективности. В этом контексте необходимо понимание механизмов действия стимуляции и эффектов, которые этот метод может оказывать на психофизиологическое состояние спортсмена. В настоящей работе приводится обзор исследований, посвященных методу tDCS и его влиянию на функционирование ЦНС с акцентом на потенциальную применимость в спорте. Рассматривается влияние метода на произвольное внимание, распознавание стимулов, выполнение когнитивных задач, на точность произвольных движений и эффективность обучения моторным навыкам, а также на скоростно-силовые показатели и показатели выносливости.

## **2. Влияние tDCS на произвольное внимание, процессы распознавания стимулов и выполнение когнитивных задач**

Результаты метаанализа, проведенного группой ученых во главе с М. Салехинеджадом [13], говорят об эффективности применения транскраниальной электростимуляции постоянным током в смягчении симптомов синдрома дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ) у подростков и взрослых. Данные свидетельствуют о возможности снижения нейропсихологического дефицита у подростков и взрослых с помощью tDCS. Анодная электростимуляция дорсолатеральной префронтальной

коры головного мозга оказывает значимо больший эффект на ингибирующий контроль у рассматриваемого в метаанализе контингента испытуемых по сравнению с катодной или плацебо-стимуляцией. Также этот метод позволяет повышать точность и скорость реакции у взрослых и подростков, страдающих СДВГ, во время выполнения различных когнитивных задач [13].

Помимо исследований, посвященных влиянию tDCS на показатели внимания у испытуемых, страдающих СДВГ, было проведено немало исследований, посвященных влиянию этого метода на избирательность внимания, т.е. на способность сосредотачивать внимание на целевых объектах, одновременно игнорируя нецелевые, у здоровых испытуемых. Так, В. Кларк и соавторы [14] провели целый ряд исследований с применением компьютерной программы «Задача обнаружения угроз» (в оригинале — DARWARS Ambush! Threat Detection Task), используемой для тренировки американских военнослужащих. Испытуемым с помощью средств виртуальной реальности демонстрировались угрожающие и не угрожающие цели, скрытые в реалистичном окружении. Испытуемые военнослужащие, у которых проводилась анодная стимуляция нижней лобной извилины, правильно идентифицировали большее количество угрожающих целей, чем участники плацебо-группы (испытуемые, которые получали фиктивную tDCS), и допускали меньше «ложных тревог» (идентификацию не угрожающих целей как угрожающих). Данный эффект наблюдался как во время, так и сразу после сеанса стимуляции. Испытуемые, получавшие стимуляцию, выполняли задачу эффективнее, чем представители группы контроля, на протяжении четырех тренировочных блоков [14].

Д. Нельсон и соавторы [15] также изучали влияние электростимуляции на выполнение военнослужащими задач на обнаружение целевого стимула. Применение анодной стимуляции дорсолатеральной префронтальной коры головного мозга (анод — слева, катод — справа) приводило к увеличению количества правильно идентифицированных целей и уменьшению количества «ложных тревог», тогда как плацебо-воздействие не способствовало каким-либо изменениям. Однако, вместе с тем, воздействие также приводило к замедлению скорости реакции [15].

В исследованиях Т. Глэдвина и коллег доказано, что электрическая стимуляция дорсолатеральной префронтальной коры способствует улучшению показателей избирательности внимания в задачах с отвлекающим стимулом [16].

Интересно рассмотреть влияние метода tDCS на решение испытуемыми сложных когнитивных задач, требующих принятия решений, выбора из нескольких альтернатив, выполнения арифметических действий, задействования творческого потенциала и т. п. В метаанализе Р. Парасумарана и Р. МакКинли показано, что tDCS может ускорять обучение и повышать эффективность

выполнения целого комплекса сложных когнитивных задач как в лабораторных, так и в приближенных к естественным условиям, при этом эффект от стимуляции может сохраняться на протяжении достаточно долгого времени [17].

В исследовании Р. Чи и А. Снайдера было изучено влияние tDCS на процесс решения проблемных задач и явление инсайта. Показано, что сочетание катодной стимуляции задних отделов височных областей правого полушария и анодной стимуляции контралатеральных отделов левого полушария во время выполнения задач на решение проблем может значимо повышать вероятность возникновения у испытуемого инсайта [18].

Д. Джегер и коллеги, в свою очередь, провели ряд исследований, посвященных влиянию полярности тока на тактильное распознавание [19]. Авторы выявили улучшение качества реагирования, если источник тока является противоположным по отношению к отвечающей руке. Влияние постоянного тока на латерализацию было подтверждено в другом исследовании, где испытуемые должны были нажимать кнопку любой рукой в ответ на предъявление звукового тона длительностью в 100 мс. Исследователи делают вывод о том, что мозговые процессы могут быть избирательно изменены путем применения электрического тока.

Другие примеры улучшения эффективности выполнения поведенческих задач с применением стимуляции tDCS в различных когнитивных и перцептивных областях можно найти в работах К. Кадоша [20], И. Сантиэстебана [21], П. Тсенга [22].

Таким образом, учитывая, что, согласно данным литературных источников, метод tDCS позволяет улучшать показатели произвольного внимания, облегчать распознавание стимулов, повышать эффективность решения когнитивных задач, видится целесообразным его применение в видах спорта, требующих высокой скорости реакции, концентрации внимания, быстрого принятия решений. К таким видам спорта относятся, например, единоборства, командные виды, теннис, автоспорт, парусный спорт, стрельба разных видов.

### **3. Влияние TDCS на точность движений и эффективность обучения моторным навыкам**

Исследования, посвященные влиянию tDCS на процессы обучения двигательным навыкам, начались достаточно давно. Так, М. Нитше и соавторы исследовали влияние электростимуляции на моторное обучение, используя модифицированную версию теста на время последовательных реакций (в оригинале — Serial Reaction Time Task (SRTT)). Испытуемые, получающие анодную tDCS моторной области M1, быстрее выполняли выученные двигательные последовательности по сравнению с испытуемыми, получающими стимуляцию префронтальной или префронтальной области [23].

В исследованиях А. Антала и коллег электростимуляция зоны M1 головного мозга улучшала выполнение

задачи на повторение отслеживаемых движений [24]. При этом эффект наблюдался для обеих полярностей tDCS в тех случаях, когда стимуляция применялась до обучения. Более того, показано, что как односторонняя, так и двусторонняя стимуляция постоянным током зоны M1, примененная одновременно с выполнением задачи отслеживания движений, приводит к повышению точности отслеживания и, соответственно, последующего повторения движения [25].

В работе С. Стэга и коллег [26] установлено, что применение tDCS во время обучения выполнению последовательности двигательных действий у здоровых людей приводит к повышению эффективности обучения, при этом эффект неодинаков при разных полярностях электродов. По данным авторов, анодная стимуляция повышает, а катодная — снижает скорость обучения. Интересно, что применение стимуляции до выполнения задачи в этом исследовании приводило к ухудшению эффективности обучения независимо от полярности. Полученные авторами данные иллюстрируют важность выбора времени стимуляции для улучшения выполнения задач, их освоения и консолидации навыка.

Аналогично выводам С. Стэга, М. Куо и коллег [27] обнаружили, что двигательное обучение ухудшается при применении анодной tDCS до выполнения задания. При этом, согласно данным Ф. Теккио, стимуляция после обучения приводит к улучшению консолидации навыка [28]. Последнее говорит о том, что следует избегать стимуляции до выполнения задачи, если целью является повышение эффективности ее освоения. Это обстоятельство стоит учитывать при использовании tDCS в работе со спортсменами.

В достаточно большом количестве исследований отмечается влияние tDCS на выполнение различных двигательных задач недоминантной рукой. Так, Б. Вайнс и коллеги [29] исследовали влияние стимуляции на выполнение задачи воспроизведения последовательности движений пальцев. В исследовании приняли участие 17 здоровых испытуемых-правшей, не обладающих профессиональными навыками в сфере мелкой моторики (печать на машинке, игра на музыкальных инструментах, и т. п.). Оказалось, что анодная стимуляция недоминантной зоны M1 головного мозга в сочетании с катодом на доминантной зоне M1 головного мозга может повышать точность выполнения задачи недоминантной (левой) рукой у здоровых испытуемых.

А. Матсуо [30] и коллеги исследовали влияние tDCS на точность движений при выполнении задачи рисования круга недоминантной (левой у правшей) рукой. В исследовании приняли участие 14 здоровых испытуемых в возрасте от 20 до 22 лет. Задача рисования круга выполнялась до, сразу после и через 30 минут после 20-минутного сеанса анодной или плацебо-стимуляции. По сравнению с сеансом плацебо-воздействия анодная стимуляция значительно улучшила качество выполнения задачи. Эти результаты свидетельствуют о том,

что анодная tDCS первичной моторной коры головного мозга может улучшать точность движений недоминирующей кисти у здоровых испытуемых.

Влияние tDCS на точность движений наблюдается и в условиях, близких к естественным. Так, П. Боджио и соавторы исследовали влияние tDCS на выполнение моторных задач, приближенных к повседневной двигательной активности [31]. Оценка моторных функций проводилась с помощью теста Джебсена Тейлора (инструмент для оценки функций руки). В исследовании приняли участие 8 здоровых испытуемых в возрасте 22–26 лет с ведущей правой рукой. Было выявлено, что испытуемые быстрее выполняют тест левой рукой в том случае, если тесту предшествует анодная стимуляция правой (недоминантной) зоны M1 головного мозга. Подобных эффектов при выполнении заданий правой (доминантной) рукой не наблюдалось [31]. Аналогичные данные были получены в исследованиях Д. Уильямса [32] и Ф. Хаммела [33].

Таким образом, метод tDCS позволяет повышать эффективность и скорость обучения моторным навыкам, а также улучшать показатели точности произвольных движений. Эффект повышения эффективности обучения моторным навыкам может быть полезен практически во всех видах спорта, в особенности в сложнокоординационных, в таких как, например, спортивная гимнастика, танцевальный спорт, фристайл, фигурное катание. Эффект повышения точности произвольных движений недоминантной рукой также может быть полезен в некоторых дисциплинах, требующих высокой точности выполнения движений недоминантной рукой, в таких как, например, стрельба.

#### **4. Влияние TDCS на скоростно-силовые показатели и показатели выносливости**

Повышение скоростно-силовых показателей с помощью метода транскраниальной стимуляции электрическим током малой силы исследовалось рядом ученых. Так, коллектив во главе с Э. Латтари [34] в 2018 году провел обширное аналитическое исследование, посвященное влиянию разовых доз tDCS на мышечную силу руки у взрослых здоровых испытуемых. Исследуемый протокол воздействия заключался в стимуляции нескольких отделов головного мозга: 1) моторной коры; 2) дорсолатеральной префронтальной коры; 3) височной коры с применением кольцевого расположения 4 электродов вокруг центрального электрода в районе представителя руки в моторной коре [34]. Авторы пришли к выводу о неярко выраженном усиливающем влиянии электростимуляции на максимальную силу изометрического сокращения мышц руки у взрослых здоровых испытуемых.

Аналогичные исследования проводились и с целью выявления возможных влияний tDCS на силовые показатели других групп мышц. Так, в исследовании Ф. Хазиме и коллег [35] показано, что применение

электростимуляции приводит к повышению максимальной силы изометрического сокращения внутренних и внешних мышц-вращателей плеч спортсменов-гандболистов. В. Варгас и коллеги [36] демонстрируют прирост данного показателя для мышц-разгибателей колена с ведущей стороны на выборке спортсменов-футболистов. Вероятно, стимуляция постоянным электрическим током способна временно улучшать силовые характеристики выше их обычного уровня даже у спортсменов [31, 37, 38].

В работах С. Танаки [39] показано, что во время tDCS моторных представительств ноги в коре головного мозга у взрослых здоровых испытуемых происходит прирост силы сжатия мышц ступни. Более позднее исследование группы С. Танаки показало, что подобным образом можно увеличивать силу выпрямления колена, хотя продолжительность эффекта в этом случае оказывается несколько меньше, чем в предыдущем случае [40].

Изучая влияние электростимуляции на взрывную силу, Е. Латтари и коллеги [41] измеряли максимальную высоту прыжка с помощью теста на выпрыгивание с места вверх (в оригинале — *countermovement jump performance*) у испытуемых после анодной, катодной стимуляции, а также имитации стимуляции. Все участники, подвергавшиеся анодному воздействию перед тестированием, показали улучшение результатов по сравнению с контрольным тестом. Участники двух других групп не показали значимых различий между двумя срезами.

Научная группа под руководством Л. Ангиуса провела исследование, посвященное влиянию tDCS на выносливость [42]. Было показано, что анодная стимуляция дорсолатеральной префронтальной коры левого полушария может повышать показатели выносливости у испытуемых в тестах на велотренажере.

Способность метода tDCS повышать скоростно-силовые показатели и показатели выносливости представляется целесообразной в целом ряде видов спорта. В особенности это касается скоростно-силовых и циклических видов спорта, таких как тяжелая атлетика, бег, пауэрлифтинг, прыжки в длину и в высоту, а также командных видов спорта, таких как, например, футбол.

#### **5. Безопасность применения TDCS и нежелательные эффекты**

В 2018 году международным коллективом ученых во главе с А. Анталом выпущена масштабная работа, посвященная безопасности, а также этике и легальности использования tDCS [43]. В работе обозначен ряд неблагоприятных случаев, зафиксированных в литературе. Доказано, что метод tDCS не приводит к серьезным побочным эффектам, тем не менее в небольшом числе случаев могут встречаться умеренно выраженные нежелательные эффекты. Так, во время проведения процедуры могут отмечаться легкие покалывания, слабовыраженные фосфены в момент начала и окончания стимуляции.

У некоторых испытуемых после проведения сеансов высокой интенсивности могут отмечаться местные раздражения. Редко встречающимися симптомами являются легкая усталость. Крайне редко встречаются головная боль, тошнота, бессонница [43].

Часть отмечающихся субъективных эффектов связаны с самовнушением и тревогой испытуемых, однако показано, что в группе испытуемых, получающих реальную стимуляцию, частота субъективных неблагоприятных эффектов статистически значимо выше, чем в группе получающих имитацию стимуляции [44].

Среди факторов, способных провоцировать возникновение местных нежелательных эффектов, называют следующие: неправильная установка электрода, аллергия на кремы для кожи, износ электрода, недостаточное количество раствора, недостаточно высокая соленость раствора, большая длительность или частота сеансов, высокая плотность тока [43, 44].

Для минимизации риска предлагается следовать определенным рекомендациям. Раздражение можно предотвратить путем наилучшей подготовки кожи и электрода. Абразивная обработка кожи перед фиксацией электрода не рекомендуется, предлагается использовать только легкую чистку подушечкой, если это необходимо [45]. Следует избегать применения стимуляции

на неоднородных (например, шрамах) или воспаленных участках кожи. Испытуемые должны быть проинструктированы немедленно сообщать о дискомфорте, особенно когда используются высокие интенсивности тока.

### 6. Заключение

В настоящем обзоре были рассмотрены основные исследования, посвященные различным вариантам применения метода транскраниальной стимуляции постоянным током низкой силы, которые могут использоваться для оптимизации и модуляции когнитивных функций у различных групп спортсменов. Основные протоколы стимуляции, применимые в спорте высших достижений, а также ожидаемые эффекты применения этих протоколов перечислены в таблице. Положения электродов на поверхности головы приводятся либо в соответствии с названиями зон коры головного мозга, либо в соответствии со стандартными расположениями электродов энцефалограммы по международной системе 10–20 (либо 10–10).

В части исследований установлено, что метод tDCS может использоваться для улучшения выполнения перцептивных, когнитивных задач, он может повышать точность распознавания объектов и скорость реакции, а также повышать избирательность внимания [12–16]. Подобный эффект этого метода может быть полезен

Таблица 1

### Общие рекомендации и протоколы применения tDCS

Table 1

#### General tDCS recommendations and protocols

Схема расположения электродов на теле		Характеристики воздействия		Ожидаемый эффект	Литературный источник
Анод	Катод	Ток (mA)	Время (мин)		
F10* или FC6*	Плечо	2	30	Ускорение обучения	[17]
R4*	Плечо	2	30	Ускорение обучения	[14]
C3*	C4*	2	30	Улучшение моторных функций и обучения	[29]
Первичная моторная кора	Плечо	2	30	Ускорение обучения моторным навыкам	[23]
Моторная зона, соответствующая интересующей конечности	Кольцевое расположение вокруг анода			Повышение мышечной силы	[34]
T4*	T3*	2	30	Улучшение когнитивных функций, решение проблем, инсайт, креативность, восприятие звука	[18]
F3*	Fp2*	2	30	Улучшение исполнительного контроля и выносливости	[42]
Fp1* или Fp2*	Плечо	2	30	Улучшение внимания, запоминания и обучения	[15, 16]

Примечание: \* — обозначения энцефалографических отведений по международной системе 10–20 (или 10–10).

Note: \* — designations of encephalographic leads according to the international system 10–20 (or 10–10).

в видах спорта, требующих высокой концентрации, точности и скорости реакции, быстрого принятия решения (как то: игровые виды спорта, стрельба, единоборства и т. п.).

Результаты нескольких исследований доказывают, что при правильном использовании метод может ускорять обучение моторным навыкам, облегчать процесс консолидации навыка [11, 23, 26–28]. Это говорит о том, что метод tDCS может использоваться для повышения эффективности тренировочного процесса. Повышение скорости освоения моторных навыков позволит спортсмену тратить меньшее число повторений на отработку определенных спортивных действий, что в итоге приведет к более рациональному расходованию энергетического ресурса спортсмена и времени, отведенного на тренировки.

Крайне полезным в спорте высших достижений представляется влияние метода tDCS на скоростно-силовые

**Вклад авторов:**

**Баршак Сергей Игоревич** — поиск и анализ источников, написание текста.

**Дидур Михаил Дмитриевич** — поиск и анализ источников, общее редактирование.

**Завьялов Владимир Владимирович** — поиск и анализ источников, общее редактирование.

**Кара Ольга Викторовна** — поиск и анализ источников, общее редактирование.

**Митин Игорь Николаевич** — написание текста, общее редактирование.

**Назаров Кирилл Сергеевич** — поиск и анализ источников, написание текста.

**Оганнисян Мкртыч Гагикович** — написание текста, общее редактирование.

**References**

1. **Sarmiento C., San-Juan D., Prasath V.** Letter to the Editor: Brief history of transcranial direct current stimulation (tDCS): from electric fishes to microcontrollers. *Psychol. Med.* 2016;46(15):3259–3261. <https://doi.org/10.1017/S0033291716001926>
2. **Priori A.** Brain polarization in humans: a reappraisal of an old tool for prolonged non-invasive modulation of brain excitability. *Clin. Neurophysiol.* 2003;114(4):589–595. [https://doi.org/10.1016/s1388-2457\(02\)00437-6](https://doi.org/10.1016/s1388-2457(02)00437-6)
3. **Delbourgo J.** A most amazing scene of wonders: electricity and enlightenment in early America. Cambridge: Harvard University Press; 2006. 367 p.
4. **Fitzgerald P.B.** Transcranial pulsed current stimulation: a new way forward? *Clin. Neurophysiol.* 2013;125(2):217–219. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2013.10.009>
5. **Bishop G.H., O’Leary J.L.** The effects of polarizing currents on cell potentials and their significance in the interpretation of central nervous system activity. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* 1950;2(1-4):401–416. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(50\)90077-0](https://doi.org/10.1016/0013-4694(50)90077-0)
6. **Lippold O., Winton L., Redfearn J.** Potential level at surface of cerebral cortex of rat and its relation to cortical activity evoked by sensory stimulation. *J. Physiol.* 1961;157:7.

показатели, в частности силу кисти, высоту выпрыгивания, силу мышц ног и т. п. [34–36, 39–41], а также показатели выносливости [42]. Данный эффект представляется особенно важным в контексте скоростно-силовых и циклических видов спорта.

Метод tDCS лишен серьезных побочных эффектов, при правильном использовании вероятность незначительных неблагоприятных эффектов также невысока [43–45].

Таким образом, существует целый ряд возможностей для применения метода транскраниальной стимуляции постоянным током низкой силы в спорте высших достижений.

Группой специалистов Центра спортивной медицины ФМБА России проводятся исследования по применению метода tDCS в рамках спортивных сборных команд России. Результаты этих исследований будут представлены в последующих публикациях.

**Authors’ contributions:**

**Sergey I. Barshak** — search and analysis of sources, text writing.

**Mikhail D. Didur** — search and analysis of sources, editing.

**Vladimir V. Zavalov** — search and analysis of sources, editing.

**Olga V. Kara** — search and analysis of sources, editing.

**Igor N. Mitin** — text writing, editing.

**Kirill S. Nazarov** — search and analysis of sources, text writing.

**Mkrtych G. Ogannisyan** — text writing, editing.

7. **Purpura D.P., McMurtry J.G.** Intracellular activities and evoked potential changes during polarization of motor cortex. *J. Neurophysiol.* 1965;28(1):166–185. <https://doi.org/10.1152/jn.1965.28.1.166>
8. **Priori A., Berardelli A., Rona S., Accornero N., Manfredi M.** Polarization of the human motor cortex through the scalp. *Neuroreport.* 1998;9(10):2257–2260. [10.1097/00001756-199807130-00020](https://doi.org/10.1097/00001756-199807130-00020)
9. **Gellner A.-K., Reis J., Holtick C., Schubert C., Fritsch B.** Direct current stimulation-induced synaptic plasticity in the sensorimotor cortex: structure follows function. *Brain Stimul.* 2020;13(1):80–88. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2019.07.026>
10. **Rioult-Pedotti M.-S., Friedman D., Donoghue J.P.** Learning-induced LTP in neocortex. *Science.* 2000;290(5491):533–536. <https://doi.org/10.1126/science.290.5491.533>
11. **Fritsch B., Reis J., Martinowich K., Schambra H.M., Ji Y., Cohen L.G., Lu B.** Direct current stimulation promotes BDNF-dependent synaptic plasticity: potential implications for motor learning. *Neuron.* 2010;66(2):198–204. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2010.03.035>
12. **Elbert T., Lutzenberger W., Rockstroh B., Birbaumer N.** The influence of low-level transcranial DC-currents on response speed in humans. *Int. J. Neurosci.* 1981;14(1-2):101–114. <https://doi.org/10.3109/00207458108985821>



13. Salehinejad M.A., Wischnewski M., Nejati V., Vicario C.M., Nitsche M.A. Transcranial direct current stimulation in attention-deficit hyperactivity disorder: a meta-analysis of neuropsychological deficits. *PLoS One*. 2019;14(4):e0215095. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215095>
14. Clark V.P., Coffman B.A., Mayer A.R., Weisend M.P., Lane T.D., Calhoun V.D., et al. TDCS guided using fMRI significantly accelerates learning to identify concealed objects. *Neuroimage*. 2012;59(1):117–128. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.11.036>
15. Nelson J.T., McKinley R.A., Golob E.J., Warm J.S., Parasuraman R. Enhancing vigilance in operators with prefrontal cortex transcranial direct current stimulation (tDCS). *Neuroimage*. 2014;85:909–917. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.11.061>
16. Gladwin T.E., Uyl T.E. den, Fregni F.F., Wiers R.W. Enhancement of selective attention by tDCS: interaction with interference in a Sternberg task. *Neurosci. Lett*. 2012;512(1):33–37. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2012.01.056>
17. Parasuraman R., McKinley R.A. Using noninvasive brain stimulation to accelerate learning and enhance human performance. *Hum. factors*. 2014;56(5):816–824. <https://doi.org/10.1177/0018720814538815>
18. Chi R.P., Snyder A.W. Facilitate insight by non-invasive brain stimulation. *PLoS One*. 2011;6(2):e16655. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0016655>
19. Jaeger D., Elbert T., Lutzenberger W., Birbaumer N. The effects of externally applied transcranial weak direct currents on lateralization in choice reaction tasks. *J. Psychophysiol*. 1987;1(2):127–133.
20. Kadosh R.C., Soskic S., Iuculano T., Kanai R., Walsh V. Modulating neuronal activity produces specific and long-lasting changes in numerical competence. *Curr. Biol*. 2010;20(22):2016–2020. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2010.10.007>
21. Santiesteban I., Banissy M.J., Catmur C., Bird G. Enhancing social ability by stimulating right temporoparietal junction. *Curr. Biol*. 2012;22(23):2274–2277. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2012.10.018>
22. Tseng P., Hsu T.-Y., Chang C.-F., Tzeng O.J., Hung D.L., Muggleton N.G., et al. Unleashing potential: transcranial direct current stimulation over the right posterior parietal cortex improves change detection in low-performing individuals. *J. Neurosci*. 2012;32(31):10554–10561. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0362-12.2012>
23. Nitsche M.A., Schauenburg A., Lang N., Liebetanz D., Exner C., Paulus W., Tergau F. Facilitation of implicit motor learning by weak transcranial direct current stimulation of the primary motor cortex in the human. *J. Cogn. Neurosci*. 2003;15(4):619–626. <https://doi.org/10.1162/089892903321662994>
24. Antal A., Boros K., Poreisz C., Chaieb L., Terney D., Paulus W. Comparatively weak after-effects of transcranial alternating current stimulation (tACS) on cortical excitability in humans. *Brain Stimul*. 2008;1(2):97–105. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2007.10.001>
25. Naros G., Geyer M., Koch S., Mayr L., Ellinger T., Grimm F., Gharabaghi A. Enhanced motor learning with bilateral transcranial direct current stimulation: impact of polarity or current flow direction? *Clin. Neurophysiol*. 2016;127(4):2119–2126. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clinph.2015.12.020>
26. Stagg C., Jayaram G., Pastor D., Kincses Z., Matthews P., Johansen-Berg H. Polarity and timing-dependent effects of transcranial direct current stimulation in explicit motor learning. *Neuropsychologia*. 2011;49(5):800–804. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.02.009>
27. Kuo M.-F., Unger M., Liebetanz D., Lang N., Tergau F., Paulus W., Nitsche M.A. Limited impact of homeostatic plasticity on motor learning in humans. *Neuropsychologia*. 2008;46(8):2122–2128. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.02.023>
28. Tecchio F., Zappasodi F., Assenza G., Tombini M., Vol-laro S., Barbati G., Rossini P.M. Anodal transcranial direct current stimulation enhances procedural consolidation. *J. Neurophysiol*. 2010;104(2):1134–1140. <https://doi.org/10.1152/jn.00661.2009>
29. Vines B.W., Nair D., Schlaug G. Modulating activity in the motor cortex affects performance for the two hands differently depending upon which hemisphere is stimulated. *Eur. J. Neurosci*. 2008;28(8):1667–1673. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2008.06459.x>
30. Matsuo A., Maeoka H., Hiyamizu M., Shomoto K., Morioka S., Seki K. Enhancement of precise hand movement by transcranial direct current stimulation. *Neuroreport*. 2011;22(2):78–82. <https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e32834298b3>
31. Boggio P.S., Castro L.O., Savagim E.A., Braitte R., Cruz V.C., Rocha R.R., et al. Enhancement of non-dominant hand motor function by anodal transcranial direct current stimulation. *Neurosci. Lett*. 2006;404(1-2):232–236. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2006.05.051>
32. Williams J.A., Pascual-Leone A., Fregni F. Interhemispheric modulation induced by cortical stimulation and motor training. *Phys. Ther*. 2010;90(3):398–410. <https://doi.org/10.2522/ptj.20090075>
33. Hummel F.C., Heise K., Celnik P., Floel A., Gerloff C., Cohen L.G. Facilitating skilled right hand motor function in older subjects by anodal polarization over the left primary motor cortex. *Neurobiol. Aging*. 2010;31(12):2160–2168. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2008.12.008>
34. Lattari E., Oliveira B.R., Monteiro Júnior R.S., Marques Neto S.R., Oliveira A.J., Maranhao Neto G.A., Machado S., Budde H. Acute effects of single dose transcranial direct current stimulation on muscle strength: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2018;13(12):e0209513. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209513>
35. Hazime F.A., Cunha R.A. da, Soliaman R.R., Romancini A.C.B., Castro Pochini A. de, Ejnisman B., Baptista A.F. Anodal transcranial direct current stimulation (TDCS) increases isometric strength of shoulder rotators muscles in handball players. *Int. J. Sports Phys. Ther*. 2017;12(3):402.
36. Vargas V.Z., Baptista A.F., Pereira G.O., Pochini A.C., Ejnisman B., Santos M.B., et al. Modulation of isometric quadriceps strength in soccer players with transcranial direct current stimulation: a crossover study. *J. Strength Cond. Res*. 2018;32(5):1336–1341. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001985>
37. Fregni F., Boggio P.S., Mansur C.G., Wagner T., Ferreira M.J., Lima M.C., et al. Transcranial direct current stimulation of the unaffected hemisphere in stroke patients. *Neuroreport*. 2005;16(14):1551–1555. <https://doi.org/10.1097/01.wnr.0000177010.44602.5e>
38. Hummel F., Celnik P., Giraux P., Floel A., Wu W.-H., Gerloff C., Cohen L.G. Effects of non-invasive cortical stimulation on skilled motor function in chronic stroke. *Brain*. 2005;128(3):490–499. <https://doi.org/10.1093/brain/awh369>
39. Tanaka S., Hanakawa T., Honda M., Watanabe K. Enhancement of pinch force in the lower leg by anodal transcranial direct current stimulation. *Exp. Brain Res*. 2009;196(3):459–465. <https://doi.org/10.1007/s00221-009-1863-9>
40. Tanaka S., Takeda K., Otaka Y., Kita K., Osu R., Honda M., et al. Single session of transcranial direct current stimulation

transiently increases knee extensor force in patients with hemiparetic stroke. *Neurorehabil. Neural Repair.* 2011;25(6):565–569. <https://doi.org/10.1177/1545968311402091>

41. **Lattari E., Campos C., Lamego M.K., Legey S., Neto G.M., Rocha N.B., Oliveira A.J., et al.** Can transcranial direct current stimulation improve muscle power in individuals with advanced weight-training experience? *J. Strength Cond. Res.* 2020;34(1):97–103. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001956>

42. **Angius L., Santarnecchi E., Pascual-Leone A., Marco-ra S.M.** Transcranial direct current stimulation over the left dorso-lateral prefrontal cortex improves inhibitory control and endurance performance in healthy individuals. *Neuroscience.* 2019;419:34–45. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2019.08.052>

43. **Antal A., Alekseiuk I., Bikson M., Brockmüller J., Brunoni A.R., Chen R., et al.** Low intensity transcranial electric stimulation: safety, ethical, legal regulatory and application guidelines. *Clin. Neurophysiol.* 2017;128(9):1774–1809. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2017.06.001>

44. **Kessler S.K., Turkeltaub P.E., Benson J.G., Hamilton R.H.** Differences in the experience of active and sham transcranial direct current stimulation. *Brain Stimul.* 2012;5(2):155–162. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2011.02.007>

45. **Loo C., Martin D., Alonzo A., Gandevia S., Mitchell P., Sachdev P.** Avoiding skin burns with transcranial direct current stimulation: preliminary considerations. *Int. J. Neuropsychopharmacol.* 2011;14(3):425–426. <https://doi.org/10.1017/S1461145710001197>

**Информация об авторах:**

**Сергей Игоревич Баршак**, медицинский психолог отдела медико-психологического обеспечения спортивных сборных команд России ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», 121059, Россия, Москва, Большая Дорогомиловская ул., 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3609-7396>

**Михаил Дмитриевич Дидур**, д.м.н., профессор, директор ФГБУН «Институт мозга человека им. Н. П. Бехтерева Российской академии наук», 197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, 12а. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4086-5992>

**Владимир Владимирович Завьялов**, врач по спортивной медицине отдела медицинского обеспечения спортивных сборных команд и соревнований ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», 121059, Россия, Москва, Большая Дорогомиловская ул., 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6567-0118>

**Ольга Викторовна Кара**, к.б.н., научный сотрудник ФГБУН «Институт мозга человека им. Н. П. Бехтерева Российской академии наук», 197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, 12а. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5895-3053>

**Игорь Николаевич Митин**, к.м.н., ведущий научный сотрудник организационно-исследовательского отдела ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», 121059, Россия, Москва, Большая Дорогомиловская ул., 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2168-921X>

**Кирилл Сергеевич Назаров**, психолог отдела медико-психологического обеспечения спортивных сборных команд России ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», 121059, Россия, Москва, Большая Дорогомиловская ул., 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1147-6437>

**Мкртчяк Гагикович Оганнисян\***, к.б.н., старший научный сотрудник организационно-исследовательского отдела ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», 121059, Россия, Москва, Большая Дорогомиловская ул., 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7074-5337> (ogannisyamng@sportfmba.ru)

**Information about the authors:**

**Sergey I. Barshak**, medical psychologist of the Department of Medical and Psychological Support of Sports Teams of the Russian Federation of the Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency, 5, Bolshaya Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3609-7396>

**Mikhail D. Didur**, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, Director of N.P. Bekhtereva Institute of Human Brain of the Russian Academy of Sciences, 12a, Akademian Pavlov str., Saint Petersburg. 197367, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4086-5992>

**Vladimir V. Zavyalov**, M.D., sports medicine doctor of the Department of Medical Support for Sports Teams and Competitions, Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency, 5, Bolshaya Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6567-0118>

**Olga V. Kara**, Ph.D. (Biology), researcher, N.P. Bekhtereva Institute of Human Brain of the Russian Academy of Sciences, 12a, Akademian Pavlov str., Saint Petersburg. 197367, Russia ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5895-3053>

**Igor N. Mitin**, M.D., Ph.D. (Medicine), leading researcher of organizational research department, Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency, 5, Bolshaya Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2168-921X>

**Kirill S. Nazarov**, psychologist of the Department of Medical and Psychological Support of Sports Teams of the Russian Federation, Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency, 5, Bolshaya Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1147-6437>

**Mkrтчich G. Ogannisyan\***, Ph.D. (Biology), senior researcher of organizational research department, Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency, 5, Bolshaya Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7074-5337> (ogannisyamng@sportfmba.ru)

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.10>

УДК 612.13

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original article



## Основные нарушения в состоянии здоровья у лиц среднего возраста со спортивным анамнезом

А.С. Балко

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Медицинский институт, Тула, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** изучить причины обращаемости за медицинской помощью лиц среднего возраста со спортивным анамнезом.

**Материалы и методы:** проанализированы записи в амбулаторных картах 116 бывших спортсменов, в том числе 30 мастеров спорта, за 2006–2020 годы: 65 мужчин (средний возраст  $53,9 \pm 1,8$  года) и 51 женщина ( $53,9 \pm 1,9$  года), среди которых получали специализированную помощь в клинко-диагностическом центре 52,4 и 54,9 % пациентов.

**Результаты:** у мужчин патология сердечно-сосудистой системы (ССС) и опорно-двигательного аппарата (ОДА) выявлялась одинаково часто, в 43,1 и 44,7 % случаев. У женщин заболевания ОДА встречались достоверно чаще (62,7 %), чем СССР (39,2 %). Патология органов пищеварения составила 18,5 и 23,5 %. У 50 % мужчин и 58,6 % женщин наблюдалась полиморбидность.

**Выводы:** выявленные возрастные и гендерные особенности возникновения нарушений в состоянии здоровья позволяют целенаправленно проводить профилактику заболеваний у лиц со спортивным анамнезом.

**Ключевые слова:** бывшие спортсмены, патология сердечно-сосудистой системы, патология опорно-двигательной системы, полиморбидность

**Конфликт интересов:** автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Балко А.С. Основные нарушения в состоянии здоровья у лиц среднего возраста со спортивным анамнезом. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2021;11(3):73–78. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.10>

Поступила в редакцию: 19.08.2021

Принята к публикации: 20.09.2021

Online first: 29.09.2021

Опубликована: 30.09.2021

## Main health impairment in the middle-aged former athletes

Aleksandr S. Balko

Medical Institute of Tula State University, Tula, Russia

### ABSTRACT

**Objective:** to obtain the main reasons for seeking medical assistance in the cohort of former athletes.

**Materials and methods:** health records of 116 former athletes (65 males and 51 females), including 30 high qualification sportsmen were examined during 2006–2020. Mean age ( $M \pm m$ ) was  $53.9 \pm 1.8$  in males and  $53.9 \pm 1.9$  years in females. 52.4 % of males and 54.9 % of females had health records in the Center of clinical diagnostics.

**Results:** cardiovascular pathology and musculoskeletal conditions (neck or back pain or osteoarthritis of the knee or hip) were randomly distributed among males (43.1 and 44.7 % of cases), while there was significant predominance of musculoskeletal conditions in females (62.7 %) than cardiovascular diseases (39.2 %). Gastrointestinal pathology was seen in 18.5 and 23.5 % of cases. Polymorbidity was detected in 50 % of males and in 58.6 % of females.

**Conclusions:** age and gender differences in occurrence of cardiovascular and musculoskeletal conditions give the opportunity to realize the preventive strategy in former athletes.

**Keywords:** former athletes, cardiovascular pathology, musculoskeletal conditions, polymorbidity

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

**For citation:** Balko A.S. Main health impairment in the middle-aged former athletes. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2021;11(3):73–78 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.10>

Received: 19 August 2021

Accepted: 20 September 2021

Online first: 29 September 2021

Published: 30 September 2021

### 1. Введение

В течение последних 50 лет объем и интенсивность тренировочных нагрузок, необходимых для достижения высоких спортивных результатов, прогрессивно возрастают. Несмотря на общепризнанное мнение о положительном влиянии оптимальной двигательной активности, в том числе при наличии выраженной патологии [1], связь занятий спортом в юношеские годы с уровнем здоровья в среднем возрасте у лиц, ведущих малоподвижный образ жизни, представляется не полностью изученной [2].

**Целью работы** явился анализ нарушений в состоянии здоровья у лиц среднего возраста со спортивным анамнезом, послуживших причиной обращения за медицинской помощью.

### 2. Материалы и методы

Проанализированы записи в амбулаторных картах 116 бывших спортсменов (65 мужчин 26–83 лет и 51 женщина 24–83 лет), обратившихся в отделение спортивной медицины (СМ) в течение 2006–2020 гг. Информация об обращениях этих лиц в Клинико-диагностический центр (КДЦ) для выполнения диагностических исследований и/или консультации врачей-специалистов в этот же период была получена из компьютерной базы учреждения. У всех участников получено информированное согласие на включение в ретроспективное наблюдательное исследование, одобренное локальным этическим комитетом.

Средний возраст мужчин составил  $53,9 \pm 1,8$  года, женщин —  $53,9 \pm 1,9$  года. Наиболее многочисленными были группы мужчин в возрасте 41–50 ( $n = 15$ ; 23,1 %) и 51–60 лет ( $n = 15$ ; 23,1 %), а женщин — 51–60 лет ( $n = 15$ ; 29,4 %).

Квалификацию мастера спорта (МС) имели 11 (16,9 %) мужчин, в том числе 6 — по спортивным единоборствам (самбо, дзюдо), 2 — по велоспорту (трек, в т.ч. 1 МСМК); 80 % обследованных достигли квалификации КМС или 1-го разряда, 2 человека — массовых разрядов (3,1 %).

Спортивная квалификация женщин была выше, чем у мужчин: 19 (37,3 %) спортсменок являлись МС, две из них были заслуженными МС (волейбол и легкая атлетика), 1 — МСМК (художественная гимнастика) и 16 — МС (6 человек — художественная гимнастика, по 2 спортсменки — самбо, лыжные гонки, плавание, стендовая стрельба); квалификацию КМС/1-й разряд имели 60,8 % женщин и 1,9 % — 2-й разряд.

Продолжали спортивную деятельность 7/65 (10,8 %) мужчин (все — КМС/1-й разряд); в том числе 2 спортсмена (бег на длинные дистанции и плавание) старше 80 лет; и 1 женщина, МС по плаванию, 58 лет.

Для статистической обработки использовали пакет анализа MS Office Excel 11.0. Различия считали достоверными при  $p < 0,05$ .

### 3. Результаты и обсуждение

Жалобы на состояние здоровья явились причиной обращения в отделение спортивной медицины 72,3 % мужчин и 86,3 % женщин, остальные обращения были

сделаны с профилактической целью — для посещения плавательного бассейна, выступления в соревнованиях категории «Masters» или участия в региональных соревнованиях по футболу в качестве судей.

В КДЦ обращались 34/65 (52,3 %) мужчин и 28/51 (54,9 %) женщин, эти лица были разделены на 2 подгруппы — моложе и старше 50 лет. Как и следовало ожидать, в специализированной медицинской помощи нуждались несколько чаще пациенты >50 лет (55,5 % мужчин и 62,5 % женщин), чем <50 лет (48,3 и 42,1 %). Тенденция к увеличению обращаемости с ростом спортивной квалификации наблюдалась только у мужчин: о состоянии здоровья и имеющихся диагнозах были осведомлены 26,5 % МС и 12,9 % остальных спортсменов ( $p = 0,086$ ). Кроме того, в группе МС обнаружены гендерные различия: мужчины обращались в КДЦ чаще, чем женщины, соответственно в 9/11 (81,8 %) и 10/19 (52,6 %) случаев ( $p = 0,048$ ).

Для изучения структуры патологии было проанализировано 110 обращений в КДЦ (71 — у мужчин и 49 — у женщин), при этом на 1 пациента <50 лет приходилось 1,78 обращения, >50 лет — 2,3 обращения; у женщин, соответственно, 1,75 и 1,75 обращения.

Наиболее часто мужчины со спортивным анамнезом обращались к кардиологу ( $n = 23$ ; 57,5 %), 11 обращений было сделано по поводу патологии опорно-двигательного аппарата (ОДА) — 32,4 %. При разделении по возрасту оказалось, что в группе <50 лет 7/14 мужчин (50 %) обращались к кардиологу, 6/14 (42,9 %) — к гастроэнтерологу; 5 обращений (35,7 %) было сделано вследствие патологии ОДА. У мужчин старшего возраста преобладала патология сердечно-сосудистой системы (ССС): 16/20 (80 %) пациентов обратились к кардиологу и 4/20 (20 %) — к сердечно-сосудистому хирургу по поводу патологии сосудов, в основном вен нижних конечностей, далее следовали болезни органов пищеварения (6 случаев, 36 %).

Преимущественными причинами обращений женщин в КДЦ послужили заболевания пищеварительной (12/28; 42,9 %) и эндокринной системы (7/28; 25,0 %), одинаково часто встречавшиеся в обеих возрастных группах.

Медицинский профиль обращений в оба учреждения приведен в таблице 1.

Если в целом у мужчин патология ССС и ОДА наблюдалась одинаково часто (43,1 и 44,7 % случаев), то у женщин заболевания ОДА встречались чаще (62,7 %), чем ССС (39,2 %;  $p = 0,0086$ ). Патология органов пищеварения составила 18,5 и 23,5 %.

При разделении по возрасту оказалось, что у мужчин <50 лет преобладала патология ОДА (48,2 %), а у лиц >50 лет — патология ССС (47,2 %). У женщин независимо от возраста преобладала патология ОДА (68,4 и 59,4 % всех обращений).

Полиморбидность оказалась несколько выше у женщин <50 лет, но из-за малочисленности групп различия не выявлены. Среди мужчин <50 лет обращались к нескольким специалистам 6/14 (42,9 %) пациентов;

Таблица 1

Профиль обращений в медицинские учреждения лиц разного пола и возраста со спортивным анамнезом, случаи/%

Table 1

Health care request profile in former athletes of different age and gender, cases/%

Возраст/профиль патологии Age/Pathology profile	Мужчины Men		Женщины Women	
	<50 лет <50 years (n = 29)	>50 лет >50 years (n = 36)	<50 лет <50 years (n = 19)	>50 лет >50 years (n = 32)
Патология сердечно-сосудистой системы Pathology of the cardiovascular system	11/37,9	17/47,2	8/42,1	12/37,5
Патология органов пищеварения Digestive system pathology	6/20,7	6/16,7	3/15,7	9/28,1
Патология костно-мышечной системы Pathology of the musculoskeletal system	14/48,2	15/41,7	13/68,4	19/59,4
Прочая патология Other pathology	5/17,2	16/50,0	7/36,8	15/46,9

в группе >50 лет — 11/20 (55,0 %) пациентов; у женщин, соответственно, 5/8 (62,5 %) и 12/21 (57,1 %) пациенток. В целом полиморбидность отмечена у 50 % мужчин и 58,6 % женщин.

#### 4. Патология сердечно-сосудистой системы

Средний возраст при первом обращении 11 мужчин <50 лет составил ( $M \pm m$ )  $32,7 \pm 2,1$  года; индекс массы тела (ИМТ) —  $27,7 \pm 2,1$  кг/м<sup>2</sup>.

У 5 человек был диагностирован синдром вегетативной дисфункции (СВД), у 6 — артериальная гипертензия (АГ) 1–2 ст. Несмотря на то что различий по возрасту между подгруппами не было ( $32,2 \pm 2,9$  и  $33,2 \pm 3,2$  года), ИМТ у спортсменов с АГ был выше, чем при СВД ( $31,4 \pm 3,0$  и  $23,4 \pm 1,0$  кг/м<sup>2</sup>;  $p = 0,021$ ). 3/6 спортсменов с АГ ранее занимались единоборствами и 3 — спортивными играми (футбол, волейбол, хоккей).

Необходимо отметить, что у 7/11 спортсменов этой группы имелась полиморбидность: у 5 человек (45,5 %) — в виде клинических проявлений шейного остеохондроза с болевым синдромом, у 1 — в виде метаболического синдрома, у 1 — нарушений пищеварительной системы. Кроме того, нарушения органов пищеварения (синдром Жильбера и хронический гастрит) выступали в качестве сопутствующих диагнозов еще у 2 пациентов 45 и 43 лет.

Группа мужчин >50 лет с патологией ССС включала 17 пациентов, средний возраст при обращении составил  $58,6 \pm 1,8$  года, ИМТ —  $28,5 \pm 0,9$  кг/м<sup>2</sup>. 4/17 пациентов являлись МС (2 — вело, 1 — тяжелая атлетика и 1 — футбол), 8 — КМС, 5 человек имели 1-й разряд. Обращает на себя внимание преобладание видов спорта, развивающих качество выносливости, которыми ранее занимались 8/17 (47,1 %) мужчин, в то время как в группе <50 лет — только 1 пациент ( $p = 0,010$ ). Синдром АГ был

основным в клинической картине у 9, синдром нарушения коронарного кровообращения — у 8 пациентов.

У 6 мужчин ритм сердца был нарушен по типу фибрилляции предсердий (ФП). Средний возраст этих пациентов составил  $65,5 \pm 1,2$  года, ИМТ —  $28,2 \pm 1,4$  кг/м<sup>2</sup>, только 1 пациент имел нормальный ИМТ (24,5 кг/м<sup>2</sup>). 4/6 мужчин (в том числе 2 МС) ранее тренировали качество выносливости: 2 занимались велоспортом, 1 — легкой атлетикой, 1 — плаванием. У двух пациентов (плавание и баскетбол) регистрировались пароксизмальная форма, у остальных четырех — постоянная форма ФП. Только 1 пациент не имел полиморбидности: у двух наблюдалась патология ОДА, у трех — органов пищеварения (хронический гастрит). Можно видеть, что риск развития патологии ССС выше у бывших спортсменов, тренировавших качество выносливости.

Среди МС патология ССС по обращаемости была диагностирована у 6/11 (54,5 %) мужчин и одинаково часто у 11/19 (57,9 %) женщин.

В группе женщин <50 лет с патологией ССС 5/8 спортсменок ранее занимались художественной гимнастикой, все — МС; 1 пациентка являлась МС по самбо и 2 спортсменки — КМС по волейболу, т.е. 6/8 пациенток (75 %) были спортсменками высокой спортивной квалификации. У 6/8 женщин наблюдалась полиморбидность в виде патологии ОДА. СВД был диагностирован в 6 случаях, в 1 — АГ (ИМТ =  $35,3$  кг/м<sup>2</sup>) и в 1 случае — тромбоз внутренней яремной вены, потребовавший стационарного лечения в ноябре 2020 года.

Среди 12 пациенток >50 лет было 5 МС (41,7 %), из них 2 спортсменки имели квалификацию ЗМС; и 7 — КМС. Видами спорта, развивающими выносливость, ранее занимались 5/12 спортсменок. У 3 женщин был диагностирован СВД, у 2 пароксизмы ФП (в 44 и 52 года),

у 2 наблюдалась постоянная форма ФП (68 и 77 лет), у 1 — облитерирующий атеросклероз нижних конечностей, у 1 — расслаивающая аневризма аорты (?), у 1 — АГ, у 1 — сердечная недостаточность и у 1 — дисгормональная кардиомиопатия.

Средний возраст 4 спортсменок с ФП составил  $59,8 \pm 7,3$  года, средний ИМТ —  $32,9 \pm 4,2$  кг/м<sup>2</sup>: у двух спортсменок наблюдалось ожирение, в т.ч. у 1 — морбидное, еще две пациентки имели избыточную МТ. У всех женщин с ФП имелась полиморбидность, при этом у трех — в виде патологии ОДА и у двух — патологии щитовидной железы (узловой зоб). Все спортсменки с ФП являлись МС, в том числе две — ЗМС.

Таким образом, независимо от вида спорта у спортсменок высокой квалификации выше риск развития патологии ССС в среднем и пожилом возрасте, при этом отягчающим фактором является избыточная МТ или ожирение.

**5. Патология опорно-двигательного аппарата**

В таблице 2 представлены сведения о клинических проявлениях прошлых травм и заболеваний ОДА. Следует отметить, что никто из пациентов не использовал нестероидные противовоспалительные препараты (НПВП) на постоянной основе.

В группе мужчин <50 лет преобладала дорсалгия: жалобы на боли в шейном или поясничном отделе позвоночника предъявляли по 13,7 % бывших спортсменов; 16,7 % мужчин >50 лет беспокоили боли в поясничном отделе. У женщин <50 лет одинаково часто встречалась

патология шейного и поясничного отдела, а также распространенный остеохондроз (по 21,0 % случаев). В группе женщин >50 лет, как и у мужчин, несколько чаще наблюдалась патология поясничного отдела позвоночника, составившая 21,9 %.

У 5 пациентов — трех мужчин (МС, вольная борьба, 56 лет; кикбоксинг, КМС, 41 год; футбол, 38 лет) и двух женщин (спортивные танцы, КМС, 44 года; настольный теннис, МС, 43 года) — был диагностирован коксартроз, в 1 случае потребовавший эндопротезирования (МС, вольная борьба, 56 лет). Можно видеть, что жалобы на боли в тазобедренном суставе, потребовавшие обращения к врачу, чаще появлялись у бывших спортсменов в возрасте от 38 до 44 лет.

**6. Патология пищеварительной системы**

Если у мужчин относительная частота встречаемости этой патологии с возрастом незначительно снижалась (с 20,7 до 16,7 %), то у женщин — возрастала с 15,7 до 28,1 %. 6/12 бывших спортсменов с патологией органов пищеварения занимались спортивными играми, преимущественно футболом, и страдали заболеваниями как желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), так и гепатобилиарной системы. У всех трех спортсменов, тренировавших качество выносливости, наблюдался хронический гастрит, в т.ч. у двух — в сочетании с хроническим холециститом. У двух мужчин, занимавшихся единоборствами (нагрузки с высоким силовым компонентом), была нарушена моторная функция кишечника и желчевыводящих путей.

Таблица 2

**Патология опорно-двигательного аппарата у пациентов разного пола и возраста по данным обращаемости, абс/%**

Table 2

**Musculoskeletal conditions in out-patients with different age and gender, cases/%**

Возраст/клинические проявления Age/Clinical manifestations	Мужчины Men		Женщины Women	
	<50 лет <50 years (n = 29)	>50 лет >50 years (n = 36)	<50 лет <50 years (n = 19)	>50 лет >50 years (n = 32)
Остеохондроз шейного отдела позвоночника Osteochondrosis of the cervical spine	4/13,7	4/11,1	4/21,0	6/18,8
Остеохондроз грудно-поясничного отдела позвоночника Osteochondrosis of the thoracolumbar spine	4/13,7	6/16,7	4/21,0	7/21,9
Распространенный остеохондроз Common osteochondrosis	3/10,3	1/2,8	4/21,0	2/6,3
Коксартроз Coxarthrosis	2/6,8	1/2,8	-	2/6,3
Гонартроз Gonarthrosis	3/10,3	3/8,3	2/10,5	4/12,5
Прочая патология Other pathology	1/3,4	2/5,6	-	2/6,3

Характер патологии пищеварительной системы у женщин отличался от группы мужчин. Так, в группе <50 лет у 1 пациентки (самбо, МС) был хронический гастрит; язвенная болезнь двенадцатиперстной кишки (ЯБ12ПК) была диагностирована у 1 спортсменки (художественная гимнастика, КМС) и гепатит С (?) — у пациентки, занимавшейся велоспортом, КМС.

В группе женщин >50 лет патология ЖКТ отмечена в 9 случаях, и у всех она сочеталась с патологией ОДА. По нозологическим формам: хронический панкреатит — 4 случая, патология печени — 4 случая (желчно-каменная болезнь — 2; гепатоз — 1, носитель вирусного гепатита — 1), гастрит — 2, ЯБ12ПК — 1.

У двух спортсменок группы выносливости (плавание и лыжи) выявлена патология желудка (1 — ЯБ12ПК, 1 — атрофический гастрит) в сочетании с панкреатитом, при этом у обеих в качестве полиморбидности выступала сочетанная патология ОДА — гонартроз и шейный остеохондроз.

Можно видеть, что 7/12 женщин (58,3 %) занимались видами спорта, развивающими выносливость; у 2 спортсменок была диагностирована ЯБ12ПК, отсутствовавшая у мужчин, но наиболее частым диагнозом был панкреатит.

Выявлены гендерные особенности проявления патологии органов пищеварения: мужчины чаще занимались спортивными играми, а женщины — видами спорта группы выносливости. Если у мужчин наиболее часто, в 25 % случаев, встречался хронический гастрит, то у женщин — хронический панкреатит (25 %).

Проведенный нами анализ обращаемости бывших спортсменов за медицинской помощью обнаружил три основные причины: классы МКБ-10 — IX — болезни системы кровообращения, XIII — болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани, XI — болезни органов пищеварения. Недавно опубликованные данные свидетельствуют о большей (на 5,1 года) продолжительности жизни 8124 спортсменов-олимпийцев США, чем населения в целом, в том числе на 2,2 года — при болезнях ССС, на 1,5 года — при онкологических заболеваниях, на 0,8 года — при болезнях дыхательной системы, на 0,4 года — при болезнях эндокринной и на 0,3 года — пищеварительной системы. Смертность от болезней нервной системы (болезни Альцгеймера и Паркинсона) и нарушений психики (деменция, шизофрения) была одинаковой [3]. Сходные результаты были получены и у олимпийцев Франции, главными причинами смертности которых были онкология, болезни ССС и внешние причины [4].

В нашем исследовании у 10 бывших спортсменов был нарушен ритм в виде ФП, что, по современным представлениям, повышает риск неблагоприятных сердечных событий. Большой риск развития ФП у спортсменов высокой квалификации, занимавшихся видами спорта группы выносливости и спортивными играми, был обнаружен и другими авторами [5, 6].

Другой частой причиной обращения за медицинской помощью были нарушения ОДА, особенно у женщин. По литературным данным, радиологические признаки патологии ОДА чаще встречались у лиц с повышенным уровнем физической нагрузки, особенно элитных спортсменов, чем у менее активных субъектов, однако распространенность клинических признаков остеоартрита у бывших элитных спортсменов и лиц контрольной группы была одинаковой, а инвалидность по гонартрозу или коксартрозу была даже ниже [7]. Риск коксартроза повышался у мужчин, занимавшихся ранее спортом с ударными нагрузками (футбол, гандбол, легкая атлетика, хоккей), в отличие от бегунов на длинные дистанции [8]. Этот факт совпадает с полученными нами результатами: среди 5 спортсменов с диагностированным коксартрозом не было занимавшихся гладким бегом.

Примечательно, что в недавнем исследовании авторов из Японии показана несомненная польза от интенсивных занятий спортом во время обучения в университете с точки зрения профилактики заболеваний ОДА в более позднем возрасте [9].

В половине случаев у бывших спортсменов наблюдалась полиморбидность, при этом чаще всего сочетались заболевания ССС и ОДА, что совпадает с результатами недавних работ. Так, в метаанализе, опубликованном в 2018 году, обнаружили повышение риска хронических заболеваний, в частности ССС, у пациентов с остеоартритом [10].

В качестве возможного механизма предполагается воспаление, способствующее возникновению сердечно-сосудистых заболеваний, диабета и онкологии [11]. Хроническая боль в спине была связана с большим риском инфаркта миокарда и ишемической болезни сердца в 14-летнем проспективном исследовании близнецов [12]. В работе, опубликованной в 2020 году, лица с хронической болью в мышцах и суставах в 1,9 раза чаще сообщали о болезнях сердечно-сосудистой системы [13].

Сочетание патологии ОДА и ЖКТ обычно изучается в контексте возникновения осложнений после приема НПВП. Хотя все 9 бывших спортсменок обращались как с патологией ОДА так и с патологией органов пищеварения, никто из них не принимал НПВП. Данный факт требует дальнейшего изучения.

В нашей работе масса тела у бывших спортсменов в значительном числе случаев не была оптимальной. Вероятно, это могло быть связано с тем, что повторные циклы ее снижения во время занятий спортом с последующим ее восстановлением могут не только приводить к увеличению веса, но и предрасполагать к ожирению [14].

Вместе с тем в другом исследовании было показано, что у 136 спортсменов сборной Франции, выступавших в гребле и разных видах борьбы, в течение 22 лет (с возраста 18 до 50 лет) ИМТ увеличился на 3,2 кг/м<sup>2</sup> против 4,2 кг/м<sup>2</sup> у нетренированных лиц, что объяснили высокой двигательной активностью (4,8 час/нед.) бывших спортсменов [15].

Ограничениями работы являются невозможность получения информации об обрабатываемости бывших спортсменов в другие ЛПУ для получения медицинской помощи, в том числе негосударственные, а также малый объем выборки.

### 7. Заключение

Так как основные проблемы со здоровьем у мужчин — бывших спортсменов возникают в возрасте 41–50 лет,

### Вклад автора:

**Балко Александр Сергеевич** — сбор и обработка материала, написание текста статьи, редактирование.

### References

1. Vasankari V., Halonen J., Vasankari T., Anttila V., Airaksinen J., Sievänen H., Hartikainen J. Physical activity and sedentary behaviour in secondary prevention of coronary artery disease: A review. *Am. J. Prev. Cardiol.* 2021;5:100146. <https://doi.org/10.1016/j.ajpc.2021.100146>
2. Simon J.E., Docherty C.L. Current health-related quality of life in former National Collegiate Athletic Association Division I collision athletes compared with contact and limited-contact athletes. *J. Athl. Train.* 2016;51(3):205–212. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-51.4.05>
3. Antero J., Tanaka H., De Laroche Lambert Q., Pohar-Perme M., Toussaint J.F. Female and male US Olympic athletes live 5 years longer than their general population counterparts: a study of 8124 former US Olympians. *Br. J. Sports Med.* 2021;55(4):206–212. <http://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101696>
4. Antero-Jacquemin J., Rey G., Marc A., Dor F., Häida A., Marck A., et al. Mortality in female and male French Olympians: a 1948–2013 cohort study. *Am. J. Sports Med.* 2015;43(6):1505–1512. <https://doi.org/10.1177%2F0363546515574691>
5. Sanna G.D., Gabrielli E., De Vito E., Nusdeo G., Prisco D., Parodi G. Atrial fibrillation in athletes: From epidemiology to treatment in the novel oral anticoagulants era. *J. Cardiol.* 2018;72(4):269–276. <https://doi.org/10.1016/j.jcc.2018.04.011>
6. Aagaard P., Sharma S., McNamara D.A., Joshi P., Ayers C.R., de Lemos J. A., et al. Arrhythmias and adaptations of the cardiac conduction system in former national football league players. *J. Am. Heart Assoc.* 2019;8(15):e010401. <https://doi.org/10.1161/JAHA.118.010401>
7. Lefèvre-Colau M.M., Nguyen C., Haddad R., Delamarche P., Paris G., Palazzo C., et al. Is physical activity, practiced as recommended for health benefit, a risk factor for osteoarthritis? *Ann. Phys. Rehabil. Med.* 2016;59(3):196–206. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2016.02.007>
8. Vigdorich J.M., Nepple J.J., Eftekhary N., Leunig M., Clohisy J.C. What is the association of elite sporting activities with the de-

velopment of hip osteoarthritis? *Am. J. Sports Med.* 2017;45(4):961–964. <https://doi.org/10.1177%2F0363546516656359>

9. Shen S., Suzuki K., Kohmura Y., Fuku N., Someya Y., Naito H. Engagement in different sport disciplines during university years and risk of locomotive syndrome in older age: J-Fit+ Study. *Environ. Health Prev. Med.* 2021;26(1):36. <https://doi.org/10.1186/s12199-021-00958-w>
10. Williams A., Kamper S.J., Wiggers J.H., O'Brien K.M., Lee H., Wolfenden L., et al. Musculoskeletal conditions may increase the risk of chronic disease: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. *BMC Med.* 2018;16(1):167. <https://doi.org/10.1186/s12916-018-1151-2>
11. Nuesch E., Dieppe P., Reichenbach S., Williams S., Iff S., Juni P. All cause and disease specific mortality in patients with knee or hip osteoarthritis: population based cohort study. *BMJ.* 2011;342:d1165. <https://doi.org/10.1136/bmj.d1165>
12. Fernandez M., Ordoñana J.R., Hartvigsen J., Ferreira M.L., Refshauge K.M., Sánchez-Romera J.F., et al. Is chronic low back pain associated with the prevalence of coronary heart disease when genetic susceptibility is considered? A co-twin control study of Spanish twins. *PLoS One.* 2016;11(5):e0155194. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155194>
13. Oliveira C.B., Maher C.G., Franco M.R., Kamper S.J., Williams C.M., Silva F.G., Pinto R.Z. Co-occurrence of chronic musculoskeletal pain and cardiovascular diseases: a systematic review with meta-analysis. *Pain. Med.* 2020;21(6):1106–1121. <https://doi.org/10.1093/pm/pnz217>
14. Saarni S.E., Rissanen A., Sarna S., Koskenvuo M., Kaprio J. Weight cycling of athletes and subsequent weight gain in middle age. *Int. J. Obes (Lond).* 2006;30(11):1639–1644. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803325>
15. Marquet L.A., Brown M., Tafflet M., Nassif H., Mouraby R., Bourhaleb S., et al. No effect of weight cycling on the post-career BMI of weight class elite athletes. *BMC Public Health.* 2013;13:510. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-13-510>

### Информация об авторе:

**Балко Александр Сергеевич**, аспирант кафедры пропедевтики внутренних болезней Медицинского института ФГБОУ «Тульский государственный университет», 300044, Россия, Тула, ул. М. Горького, 12 (+7 (960) 606-70-95; [aleksandr.balko@mail.ru](mailto:aleksandr.balko@mail.ru))

### Information about the author:

**Aleksandr Balko**, M.D., Postgraduate Student of the Department of Internal Diseases Propedeutics of Medical Institute of Tula State University, 12, M. Gorkogo str., Tula, 300044, Russia (+7 (960) 606-70-95; [aleksandr.balko@mail.ru](mailto:aleksandr.balko@mail.ru))



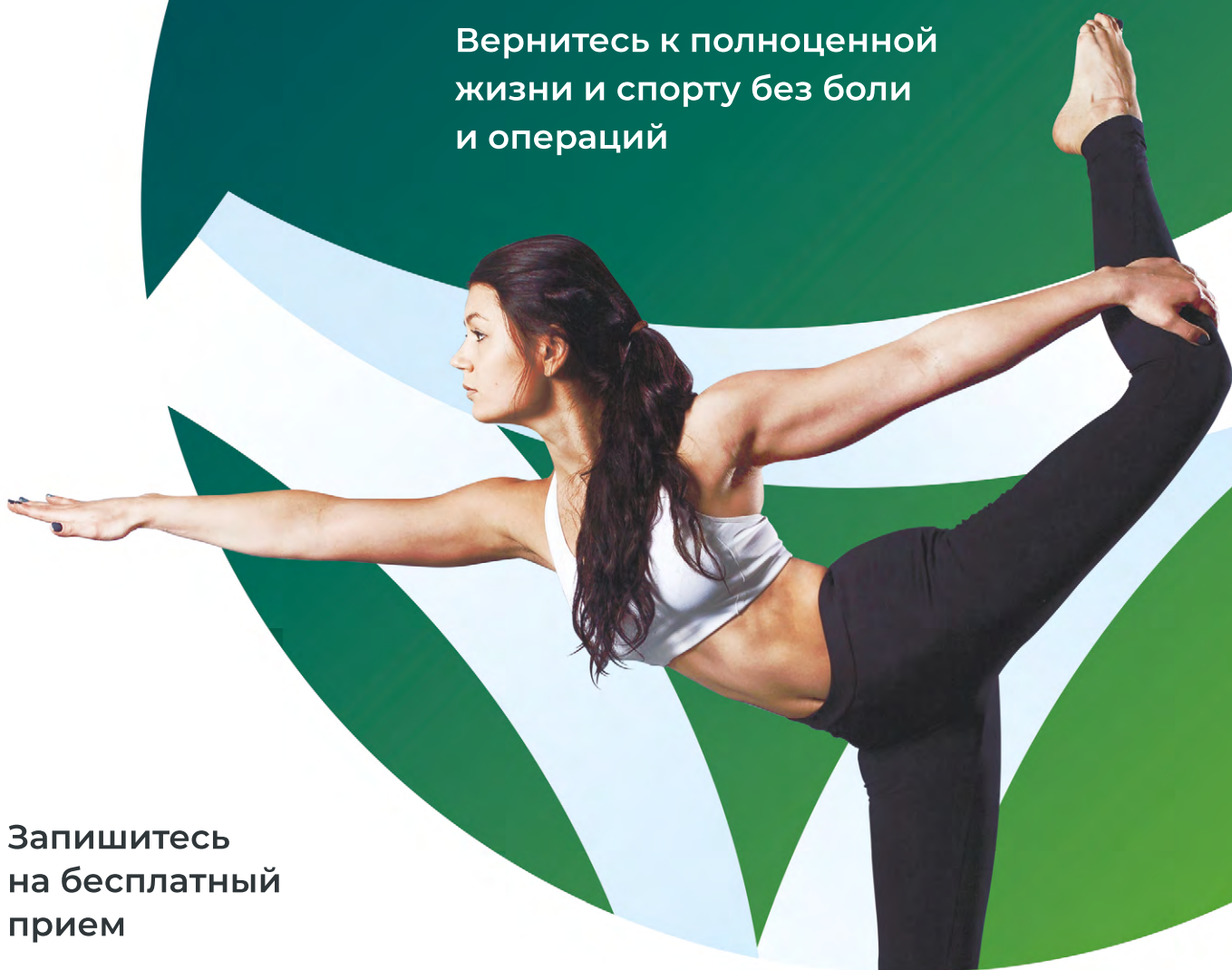


RēMEDICA

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



## 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)

